

TESIS DOCTORAL

**EFFECTO Y CURSO TEMPORAL DE LA INFLUENCIA DE
SEÑALES TANTO EXÓGENAS COMO ENDÓGENAS EN UNA
TAREA CERCANA A LA CONDUCCIÓN (TAREA DE *TRACKING*):
MODELO DE ACTIVACIÓN DE RESPUESTA DEPENDIENTE
DEL SIGNIFICADO**

Jose Luis Vilchez Tornero

Director

Francisco José Tornay Mejías

Departamento de Psicología Experimental y Fisiología del
Comportamiento



Universidad de Granada
Mayo 2010

Editor: Editorial de la Universidad de Granada
Autor: José Luis Vilchez Tornero
D.L.: GR 3530-2010
ISBN: 978-84-693-5195-6



Universidad de Granada

Universidad de Granada
Departamento de Psicología Experimental
y Fisiología del Comportamiento.

Campus Universitario de Cartuja, s/n
Tlf: +34 - 958 24 37 63 - Fax: +34 - 958 24 62 39
18071 - GRANADA - ESPAÑA

**EFFECTO Y CURSO TEMPORAL DE LA INFLUENCIA DE SEÑALES
TANTO EXÓGENAS COMO ENDÓGENAS EN UNA TAREA
CERCANA A LA CONDUCCIÓN (TAREA DE *TRACKING*): MODELO
DE ACTIVACIÓN DE RESPUESTA DEPENDIENTE DEL
SIGNIFICADO**

Tesis Doctoral presentada por Jose Luis Vilchez Tornero en el Departamento de Psicología Experimental y Fisiología del Comportamiento de la Universidad de Granada, para aspirar al grado de Doctor en Psicología, en el programa de doctorado de Psicología Experimental y Neurociencias del Comportamiento. La tesis ha sido realizada bajo la dirección del profesor Francisco José Tornay Mejías, quien avala la calidad de la misma, así como la formación del doctorando para aspirar al grado de doctor.

Firmado en Granada, a 10 de Mayo de 2010.

El Doctorando

El Director de la Tesis

Fdo. Jose Luis Vilchez Tornero

Fdo. Francisco José Tornay Mejías

Profesor Titular de Universidad

Agradecimientos:

Son muchas las personas que me han hecho ser como soy, las que se han cruzado en mi vida, las buenas y las malas.

A mis padres que no sólo me dieron la vida cuando nací sino que me la han devuelto en incontables ocasiones. Cuando la vida me ha cruzado la cara, he podido seguir sintiendo su cariño, dedicación, preocupación, constancia y ganas de vivir. Han sido un ejemplo de rectitud y de capacidad de superación. Nunca han hecho nada fuera de lugar y me han dado un horizonte hacia donde encaminar mis pasos (aunque no siempre lo he seguido, vosotros sabéis mejor que nadie que “el nene” tiene que equivocarse él solito). Yo nunca antes había sido hijo pero, junto a ellos, he aprendido a amarles y a sentir la vida a su lado. No soy el “niño de las monjas” por casualidad, rezaron para que yo estuviera en este mundo y les agradezco profundamente la voluntad de darme el mayor de los regalos.

No siempre hemos sabido transmitirnos nuestro amor pero bien es cierto que “no importa cómo empiezan las cosas sino cómo acaban”, aquella fase de sufrimiento y frustración comunicativa por la que pasamos, se ha convertido en auténtico respeto y admiración (jamás en la vida hubiese pensado que escribiría esto).

Admiro de mi Padre: Su capacidad creativa, maleando toda preconcepción científico-filosófica-espiritual anterior con el martillo de un criterio forjado en años de autodidáctica; Su sentido de la justicia, peleando cada batalla como un rey vikingo con la barba blanca de la sabiduría y la espada de la equidad en la mano; Su bondad, resumido en la frase “cuando la intencionalidad es hacer el bien, se hace el bien”; La amplitud de sus metas, sus límites son los extremos del universo (su biblioteca, su colección de instrumentos y su cineteca dan buena fe de ello); Su ganas de seguir aprendiendo a sus sesenta y tantos años (igualmente resumida en la frase “ez me intereza”); Su cariño, adoro cuando se identifica conmigo y me denomina “su leoncillo” (él reconoce más que nadie mi capacidad de ser un rebelde con causa); Su generosidad, siempre que viene a mi casa me trae o una bolsa de naranjas fruto de su trabajo o una miel natural o un probiótico o una botella de vino curado en barril de

haya (nunca me ha traído algo que no haya sido meditado en mi beneficio); Y tantas otras cosas procedimentales que sólo pueden sentirse.

Admiro de mi Madre: Su perfeccionismo, nunca deja algo a medio y cuida todo lujo de detalles con previsión y constancia; Su coherencia en el trabajo, “si ya se ha decidido así, hay que hacerlo así”; Su creatividad, sus cuadros son portales desde los que soñar (aunque el cuadro de las lavanderas tenga un muñecote que parezca salido del Pictiory, Madre); Su intuición con las personas, ejemplificada con la conversación: Jl -“mamá, que sí”-, Mami -“bueno... ya me lo contarás”- (la condenada siempre da en el clavo); Su cariño, adoro nuestra relación de amor y odio (ella siempre dice “ahora está cantando, ahora está riendo, ahora se cabrea”, lo que no sabe es que es sólo con ella con quien despliego toda mi “versatilidad”), además no necesitamos decirnos nada que suene bien porque los dos sabemos que las cosas importantes de la vida, se hacen, no se dicen; Su generosidad sincera y manchega, siempre me ha dado todo sin pedir nada a cambio; Su preocupación de Madre, me mete Aloe Vera por las orejas para compensar que fumo como un carretro; Y tantas otras cosas no-declarativas.

Adoro irme de cervezas con cada uno de ellos y he llegado a asimilar la esencia de su persona. De lo único que me arrepentiré cuando me muera será de no haberles dicho y demostrado cuanto les quiero porque, en este mundo en el que las personas van y vienen, te aman y te odian, te admiran e intentan denigrarte, de lo único que estoy seguro es que mis padres me quieren. Espero que reconozcáis una parte vuestra en la manera de haber realizado este trabajo y que sea una de tantos contextos en donde podáis constatar que, sin lugar a dudas, soy hijo vuestro.

A mi hermana Susana (causante de querer ser doctor y ejemplo profesional y personal); mi hermana Alicia (ejemplo de determinación); mi hermana Miriam (se molesta porque no le parece importante haberme enseñado a reír pero, lo que no sabe es que, si muchas veces no lo hubiese hecho, ya no estaría aquí); mis sobrinas (Zippy y Zappe, ¡yo quiero ser Padre ya!); mis cuñados Maxi (me encanta reírme con él), Sergio (me encanta reírme de él) y el flamante nuevo fichaje Jose (todo un paradigma de saber estar y de cariño); mi queridísima-cojonuda-valiente-admirable prima Yolanda (todo un todoterreno emocional); Mis primos de Granada (con los que uno se da cuenta de

cuánto une la sangre); Mis Titos de Albacete (mi ludopatía alcanza su cumbre máxima con ellos); Paco-Paqueter-Pacuorum (mi tutor-amigo-cuasi padre y al que últimamente he buscado para matarle); Rupert (toda una historia juntos, riendo, llorando, simplemente compartiendo); “Marida” (una chupasangres adorable); Rubén (ejemplo de entereza y de que, cuando a la vida no le caes bien, se puede reír uno de esa zorra); “Mi bebé” (Fran, noches sin fin y amistad de corazón); “J” (la amistad se puede encontrar delante de un café, una tostada de tomate y una conversación profunda, no sólo delante de una cerveza); Matej (amistad internacional y cercanía emocional en la distancia física); Hugo (amistad con identificación y admiración recíproca y apoyo técnico anímico); Y Rufo (no un perro sino “el perro”, ni niño). A todos, “gracias por ser el contexto en el que mi significado cambia”.

A la ayuda técnica de Germán en el fascinante papeleo burocrático, de David en el “porDiosnadatedioso” pase de experimentos y análisis de datos y de Yolanda de fotocopiadora en el entendimiento de ese gran desconocido, Wicrosoft Word.

A todos aquellos mediocres que les encantan decirme cómo tengo que vivir la vida porque están aburridos de la suya, también les dedico este trabajo. “Si las cosas no hubieran sido difíciles, esto no habría tenido ningún mérito”.

Sophia, mi niña, mi tesoro, mi amor, pensaba dedicarte sólo a ti esta Tesis pero ya ves que no he podido evitar agradecer mi suerte. Todas las personas anteriores hacen que mi vida sea más fácil pero, en este caso concreto, bien sabes que lo único que me ha hecho continuar en los momentos en los que uno siente vergüenza de no saber hacer las cosas, en las que el peso de las exigencias te oprime el pecho, no te deja respirar y te estrangula, en el que el desánimo te zancadillea a ti mismo, en esos momentos tu recuerdo fue lo único que me empujó al vacío y consiguió que siguiese volando. Tu espíritu continua vivo en mi alma e, independientemente de cómo salga todo esto, para ti y para mi, mi promesa está cumplida.

Te quiero, te echo de menos y no te olvido.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

<u>PREFACIO</u>	21
<u>CAPÍTULO I</u>	
INTRODUCCIÓN GENERAL	25
Atención.....	26
Atención y Movimiento	33
<u>CAPÍTULO II</u>	
MODULACIÓN ATENCIONAL REPULSIVA DE LA TRAYETORIA DEL MOVIMIENTO: DATOS EN CONTRA DEL MODELOS DE ACTIVACIÓN DE RESPUESTA	39
Resumen	41
Introducción.....	43
Experimento 1.....	48
Método (I).....	49
Resultados (I)	53
Conclusiones (I)	62
Experimento 2.....	62
Método (II)	63
Resultados (II).....	64
Conclusiones (II).....	68
Conclusiones Generales	68
<u>CAPÍTULO III</u>	
CAMBIO DE CONTEXTO Y EFECTOS DIFERENCIALES SOBRE LA TRAYECTORIA DEL MOVIMIENTO: MODELO DE ACTIVACIÓN DE RESPUESTA DEPENDIENTE DEL SIGNIFICADO	73
Resumen	75
Introducción.....	77
Experimento 1.....	78
Método (I).....	80
Resultados (I)	89
Conclusiones (I)	92
Experimento 2.....	94
Método (II)	95
Resultados (II).....	98
Conclusiones (II).....	102
Experimento 3.....	104
Método (III).....	104
Resultados (III)	107
Conclusiones (III)	111
Conclusiones Generales	112

CAPÍTULO IV
**MODULACIÓN SEMÁNTICA REPULSIVA DE SEÑALES ENDÓGENAS
DIRECCIONALES SOBRE LA TRAYECTORIA DEL MOVIMIENTO: MODELO DE
ACTIVACIÓN DE RESPUESTA DEPENDIENTE DEL SIGNIFICADO..... 117**

Resumen	119
Introducción.....	121
Experimento 1.....	128
Método (I).....	129
Resultados (I)	137
Conclusiones (I)	140
Experimento 2.....	145
Método (II)	145
Resultados (II).....	151
Conclusiones (II).....	158
Conclusiones Generales	165

CAPÍTULO V
CONCLUSIONES GENERALES 167

REFERENCIAS 177

ÍNDICE DE TABLAS, GRÁFICAS Y DIBUJOS POR CAPÍTULOS

CAPÍTULO I

Dibujo 1.1. Representación de la codificación del movimiento por poblaciones de neuronas, sacado de Welsh y Elliott (2004). A) “Movement 1 (non-target)”: representación del vector suma de la excitación de neuronas que codifican el movimiento 1 hacia el no-objetivo. B) “Movement 2 (target)”: representación del vector suma de la excitación de neuronas que codifican el movimiento 2 hacia el objetivo. C) “Combined response”: representación del vector suma de la excitación de neuronas que codifican tanto el movimiento 1 como el movimiento 2. D) “Resultant initial movement with inhibition of non-target movement”: movimiento inicial resultante de la inhibición de la codificación hacia el no-objetivo 36

CAPÍTULO II

- Experimento 1

Tabla 1.1. Ejemplo del registro de datos que el programa, diseñado para el experimento, realizaba 52

Gráfica 1.1. Desviaciones promedio en píxeles al centro de la carretera (VD, eje X) en cada una de las condiciones experimentales (“left”, “no-presence” y “right”, condiciones *izquierda*, *no-presencia* y *derecha*, respectivamente, eje Y), agrupado en las condiciones *izquierda* y *derecha* (“left” y “right”, respectivamente) en grupos de 6 fotogramas de *presencia del distractor (punto rojo)* en el experimento 1 55

Tabla 1.2. Ejemplo de los campos seleccionados para el proceso de desfragmentación del efecto en efectos parciales en fotogramas aislados. Datos en rojo: codificación de la presentación del distractor en grupos de 6 fotogramas 55

Tabla 1.3. Ejemplo de copia de la “tabla original”, denominada “tabla desplazada -1”. Datos en rojo: codificación de la presentación del distractor en grupos de 6 fotogramas 56

Tabla 1.4. Ejemplo de añadido de una unidad en el campo “fotograma” de la tabla “tabla desplazada -1”, recodificándose toda la codificación anterior. Datos en rojo: codificación de la presentación del distractor en grupos de 6 fotogramas 56

Tabla 1.5. Ejemplo de unión (*join*) de las codificaciones en el campo “fotograma” en las tablas “tabla original” y “tabla desplazada -1”, haciendo coincidir las codificaciones equivalentes. Datos en rojo: codificación de la presentación del distractor en grupos de 6 fotogramas en la “tabla original” y antigua codificación de la presentación del distractor en grupos de 6 fotogramas en la “tabla desplazada -1”. Datos en azul: codificación cruzada del primer fotograma, del grupo de 6, en el que el distractor estaba presente (VI en 1 fotograma aislado) 57

Tabla 1.6. Ejemplo de unión (*join*) de cada una de las tablas (“tabla original”, “tabla desplazada -1” y “tabla desplazada 0”). Datos en rojo: codificación de la presentación del distractor en grupos de 6 fotogramas en la “tabla

original” y antigua codificación de la presentación del distractor en la “tabla desplazada -1” y en la “tabla desplazada 0”. Datos en azul: codificación cruzada del primer fotograma, del grupo de 6, en el que el distractor estaba presente (VI) en la “tabla desplazada -1” y codificación del error (VD) del primer fotograma en el que el distractor estaba presente en la “tabla desplazada 0..... 58

Tabla 1.7. Ejemplo de unión (*join*) de cada una de las tablas (“tabla original, “tabla desplazada -1” y “tabla desplazada 1”). Datos en rojo: codificación de la presentación del distractor en grupos de 6 fotogramas en la “tabla original” y antigua codificación de la presentación del distractor en la “tabla desplazada -1” y en la “tabla desplazada 1”. Datos en azul: codificación cruzada del primer fotograma, del grupo de 6, en el que el distractor estaba presente (VI) en la “tabla desplazada -1” y el error (VD) del segundo fotograma en el que el distractor estaba presente de la “tabla desplazada 1..... 59

Tabla 1.8. Ejemplo de unión (*join*) de cada una de las tablas (“tabla original, “tabla desplazada -1” y “tabla desplazada 2”). Datos en rojo: codificación de la presentación del distractor en grupos de 6 fotogramas en la “tabla original” y antigua codificación de la presentación del distractor en la “tabla desplazada -1” y en la “tabla desplazada 2”. Datos en azul: codificación cruzada del primer fotograma, del grupo de 6, en el que el distractor estaba presente (VI) en la “tabla desplazada -1” y el error (VD) del tercer fotograma en el que el distractor estaba presente de la “tabla desplazada 2..... 59

Gráfica 1.2. Desviaciones promedio en píxeles al centro de la carretera (VD, eje Y) en cada una de las condiciones experimentales (“left”, “no-presence” y “right”, condiciones *izquierda*, *no-presencia* y *derecha*, respectivamente) y en cada uno de los de los fotogramas analizados (eje X) en el experimento 1 60

Tabla 1.9. Significación estadística, en su caso, tanto del efecto principal de la variable *presencia del distractor* como de las comparaciones planeadas *izquierda – no-presencia* y *no-presencia – derecha*, en cada uno de los fotogramas relevantes en el experimento 1. Datos en rojo: fotogramas con diferencias estadísticamente significativas entre sus condiciones 61

- Experimento 2

Gráfica 2.1. Desviaciones promedio en píxeles al centro de la carretera (VD, eje X) de cada una de las condiciones experimentales (“left”, “no-presence” y “right”, condiciones *izquierda*, *no-presencia* y *derecha*, respectivamente, eje Y), agrupado en las condiciones *izquierda* y *derecha* (“left” y “right”, respectivamente) en grupos de 6 fotogramas de *presencia del distractor* (*punto rojo*) en el experimento 2 65

Gráfica 2.2. Desviaciones promedio en píxeles (VD, eje Y) en cada una de las condiciones experimentales (“left”, “no-presence” y “right”, condiciones *izquierda*, *no-presencia* y *derecha*, respectivamente) y en cada uno de los de los fotogramas analizados (eje X) en el experimento 2..... 65

Tabla 2.1. Significación estadística, en su caso, tanto del efecto principal de la variable *presencia del distractor* como de las comparaciones planeadas *izquierda – no-presencia* y *no-presencia – derecha*, en cada uno de los fotogramas relevantes en el experimento 2. Datos en rojo: fotogramas con diferencias estadísticamente significativas entre sus condiciones 67

CAPÍTULO III

- Experimento 1

Imagen 1.1. Ejemplo de carretera utilizada en la tarea.....	80
Imagen 1.2. A la izquierda, ejemplo de <i>imagen no-experimental</i> . A la derecha, ejemplo de <i>imagen experimental</i>	81
Imagen 1.3. Coche controlado por el sujeto (<i>círculo verde</i>	81
Imagen 1.4. <i>Señal exógena (punto rojo)</i> presentada.....	82
Imagen 1.5. Ejemplo de cada una de las condiciones experimentales. De izquierda a derecha y de arriba a abajo: Condición <i>izquierda-lejos</i> ; Condición <i>izquierda-cerca</i> ; Condición <i>derecha-cerca</i> ; Y condición <i>derecha-lejos</i>	82
Imagen 1.6. Posición de presentación de la <i>señal exógena punto rojo</i> en cada una de las condiciones experimentales	85
Tabla 1.1. Ejemplo de registro de datos del programa utilizado.....	86
Imagen 1.7. Ejemplo de codificación del color en las <i>imágenes experimentales</i> . Barras grises: ejemplo de codificación distintiva de las condiciones experimentales y fases de medición de las mismas, utilizando una configuración determinada de tonalidades de grises. Barras verde y amarilla: ejemplo de configuración de colores para que el programa entendiese que la señal debía ser visible y de qué modo.....	87
Gráfica 1.1. Desviaciones promedio en píxeles (VD, eje Y) en cada una de las condiciones experimentales (“control condition-control condition”, “left-close”, left-far”, right-close” y “right-far”, condiciones <i>control del movimiento general, izquierda-cerca, izquierda-lejos, derecha-cerca y derecha-lejos</i> , respectivamente, eje X), a lo largo del proceso de medición (fotogramas <i>As, Bs y Cs</i> , eje X) en el experimento 1.....	89
Tabla 1.2. Significación estadística, en su caso, tanto de los efectos principales de las variables <i>posición de la señal y aproximación de la señal</i> como de su interacción, en cada uno de los fotogramas pertenecientes al proceso de medición (desde la aparición de la señal) en el experimento 1. Datos en rojo: fotogramas con diferencias estadísticamente significativas entre sus condiciones	90
Gráfica 1.2. Ponderación de la cuenta de la toma de vía en cada una de las condiciones experimentales (“left-close”, “left-far”, “right-close” y “right-far”, condiciones <i>izquierda-cerca, izquierda-lejos, derecha-cerca y derecha-lejos</i>) en cada una de las posibles elecciones (“izquierda”, <i>toma de la vía de la izquierda</i> , y “derecha”, <i>toma de la vía de la derecha</i>) en el experimento 1	91
Dibujo 1.1. Representación aproximada del comportamiento del sujeto en el tramo en donde aparecía la señal, en cada una de sus condiciones, antes de la bifurcación, en el experimento 1. “Control condition-control condition”:	

condición *control del movimiento general*; “left-close”: condición *izquierda-cerca*; “left-far”: condición *izquierda-lejos*; “right-close”: condición *derecha-cerca*; Y “right-far”: condición *derecha-lejos* 94

- Experimento 2

Imagen 2.1. Señal endógena presentada (*señal de gasolinera*) 96

Imagen 2.2. Ejemplo de cada una de las condiciones experimentales. De izquierda a derecha y de arriba a abajo: Condición *izquierda-lejos*; Condición *izquierda-cerca*; Condición *derecha-cerca*; Y condición *derecha-lejos* 96

Imagen 2.3. Posición de presentación de la *señal endógena* en cada una de las condiciones experimentales..... 98

Gráfica 2.1. Desviaciones promedio en píxeles (VD, eje Y) en cada una de las condiciones experimentales (“control condition-control condition”, “left-close”, left-far”, right-close” y “right-far”, condiciones *control del movimiento general*, *izquierda-cerca*, *izquierda-lejos*, *derecha-cerca* y *derecha-lejos*, respectivamente, eje X), a lo largo del proceso de medición (fotogramas *As*, *Bs* y *Cs*, eje X) en el experimento 2..... 99

Tabla 2.1. Significación estadística, en su caso, tanto de los efectos principales de las variables *posición de la señal* y *aproximación de la señal* como de su interacción, en cada uno de los fotogramas pertenecientes al proceso de medición (desde la aparición de la señal) en el experimento 2. Datos en rojo: fotogramas con diferencias estadísticamente significativas entre sus condiciones 100

Gráfica 2.2. Ponderación de la cuenta de la toma de vía en cada una de las condiciones experimentales (“left-close”, “left-far”, “right-close” y “right-far”, condiciones *izquierda-cerca*, *izquierda-lejos*, *derecha-cerca* y *derecha lejos*) en cada una de las posibles elecciones (“izquierda”, *toma de la vía de la izquierda*, y “derecha”, *toma de la vía de la derecha*) en el experimento 2 101

Dibujo 2.1. Representación aproximada del comportamiento del sujeto en el tramo en donde aparecía la señal, en cada una de sus condiciones, antes de la bifurcación, en el experimento 2. “Control condition-control condition”: condición *control del movimiento general*; “left-close”: condición *izquierda-cerca*; “left-far”: condición *izquierda-lejos*; “right-close”: condición *derecha-cerca*; Y “right-far”: condición *derecha-lejos* 103

- Experimento 3

Imagen 3.1. Señal exógena (*punto blanco*) presentada 105

Imagen 3.2. Ejemplo de cada una de las condiciones experimentales. De izquierda a derecha y de arriba a abajo: Condición *izquierda-lejos*; Condición *izquierda-cerca*; Condición *derecha-cerca*; Y condición *derecha-lejos* 105

Imagen 3.3. Posición de presentación de la *señal exógena* en cada una de las condiciones experimentales..... 107

Gráfica 3.1. Desviaciones promedio en píxeles (VD, eje Y) en cada una de las condiciones experimentales (“control condition-control condition”, “left-close”, left-far”, right-close” y “right-far”, condiciones *control del movimiento general*, izquierda-cerca, izquierda-lejos, derecha-cerca y derecha-lejos, respectivamente, eje X), a lo largo del proceso de medición (fotogramas As, Bs y Cs, eje X) en el experimento 3..... 108

Tabla 3.1. Significación estadística, en su caso, tanto de los efectos principales de las variables *posición de la señal* y *aproximación de la señal* como de su interacción, en cada uno de los fotogramas pertenecientes al proceso de medición (desde la aparición de la señal) en el experimento 3. Datos en rojo: fotogramas con diferencias estadísticamente significativas entre sus condiciones 109

Gráfica 3.2. Ponderación de la cuenta de la toma de vía en cada una de las condiciones experimentales (“left-close”, “left-far”, “right-close” y “right-far”, condiciones izquierda-cerca, izquierda-lejos derecha-cerca y derecha lejos) en cada una de las posibles elecciones (“izquierda”, *toma de la vía de la izquierda*, y “derecha”, *toma de la vía de la derecha*) en el experimento 3..... 110

Dibujo 3.1. Representación aproximada del comportamiento del sujeto en el tramo en donde aparecía la señal, en cada una de sus condiciones, antes de la bifurcación, en el experimento 3. “control condition-control condition”: condición *control del movimiento general*; “left-close”: condición izquierda-cerca; “left-far”: condición izquierda-lejos; “right-close”: condición derecha-cerca; Y “right-far”: condición derecha-lejos 112

CAPÍTULO IV

- Experimento 1

Imagen 1.1. Ejemplo de carretera utilizada en la tarea 129

Imagen 1.2. A la izquierda, ejemplo de *imagen no-experimental*. A la derecha, ejemplo de *imagen experimental*.. 130

Imagen 1.3. Coche controlado por el sujeto (*círculo verde*) 130

Imagen 1.4. A la izquierda, ejemplo de *señal de obligación hacia la izquierda*. A la derecha, ejemplo de *señal de obligación hacia la derecha* 131

Imagen 1.5. Ejemplo de cada una de las condiciones experimentales en el experimento 1. De izquierda a derecha y de arriba a abajo: Condición *izquierda-hacia la izquierda*; Condición *izquierda-hacia la derecha*; Condición *derecha-hacia la izquierda*; Y condición *derecha-hacia la derecha* 132

Imagen 1.6. Posición de presentación de la *señal endógena* a ambos lados de la carretera en dos condiciones experimentales a modo de ejemplo (condición *izquierda-hacia la izquierda* y condición *derecha-hacia la derecha* 134

Tabla 1.1. Ejemplo de registro de datos del programa utilizado..... 135

Gráfica 1.1. Desviaciones promedio en píxeles (VD, eje Y) en cada una de las condiciones experimentales (“control condition-control condition”, “left-turn on the right”, left-turn on the left”, right-turn on the right” y “right-turn on the left”, condiciones *control del movimiento general, izquierda-hacia la derecha, izquierda-hacia la izquierda, derecha-hacia la derecha y derecha-hacia la izquierda*, respectivamente, eje X), a lo largo del proceso de medición (fotogramas *As, Bs y Cs*, eje X) en el experimento 1 138

Tabla 1.2. Significación estadística, en su caso, tanto de los efectos principales de las variables *posición de la señal y semántica de la señal* como de su interacción, en cada uno de los fotogramas pertenecientes al proceso de medición (desde la aparición de la señal) en el experimento 1. Datos en rojo: fotogramas con diferencias estadísticamente significativas entre sus condiciones 139

Gráfica 1.2. Desviaciones promedio en píxeles (VD, eje Y) agrupadas en las condiciones experimentales de *posición de la señal* (“control condition”, “left” y “right”, condiciones *control del movimiento general, izquierda y derecha*, respectivamente, eje X), a lo largo del proceso de medición (fotogramas *As, Bs y Cs*, eje X) en el experimento 1 .. 141

Dibujo 1.1. Representación aproximada del comportamiento del sujeto en el tramo en donde aparecía la señal antes de la bifurcación en el experimento 1, en la que se han agrupado los resultados en las condiciones de *posición de la señal (izquierda y derecha)*. “Control condition”: condición *control del movimiento general*; “left”: condición *izquierda*; “Y “right”: condición *derecha* 141

Gráfica 1.3. Desviaciones promedio en píxeles (VD, eje Y) agrupadas en las condiciones experimentales de *semántica de la señal* (“control condition”, “turn to the left” y “turn to the right”, condiciones *control del movimiento general, hacia la izquierda y hacia la derecha*, respectivamente, eje X), a lo largo del proceso de medición (fotogramas *As, Bs y Cs*, eje X) en el experimento 1 142

Dibujo 1.2. Representación aproximada del comportamiento del sujeto en el tramo en donde aparecía la señal antes de la bifurcación en el experimento 1, en la que se han agrupado los resultados en las condiciones de *semántica de la señal (hacia la izquierda y hacia la derecha)*. “Control condition”: condición *control del movimiento general*; “turn on the left”: condición *hacia la izquierda*; “Y “turn on the right”: condición *hacia la derecha* 142

Dibujo 1.3. Representación aproximada del comportamiento del sujeto en el tramo en donde aparecía la señal antes de la bifurcación en el experimento 1, en cada una de las condiciones experimentales. “Control condition”: condición *control del movimiento general*; “left-turn on the left”: condición *izquierda-hacia la izquierda*; “left-turn on the right”: condición *izquierda-hacia la derecha*; “right-turn on the left”: condición *derecha-hacia la izquierda*; Y “right-turn on the right”: condición *derecha-hacia la derecha*..... 143

- Experimento 2

Imagen 2.1. De izquierda a derecha, ejemplos de *señal de obligación hacia la izquierda, señal obligación hacia la derecha, señal de prohibición hacia la izquierda y señal de prohibición hacia la derecha* 147

Imagen 2.2. Ejemplo de cada una de las condiciones experimentales en el experimento 2. De izquierda a derecha y de arriba a abajo: Condición <i>izquierda-hacia la izquierda-obligación</i> ; Condición <i>izquierda-hacia la izquierda-prohibición</i> ; Condición <i>izquierda-hacia la derecha-obligación</i> ; Condición <i>izquierda-hacia la derecha-prohibición</i> ; Condición <i>derecha-hacia la izquierda-obligación</i> ; Condición <i>derecha-hacia la izquierda-prohibición</i> ; Condición <i>derecha-hacia la derecha-obligación</i> ; Y condición <i>derecha-hacia la derecha-prohibición</i>	148
Imagen 2.3. Posición de presentación de la <i>señal endógena</i> a ambos lados de la carretera en dos condiciones experimentales a modo de ejemplo (condición <i>izquierda-hacia la izquierda-obligación</i> y condición <i>derecha-hacia la izquierda-prohibición</i>)	149
Tabla 2.1. Ejemplo de registro de datos del programa utilizado.....	151
Gráfica 2.1. Desviaciones promedio en píxeles (VD, eje Y) en cada una de las condiciones experimentales de las variables <i>posición de la señal</i> y <i>tipo de señal</i> , fijadas en la condición <i>hacia la izquierda</i> de la variable <i>semántica de la señal</i> (“control condition-control condition-control condition”, “left-turn on the left-obligation”, left-turn on the left-prohibition”, right-turn on the left-obligation” y “right-turn on the left-prohibition”, condiciones <i>control del movimiento general</i> , <i>izquierda-hacia la izquierda-obligación</i> , <i>izquierda-hacia la izquierda-prohibición</i> , <i>derecha-hacia la izquierda-obligación</i> y <i>derecha-hacia la izquierda-prohibición</i> , respectivamente, eje X), a lo largo del proceso de medición (fotogramas <i>As</i> , <i>Bs</i> y <i>Cs</i> , eje X) en el experimento 2.....	152
Gráfica 2.2. Desviaciones promedio en píxeles (VD, eje Y) en cada una de las condiciones experimentales de las variables <i>posición de la señal</i> y <i>tipo de señal</i> , fijadas en la condición <i>hacia la derecha</i> de la variable <i>semántica de la señal</i> (“control condition-control condition-control condition”, “left-turn on the right-obligation”, left-turn on the right-prohibition”, right-turn on the right-obligation” y “right-turn on the right-prohibition”, condiciones <i>control del movimiento general</i> , <i>izquierda-hacia la derecha-obligación</i> , <i>izquierda-hacia la derecha-prohibición</i> , <i>derecha-hacia la derecha-obligación</i> y <i>derecha-hacia la derecha-prohibición</i> , respectivamente, eje X), a lo largo del proceso de medición (fotogramas <i>As</i> , <i>Bs</i> y <i>Cs</i> , eje X) en el experimento 2.....	152
Tabla 2.2. Significación estadística, en su caso, de los efectos principales de las variables <i>posición de la señal</i> , <i>semántica de la señal</i> y <i>tipo de señal</i> , en cada uno de los fotogramas pertenecientes al proceso de medición (desde la aparición de la señal) en el experimento 2. Datos en rojo: fotogramas con diferencias estadísticamente significativas entre sus condiciones	154
Tabla 2.3. Significación estadística, en su caso, de las interacción primarias entre los pares <i>posición de la señal X semántica de la señal</i> , <i>posición de la señal X tipo de señal</i> y <i>semántica de la señal X tipo de señal</i> , en cada uno de los fotogramas pertenecientes al proceso de medición (desde la aparición de la señal) en el experimento 2. Datos en rojo: fotogramas con diferencias estadísticamente significativas entre sus condiciones.....	155
Tabla 2.4. Significación estadística, es su caso, de la interacción secundaria entre <i>posición de la señal X semántica de la señal X tipo de señal</i> , en cada uno de los fotogramas pertenecientes al proceso de medición (desde la aparición de la señal) en el experimento 2	158

Dibujo 2.1. Representación aproximada del comportamiento del sujeto en el tramo en donde aparecía la señal antes de la bifurcación en el experimento 2, en la que se han agrupado los datos en las condiciones de *semántica de la señal (hacia la izquierda y hacia la derecha)*. “Control condition”: condición *control del movimiento general*; “turn on the left”: condición *hacia la izquierda*; “Y “turn on the right”: condición *hacia la derecha*..... 159

Gráfica 2.3. Desviaciones promedio en píxeles (VD, eje Y) agrupados en cada una de las condiciones experimentales de la variable *tipo de señal (obligación y prohibición)*, fijadas en la condición *hacia la izquierda* de la variable *semántica de la señal* (“control condition-control condition”, “turn on the left-obligation” y “turn on the left-prohibition”, condiciones *control del movimiento general, hacia la izquierda-obligación y hacia la izquierda-prohibición*, respectivamente, eje X), a lo largo del proceso de medición (fotogramas *As, Bs y Cs*, eje X) en el experimento 2..... 160

Dibujo 2.2. Representación aproximada del comportamiento del sujeto en el tramo en donde aparecía la señal antes de la bifurcación en el experimento 2, en la que se han agrupado los datos en las condiciones de *tipo de señal (obligación y prohibición)* en la condición *hacia la izquierda* de *semántica de la señal*. “Control condition”: condición *control del movimiento general*; “turn on the left-obligation”: condición *hacia la izquierda-obligación*; Y “turn on the left-prohibition”: condición *hacia la izquierda-prohibición* 161

Gráfica 2.4. Desviaciones promedio en píxeles (VD, eje Y) agrupados en cada una de las condiciones experimentales de la variable *tipo de señal (obligación y prohibición)*, fijadas en la condición *hacia la derecha* de la variable *semántica de la señal* (“control condition-control condition”, “turn on the right-obligation” y “turn on the right-prohibition”, condiciones *control del movimiento general, hacia la derecha-obligación y hacia la derecha-prohibición*, respectivamente, eje X), a lo largo del proceso de medición (fotogramas *As, Bs y Cs*, eje X) en el experimento 2..... 162

Dibujo 2.3. Representación aproximada del comportamiento del sujeto en el tramo en donde aparecía la señal antes de la bifurcación en el experimento 2, en la que se han agrupado los datos en sólo las condiciones de *tipo de señal (obligación y prohibición)* en la condición *hacia la derecha* de *semántica de la señal*. “Control condition”: condición *control del movimiento general*; “turn on the right-obligation”: condición *hacia la derecha-obligación*; Y “turn on the right-prohibition”: condición *hacia la derecha-prohibición* 162

Gráfica 2.5. Desviaciones promedio en píxeles (VD, eje Y) agrupados en cada una de las condiciones experimentales de la variable *posición de señal (izquierda y derecha)*, fijadas en la condición *hacia la izquierda* de la variable *semántica de la señal* (“control condition-control condition”, “turn on the left-left” y “turn on the left-right”, condiciones *control del movimiento general, hacia la izquierda-izquierda y hacia la izquierda-derecha*, respectivamente, eje X), a lo largo del proceso de medición (fotogramas *As, Bs y Cs*, eje X) en el experimento 2 .. 163

Dibujo 2.4. Representación aproximada del comportamiento del sujeto en el tramo en donde aparecía la señal antes de la bifurcación en el experimento 2, en la que se han agrupado los datos en sólo las condiciones de *posición de señal (izquierda y derecha)* en la condición *hacia la izquierda* de *semántica de la señal*. “Control condition”: condición *control del movimiento general*; “turn on the left-left”: condición *hacia la izquierda-izquierda*; Y “turn on the left-right”: condición *hacia la izquierda-derecha* 164

Gráfica 2.6. Desviaciones promedio en píxeles (VD, eje Y) agrupados en las condiciones experimentales de la variable *posición de señal* (*izquierda* y *derecha*), fijadas en la condición *hacia la derecha* de la variable *semántica de la señal* (“control condition-control condition”, “turn on the right-left” y “turn on the right-right”, condiciones *control del movimiento general*, *hacia la derecha-izquierda* y *hacia la derecha-derecha*, respectivamente, eje X), a lo largo del proceso de medición (fotogramas *As*, *Bs* y *Cs*, eje X) en el experimento 2..... 164

Dibujo 2.5. Representación aproximada del comportamiento del sujeto en el tramo en donde aparecía la señal antes de la bifurcación en el experimento 2, en la que se han agrupado los datos en sólo las condiciones de *posición de la señal* (*izquierda* y *derecha*) en la condición *hacia la derecha* de *semántica de la señal*. “Control condition”: condición *control del movimiento general*; “turn on the right-left”: condición *hacia la derecha-izquierda*; Y “turn on the right-right”: condición *hacia la derecha-derecha* 165

Prefacio

Prefacio

La distracción, el ensimismamiento, la meditación, la concentración, la conciencia, el aprendizaje explícito y el disparo de la acción automática son dimensiones del espectro atencional cuya profunda naturaleza desconocemos y cuyo estudio detallado se hace necesario.

La investigación presente está centralizada en el estudio del disparo de la acción automática. Su objetivo principal será analizar en detalle la influencia de la atención sobre el movimiento (concepción resumida en la frase “donde pongo el ojo, voy”). Uno de los motivos principales del interés propio sobre esta temática proviene de la observación diaria de este concepto en el contexto relacionado con la conducción, en lo que nos ha placido en denominar “efecto bicicleta”.

Este efecto puede ser constatado por cualquier persona que utilice usualmente este tipo de transporte. Cuando se circula con una bicicleta, si se mira, por ejemplo, a algún estímulo que se encuentra a la derecha de la dirección y sentido que se lleva, parece, que o al menos nos da la sensación de, que (de manera no-controlada) la dirección que se estaba manteniendo (antes de la visualización de este estímulo) vira hacia la derecha. Lo mismo parece ocurrir si dicho estímulo al que atendemos se localiza a nuestra izquierda, Por tanto, se postula que nos encontramos con un efecto dependiente de la localización del objeto atendido y de naturaleza central (ya que se cree que podría darse en otros tipos de contextos y con diversos tipos de vehículos en los que están implicados distintos efectores).

Este simple efecto está involucrado con toda una línea de investigación que relaciona variables atencionales y todo tipo de movimiento (p. e. ojos, manos o pies) y conceptuamos su estudio como esencial para el contexto de Seguridad Vial. Por ello, el propósito de esta investigación es intentar reproducir este fenómeno de atracción involuntaria, provocada por la atención, en una tarea de simulación de la conducción. Podremos comprobar, de esta forma, si el fenómeno que nos ocupa es real, cuál es su intensidad y hasta qué punto podría afectar a tareas cotidianas.

Dado que el movimiento requiere de la codificación de los estímulos en unas coordenadas determinadas, nos centraremos en el área atencional espacial para el estudio de esta relación funcional.

Capítulo I

Introducción General

Introducción General

La Atención.

Aunque el marco teórico inmediato de este trabajo está claro y debidamente explicitado, antes de imbuirnos en esta relación atención-movimiento, conviene realizar un análisis de qué es la atención de manera global y aclarar diversos conceptos básicos para el correcto encuadre del estudio propio. Se ha de dejar patente que nuestro objetivo no es revisar la extensísima literatura empírica y teórica sobre el tema sino, simplemente, destacar los elementos más relevantes que ayuden a comprender mejor la presente investigación.

Definiendo la atención, utilizando un lenguaje común, una forma típica de conceptualizar a la misma parte del hecho de que, dentro de la infinidad de objetos o eventos que se nos presentan a los seres humanos (cotidianamente y de manera simultánea), sólo una pequeña proporción de ellos son relevantes para nosotros y reciben, por nuestra parte, atención en su procesamiento. Existe, por tanto, una diferencia cualitativa entre el procesamiento que recibe, o no, atención.

En relación con esta definición burda, denominaremos, a partir de este momento y para todas nuestras investigaciones, a todos aquellos estímulos (procedentes de la amalgama que se nos presenta) que están relacionados con nuestras metas, “objetivos”, y a aquellos que no lo están, “distractores”.

Siguiendo con esta definición no-especializada, otras formas habituales de conceptualizar la atención son como “la concentración con que se lleva a cabo una tarea” (vulgarmente llamado “prestar atención”) o como “la orientación de los sentidos hacia un lugar, un objeto o una parte del mismo” (vulgarmente denominado “llamar la atención”).

Siendo un poco más finos en la definición de la atención, la mejor manera de adentrarse en la concepción científica del término es haciéndolo de la mano de James (1890). Este autor definió la atención de la siguiente forma: “Es la toma de posesión de la mente de un objeto o serie de pensamiento, de entre las muchas alternativas simultáneamente

posibles”. Esta definición derivó en la máxima de James (1890) de “mi experiencia consciente es aquello a lo que yo decido atender”. Esta máxima está involucrada en uno de los temas más controvertidos en psicología, y aun hoy día sin un satisfactorio acuerdo acerca de su naturaleza, como es el fenómeno de la consciencia. En estas líneas no se explicará en detalle la actualidad de esta temática pero, el hecho de que estuviese contenido en la definición dada por James (1890), ejemplifica la profundidad de la descripción del fenómeno atencional por parte de este autor, incluyendo una de las características más relevantes de la atención, su capacidad de “selección”.

El comienzo del estudio científico de la atención como tal se caracterizó, en un primer momento, por la concepción de la atención como un proceso facilitatorio en el que algún mecanismo implícito en ella seleccionaba los estímulos que debían ser atendidos y, una vez capturados dichos estímulos, se potenciaba su procesamiento posterior (Castillo y Paternina, 2006). Esta concepción llevó a plantear teorías basadas en canales de capacidad limitada (Broadbent, 1958), en donde la información percibida fluía a través de una serie de etapas en las cuales iba siendo filtrada. Dicho de otro modo, se concebía que toda la información que se le presenta a un sujeto era, en principio, procesada y sólo una parte de dicha información recibía un procesamiento profundo (atencional). Esta concepción, por lógica, desembocaba en la presunción de un filtro de información distribuido por una serie de etapas con una forma, denominada por estos autores pioneros, como de “cuello de botella”. Se postuló que la información, que lograba superar cada uno de los subfiltros o etapas, seguía siendo procesada, mientras que la información que era filtrada, se disipaba. Este tipo de concepción provocó que la investigación se centrara, durante toda esta época, únicamente en la localización del anteriormente mencionado “cuello de botella”.

Cuando el énfasis explicativo de los estudios se trasladó del mecanismo de filtro de la información, y de la consecuente localización del mismo, a la capacidad funcional que la atención poseía, se produjo un cambio en los procedimientos experimentales y en los modelos explicativos. En este cambio de visión conceptual, sobre la naturaleza de la atención, el énfasis investigador recayó sobre la función de distribuir los recursos entre las distintas fases o procesos por los que fluye la información. Esta capacidad atencional

era postulada como la ejecutora del correcto funcionamiento (tomando como punto de referencia los objetivos finales del sujeto) de todos los submecanismos implícitos, en cada unas de las subfases por las que la información fluía, y como la responsable última de que dicha información pasase de una subfase a otra (Kahneman, 1973). Un concepto clave en esta etapa es el de “arousal”, o mecanismo de alerta, que explicaba (durante este periodo) por qué unos estímulos recibían el tratamiento de la atención para superar las distintas fases del procesamiento. Es decir, los estímulos con más arousal eran concebidos como aquellos que recibirían más atención para completar las fases del procesamiento atencional.

Así pues, las primeras propuestas teóricas-científicas de la atención, dentro de la Psicología Cognitiva, la concibieron bien como un mecanismo inhibitorio de la información no deseada (modelos de filtro), bien como un sistema básicamente facilitatorio de asignación de recursos a la información relevante (dependiente del arousal). A partir de aproximadamente la década de 1980 comienza a imponerse una síntesis entre estas dos posturas.

La atención comienza a concebirse, a partir de este momento, como un mecanismo unitario que, a la vez que proporcionaba una mayor actividad del estímulo objetivo, decrementaba la activación del estímulo distractor, con lo cual, la diferencia en la activación entre ambos estímulos provocaba el incremento de la velocidad con la que se podía discriminar entre ambos tipos de estímulos para ser seleccionados.

La postulación de dos submecanismos atencionales relacionados (uno facilitatorio y otro inhibitorio) llevó a la concepción ideológica de la atención como un proceso complejo y flexible, capaz de adaptarse a las necesidades de la tarea que el sujeto realiza (dado que el tratamiento diferencial de los estímulos puede manipularse con las instrucciones) y, por ende, a las exigencias del mundo cotidiano, con el que el sujeto debe relacionarse (las metas personales del sujeto en la vida cotidiana también determinan este tratamiento diferencial). Con este paso conceptual, se llegó a la idea del “foco atencional” cuya naturaleza facilita el procesamiento de aquellos estímulos que se

encuentran dentro de una región del mapa perceptual (incrementando dicho procesamiento con respecto al tratamiento que reciben los distractores).

Esta nueva filosofía de enfoque en la investigación sobre la atención promovió, básicamente, realizar la distinción de diversos subprocesos atencionales que se postulaban como el reflejo de distintos sustratos atencionales; es decir, tipos de atención de naturaleza funcionalmente independiente en la que el foco atencional tenía características distintivas. Como ejemplo de este tipo de concepciones sirva la distinción que realizó LaBerge (1995) entre las manifestaciones atencionales de selección, preparación y mantenimiento.

Dado que este nuevo enfoque de estudio de “foco atencional” estaba encaminado a una controversia de difícil resolución acerca de qué procesos pertenecen a qué tipo de atención, en las últimas décadas se comenzó un intento de construcción de una teoría unitaria por parte de algunos autores (Posner y Petersen, 1990; Tudela, 1992; Posner y Dehaene, 1994). Estos teóricos postulan que la variedad de manifestaciones atencionales está producida por sistemas atencionales separados aunque relacionados entre sí. Esta dependencia funcional, en ciertos niveles de procesamiento, e independencia, en otros, es lo que le daría a esta visión de la atención un carácter unitario y poder explicativo con respecto a los distintos comportamientos de la misma. De este modo, siguiendo una de las teorías más importantes y con más respaldo empírico perteneciente a este paradigma (Posner y Petersen, 1990), la atención sería un sistema modular compuesto por tres redes: Red Atencional Posterior o de Orientación, Red Anterior o de Control Ejecutivo y Red de Vigilancia o Alerta; con bases neurológicas distintas entre sí.

La Red Atencional Posterior (Posner y Raichle, 1994) es el subsistema atencional relacionado con la orientación del procesamiento hacia un espacio en el que aparece un estímulo potencialmente relevante para una tarea dada. Sería la encargada de centrar la atención en la posición del campo visual donde está situado el estímulo. Para ello, deben realizarse los procesos de desenganche de la atención del objeto que estaba siendo atendido hasta ese momento, movimiento de la atención por el campo visual

hasta la nueva posición, arrastrado por la visión o independientemente de ésta (Posner, 1978), y enganche de la atención en un nuevo estímulo determinado. En esta red, la captura atencional está provocada por la novedad, las características distintivas del estímulo o bien por la aparición abrupta en la escena visual (Ruz y Lupiáñez, 2002) o, dicho de otra forma, por señales tanto endógenas como exógenas de las que se hablará profundamente posteriormente.

La Red Atencional Anterior, siguiendo con la teoría de Posner, está relacionada con el control voluntario (puesta en escena en contextos en los que se requiere planificación, aplicación de estrategias, resolución de conflicto estimular o de respuesta y posibilidad de construcción de una respuesta novedosa). Por ello, se ha dado en denominar a esta red “ejecutiva” (Posner y Raichle, 1994). Esta idea proviene de la concepción consensuada de que el ser humano posee la habilidad de reorganizar las estrategias llevadas a cabo en función de las instrucciones o metas.

La Red Atencional de Vigilancia y/o Alerta se encarga, siguiendo la teoría de Posner, de mantener un estado de “arousal” propicio para la detección de estímulos de aparición infrecuente y con intervalo temporal desconocido. El curso temporal de dicho estado de activación puede ser tanto tónico como fásico (es decir, constante o en intervalos discretos) y capacita al sujeto para detectar con mayor rapidez cualquier señal que se halle en la escena visual, sin el conocimiento del momento específico en el que dicho estímulo va a ser presentado. Se ha de explicitar que este tipo de activación prepara al ser humano para la respuesta, más que para el procesamiento del estímulo atendido, dado que el número de errores y/o anticipaciones aumenta en este tipo de tareas en las que se utilizan señales de activación (Posner, 1978). Es de relevancia la relación que esta red mantiene con la Red Atencional Anterior, inhibiéndola cuando las condiciones estimulares requieren una respuesta rápida, haciendo de este modo al sistema adaptativo para ciertos tipos de contextos en los que prima más la velocidad que la precisión.

Como se ha comentado, estas tres redes son sistemas neuronales y funcionales diferentes interconectados entre sí. Este modelo de Posner, recalca la función de modulación de la Red Anterior sobre las otras dos de manera estratégica y creativa.

Ya que nos movemos en un contexto espacial en nuestra investigación, es la Red Posterior de orientación de los sistemas atencionales el encuadre conceptual óptimo para nuestro trabajo. Dentro de este tipo de sistema, la tarea clásicamente utilizada para la investigación de su naturaleza es la “tarea de costos y beneficios”. Para la ilustración del procedimiento, utilizaremos únicamente la variante de “señal central” pero se ha de explicitar que este tipo de tarea posee varias variantes. Básicamente, como detallan Castillo y Paternina (2006), un ensayo en este tipo de tarea comienza con un punto de fijación en el centro de la pantalla que el sujeto debe atender (según se especifica en las instrucciones). Posterior al punto de fijación, se presenta una señal que indica el espacio en el que con mayor probabilidad (aproximadamente un 75% de los ensayos) se presentará el objetivo (normalmente una tarea de discriminación). El objetivo puede aparecer en el lugar indicado por la señal previa, por tanto, dicho ensayo recibe el nombre de “ensayo válido”. Por el contrario, si la señal indica cualquier espacio que no sea donde se presentará el objetivo, dicho ensayo recibe el nombre de “ensayo inválido”. Si realmente hay una anticipación por parte del sujeto en la orientación provocada por la señal previa, se espera que la respuesta en los ensayos válidos sea más rápida (efecto facilitatorio o “beneficio”) y en los ensayos inválidos se espera un enlentecimiento en la respuesta (efecto inhibitorio o “costo”), comparados ambos con los ensayos en los que no hay ninguna señal anticipatoria (ensayos neutros). Estos dos efectos aparecen tanto en los tiempos de reacción (Posner, 1980), como se ha especificado, como en los errores de respuesta (aumentando o disminuyendo, en este caso, el número de errores cometidos, dependiendo de si se trata de costo o de beneficio, Bashinski y Bacharach, 1980).

Una de las aportaciones más importantes al conocimiento básico sobre la atención en general, desvelada utilizando este paradigma experimental, es la distinción realizada por Jonides (1981) entre señalización endógena y exógena. Brevemente, una señal endógena o central es aquella relativa a un símbolo con una determinada información que, normalmente, aparece relativamente alejada del posterior espacio que debe ser atendido y que se presenta, usualmente, en la fóvea. Por otro lado, una señal exógena o periférica

es aquella dependiente de la aparición de un estímulo (normalmente un destello de luz) cerca del espacio que posteriormente debe ser atendido.

Las señales endógenas y exógenas (ver la introducción de Milán y Tornay, 2001, para una revisión sucinta) difieren en varias características como: Curso temporal, las señales exógenas producen un efecto más rápido que las endógenas; Posibilidad de ser ignoradas, las señales endógenas pueden ser ignoradas con mayor facilidad que las exógenas; Y sensibilidad a la validez de la información que ofrece, dado que las señales endógenas pueden ignorarse, deben ofrecer una información moderadamente fiable y cuyo procesamiento sea relevante para llevar a cabo la tarea.

Atención y Movimiento.

La concepción popular sobre la atención a la que aludimos al comienzo del trabajo coincide con la mayoría de las investigaciones, que hemos revisado hasta el momento, en enfatizar los aspectos cognitivos de la misma (Eimer, Foster, Van Velzen y Prabhu, 2004). Sin embargo, hay datos que apuntan a la posibilidad de que la atención afecte directamente a los efectores musculares, modificando el movimiento de forma involuntaria. En concreto, ciertos hallazgos relacionan la actividad de la corteza dorso frontoparietal con tareas tanto sensoriales como atencionales y motoras, lo que apunta a que los procesos de control atencional y sensoriomotor no son tan independientes entre sí como tradicionalmente se había postulado (Eimer, et al., 2004).

Según la teoría premotora (ver Rizzolatti, Riggio, Dascola y Umiltà, 1987, para una introducción) el control del movimiento dirigido a metas y la atención están íntimamente unidos, dada su relación neurológica-estructural y por la diferenciación de las áreas que componen su estructura en partes del espacio (Rizzolatti, Riggio y Sheliga, 1994). Según Eimer et al. (2004) la afirmación principal de la teoría premotora es la correspondiente a que el desplazamiento de la atención está provocado por las estructuras comunes que comparte con la preparación motora. La evidencia proviene de estudios que relacionan la programación de los movimientos sacádicos y el desplazamiento visual de la atención. En ellos, los movimientos atencionales y las

sacadas correlacionan fuertemente, siempre con los primeros adelantándose a las segundas (Irwin y Gordon, 1998).

Esta evidencia no sólo se restringe a los movimientos oculares, aunque desafortunadamente han sido pocos los estudios que se han dedicado al análisis de la influencia de la atención en otros tipos de movimiento. Uno de los más importantes trabajos, sobre esta línea aún sin explorar con detalle, es el perteneciente al estudio realizado por Welsh y Elliott (2004) sobre la influencia de un distractor en el movimiento de acercamiento a una luz con una mano. Estos autores postulan que siempre que se encuentre un entorno complejo con más de un estímulo, el sistema debe inhibir las respuestas que pueden provocar los distractores (no-objetivos, definidos por ellos) y centrarse en los objetivos del sujeto. El hecho de que estos procesos de atención selectiva y planificación del movimiento hayan sido tradicionalmente estudiados de manera separada, hace de los resultados del estudio de Welsh y Elliott (2004) el máximo exponente de las posibilidades de esta nueva temática relacional entre atención-movimiento, como se detallará a continuación.

Otra línea de investigación relacionada con la temática atención-movimiento, además de la ya comentada teoría premotora, es la procedente de las teorías que se basan en el concepto de “affordance”. Este concepto no es más que el pensamiento de que la acción se dispara automáticamente con la percepción y atención de cualquier tipo de objeto (ver Tucker y Ellis, 1998, para una introducción). Por ende, se conceptúa que debe haber un mecanismo que, de forma constante, inhiba todo aquello que es susceptible de ser realizado con un objeto, ya que, si no fuese así, el ser humano accionaría constantemente todo lo que fuese susceptible de ser accionado en el mundo que le rodea. El hecho de que exista un mecanismo inhibitor de los movimientos explica por qué los sujetos no entran en este bucle cerrado de acción sobre los objetos pero abre, a su vez, la posibilidad al hecho de que (aunque posteriormente sea inhibida) los objetos produzcan en nosotros cierta activación motora en ausencia de intencionalidad del sujeto de usar los mismos.

Consistentemente con ambos tipos de teorías, premotora y de “affordance”, Tipper, Lortie y Baylis (1992) propusieron que la percepción tanto del objetivo como del distractor elicitan la iniciación automática de procesos independientes que programan las respuestas propicias para ambos tipos de estímulos. Este procesamiento paralelo provoca que, para que se dé la correcta consecución de los objetivos del sujeto, sea necesaria la inhibición de esta respuesta elicitada por los distractores que interfieren con los objetivos del sujeto. Esta resolución de la competición provocada por ambos estímulos se traduce no sólo en un mayor tiempo de reacción del sujeto sino también en un mayor tiempo de movimiento comparado con aquellas situaciones en las que se presenta el objetivo de manera aislada (Weir, Weeks, Welsh, Elliott, Chua, Roy, y Lyons, 2003).

De manera coherente con la noción de que el objetivo y el distractor compiten para emerger en la conducta, numerosos trabajos se han centrado no sólo en las consecuencias temporales de esta competición sino en las posibles repercusiones espaciales en la ejecución del movimiento hacia el objetivo (como la trayectoria del mismo). Estos estudios, sin embargo, se mostraron durante una época inconsistentes entre sí en sus resultados, encontrando de igual manera tanto que la trayectoria del movimiento del sujeto se desviaba hacia (Tipper, Howard y Houghton, 1999) como que se alejaba (Tipper, Howard y Jackson, 1997) de la posición del distractor.

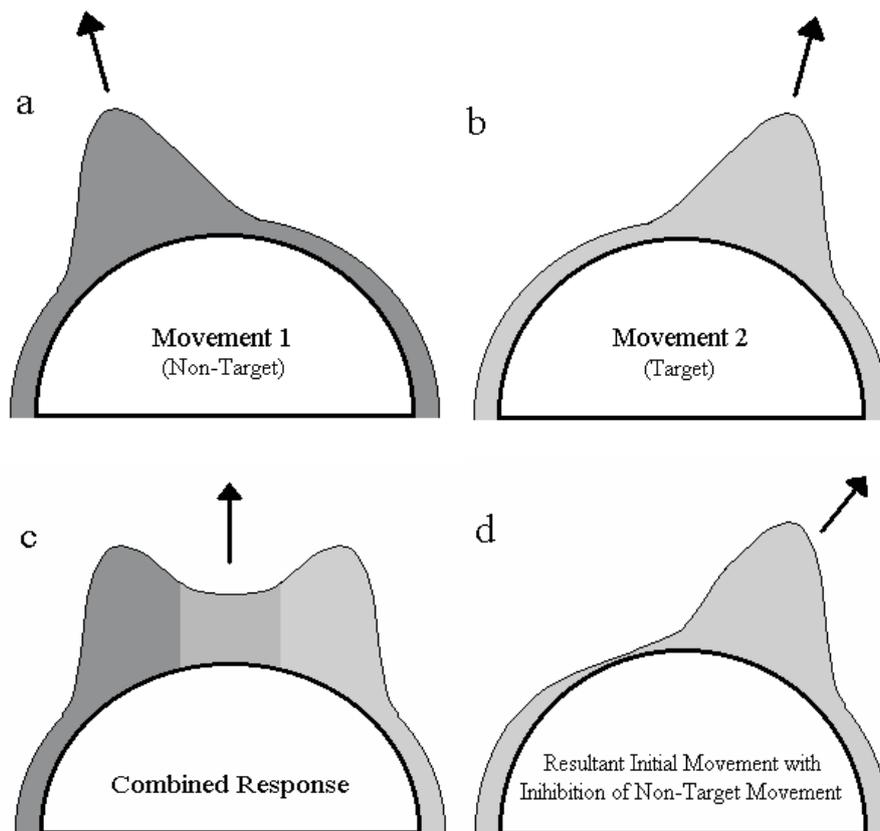
Existen dos modelos principales que implementan el funcionamiento del cerebro a la hora de explicar cuáles son las consecuencias de esta competición sobre el movimiento (Welsh y Elliott, 2004).

Modelo de vector de respuesta

En el modelo vectorial de respuesta (Tipper et al., 1997) se propone que cada dirección del movimiento hacia un distractor es codificada por una determinada población de neuronas, basándose en los hallazgos de Georgeopoulos (1990) en la activación de determinadas neuronas del córtex motor ante una dirección de acercamiento con la mano específica (disparando dichas neuronas más cuando los movimientos de respuesta

estuvieron planeados en una dirección determinada y menos cuando la dirección se alejaba de la dirección preferida por ellas).

Tipper et al (1997) proponen que movimientos de acercamiento con la mano distintos, son codificados por poblaciones de neuronas distintas, representándose la dirección del movimiento como el vector suma de la excitación total de la población de neuronas (ver dibujo 1.1a y b).



Dibujo 1.1. Representación de la codificación del movimiento por poblaciones de neuronas, sacado de Welsh y Elliott (2004). A) "Movement 1 (non-target)": representación del vector suma de la excitación de neuronas que codifican el movimiento 1 hacia el no-objetivo. B) "Movement 2 (target)": representación del vector suma de la excitación de neuronas que codifican el movimiento 2 hacia el objetivo. C) "Combined response": representación del vector suma de la excitación de neuronas que codifican tanto el movimiento 1 como el movimiento 2. D) "Resultant initial movement with inhibition of non-target movement": movimiento inicial resultante de la inhibición de la codificación hacia el no-objetivo.

Pese a que cada población de neuronas codifica un único movimiento, existe la posibilidad de que cierto número de ellas pueda ser compartido por codificaciones distintas, cuando se presentan dos estímulos dentro de un determinado espacio temporal (ver dibujo 1.1c).

Este modelo postula la existencia de un mecanismo de inhibición selectiva que, en un ambiente complejo en el que se dé una configuración de más de un estímulo, sea capaz de inhibir la codificación del estímulo que no sea el objetivo (no-objetivo), inhibiendo con ello, igualmente, la población de neuronas compartidas por ambas codificaciones. Por todo ello, el movimiento resultante hacia el objetivo (una vez inhibida la codificación del estímulo no-objetivo, implementada en la población de neuronas), será un movimiento que se desvía del distractor (al no poder utilizar la población de neuronas común utilizada por ambas codificaciones, ver dibujo 1.1d).

Houghton y Tipper (1999) ampliaron este modelo para explicar los movimientos que se desvían hacia el estímulo no-objetivo. Basándose, de nuevo, en los trabajos de Georgeopoulos (1995) en el que se definía la codificación del movimiento como una red neuronal con conexiones excitatorias e inhibitorias recíprocas; Houghton y Tipper (1999) propusieron un segundo mecanismo inhibitorio al margen del inhibitorio selectivo. Partiendo de la base de que la neurona de máxima excitación para una determinada dirección (la que responde perfectamente a dicha dirección) excita a las neuronas adyacentes, conforme se aleje la codificación del movimiento de la dirección preferida por las neuronas, la excitación se tornará en inhibición. Este mecanismo podría actuar en mejora de la selección de respuesta más adecuada en cada situación, inhibiendo movimientos hacia otras direcciones que no son los requeridos.

Houghton y Tipper (1999) asumen que este segundo mecanismo inhibitorio no es muy eficiente y es secundario en su funcionamiento a la inhibición selectiva de respuesta, que es el principal. Los autores explican la elección realizada por el sistema en la activación, de un mecanismo u otro, por medio de la saliencia del estímulo no-objetivo, definida dicha saliencia como la fuerza de activación del sistema que provoca la representación de dicho estímulo. Por tanto, la inhibición selectiva, dado que es el

mecanismo primario y más potente, inhibirá aquellos estímulos no-objetivos cuya saliencia sea mayor, quedando dicha codificación totalmente inhibida y desviándose el movimiento de la posición del no-objetivo cuando se realice el movimiento final. El mecanismo inhibitorio secundario, por otro lado, siendo el mecanismo más débil de los dos, actuará cuando la saliencia del estímulo sea menor pero, al no ser muy eficiente, dejará remanente cierta actividad codificadora de la respuesta provocada por el no-objetivo, desviándose, en esta ocasión, el movimiento final hacia éste.

Modelo de activación de respuesta

Welsh, Elliott y Weeks (1999) propusieron otro modelo, que implementaba el funcionamiento del cerebro en la relación atención-movimiento, para explicar la influencia que los estímulos no-objetivos producían en el movimiento. Este modelo, denominado modelo de activación de respuesta, comparte con el modelo de vector de respuesta la existencia de codificaciones paralelas para ambos tipos de estímulos, objetivo y no-objetivo (siempre que sean relevantes), cuyas poblaciones de neuronas pueden estar solapadas. La diferencia fundamental con el modelo anterior es que la inhibición de la representación de respuesta hacia el no-objetivo necesita tiempo para llevarse a cabo, por tanto, las características del movimiento resultante de la competición de las representaciones de ambas respuestas dependerá del grado de inhibición que se esté dando en el momento de la iniciación de la respuesta final, no sólo de la saliencia del estímulo (Welsh y Elliott, 2004).

Capítulo III

Modulación atencional repulsiva de una
Señal exógena sobre la Trayectoria del
Movimiento en una Tarea de Simulación de
la Conducción: Datos en contra del Modelo
de Activación de Respuesta

Resumen

Partiendo de la concepción de que existen codificaciones de movimientos distintos para estímulos distintos, que dichas codificaciones pueden estar solapadas y que es necesaria la inhibición de una de ellas para seleccionar el movimiento adecuado, Welsh y Elliott (2004) postularon el Modelo de Activación de Respuesta, cuya piedra angular es la comprobación en distintas fases de la inhibición (en intervalos discretos) de la respuesta competitiva para explicar los efectos diferenciales (atractivo-repulsivo), encontrados y relatados en la literatura precedente. Por nuestra parte, utilizando un registro continuo del movimiento, en una tarea igualmente continua (tarea de *tracking*), hemos propiciado la medición de todo el proceso de inhibición y encontrado que una *señal exógena*, sin significado aparente, produce un efecto repulsivo total, es decir, las distintas fases de la inhibición no han producido efectos diferenciales (atractivo-repulsivo).

Palabras clave: *Señal exógena*; Distractor; Repulsión; Atención-Movimiento; Tarea de *Tracking*.

Modulación atencional repulsiva de una Señal exógena sobre la Trayectoria del Movimiento en una Tarea de Simulación de la Conducción: Datos en contra del Modelo de Activación de Respuesta

Para solucionar la controversia de los modelos de implementación (modelo de vector de respuesta y modelo de activación de respuesta) acerca de la causa por la que la influencia que provoca un estímulo no-objetivo puede ser atractiva o repulsiva, Welsh y Elliott (2004) propusieron que el efecto diferencial, que se había observado en los estudios anteriores, como se ha comentado, se debía a la diferencia en las fases del procesamiento en la que se había comprobado el efecto del estímulo no-objetivo. Es decir, si un proceso de inhibición de la respuesta elicitada por el no-objetivo se completa antes de la iniciación del movimiento hacia el objetivo, el movimiento final hacia el objetivo se desvía del no-objetivo, ya que el sustrato neuronal que codifica dicho no-objetivo, y que está compartido parcialmente con la codificación del objetivo, está inhibido en el momento en el que se pone en marcha el movimiento hacia el objetivo; Dicho movimiento, por tanto, tendrá que ser llevado a cabo sin la parte del sustrato neuronal que codifica la respuesta hacia el no-objetivo. De igual modo, cuando no hay tiempo para que se inhiba apropiadamente la respuesta elicitada por el no-objetivo, el movimiento resultante final será una mezcla entre la unión de la codificación de la respuesta hacia el objetivo más la actividad que no ha dado tiempo a ser inhibida y que ha sido provocada por la codificación del no-objetivo. El movimiento se desviará, en este caso, hacia este último, ya que existe un residuo de activación parcial de los sustratos neuronales excedentes hacia dicha dirección del no-objetivo.

Bajo el prisma explicativo del modelo de activación de respuesta y para comprobar la hipótesis de que los efectos diferenciales sobre el movimiento se deben a la medición en distintas fases de la inhibición, Welsh y Elliott (2004) utilizaron una tabla de madera con tres luces, engarzadas en la misma, en línea recta y perpendicular al sujeto. Estas luces podían iluminarse indistintamente en rojo (objetivo) o en verde (no-objetivo), dependiendo de la función que desempeñaran en el ensayo correspondiente. A los sujetos se les pidió que tocasen la luz roja con la mano, ignorando el no-objetivo. Estos no-objetivos, por tanto, podían aparecer en una posición más alejada o más cercana del sujeto que la luz objetivo.

A cada uno de los sujetos se les colocó un anillo emisor de rayos infrarrojos en el dedo índice para registrar el movimiento de la mano. Se utilizaron 5 SOAs (asincronías en el comienzo de ambos estímulos): dos negativos (-750 y -250 ms) que significaban que el no-objetivo aparecía antes en el tiempo que el objetivo; 0 ms (el no-objetivo y el objetivo aparecían simultáneamente); y dos positivos (250 y 550 ms) que significaban que el no-objetivo aparecía después del objetivo.

La razón de estos SOAs era apreciar el efecto diferencial provocado por la inhibición total, parcial o no-inhibición de la respuesta elicitada por el no-objetivo (dándole más tiempo o menos para ello). Para los dos negativos, las razones aducidas por los autores para esta selección giraron en torno a que estudios, utilizando inhibición de retorno, situaban entre 200-300 ms el mínimo SOA entre señal-objetivo para que haya efecto (Klein, 2000). Dado que otros estudios sobre efectos en trayectorias del movimiento (Howard, Lupiañez y Tipper, 1999), utilizando igualmente el paradigma de inhibición de retorno, encontraron que aunque el tiempo de reacción aumenta significativamente, en 600 ms no encuentran efectos sobre la trayectoria del movimiento, se postuló que el SOA de -750 ms sería tiempo suficiente para que se diese la inhibición del no-objetivo de forma completa, tomando -250 ms como SOA en el que la inhibición se estaría llevando a cabo parcialmente. Howard et al. (1999) encontraron igualmente que cuando ya se había iniciado el movimiento hacia el objetivo, si se presentaba una señal hasta 200 ms después de su iniciación, el movimiento se desviaba hacia la localización de la señal. De ahí que se escogieran los valores 0 y +250 ms para constatar hasta qué punto puede ser posible la influencia del no-objetivo una vez que el movimiento ya se ha iniciado. El valor de +550 ms fue seleccionado porque, en el estudio piloto de Welsh y Elliott (2004), el promedio de cada sujeto para llevar a cabo el movimiento rondaba entre 585-829 ms, por tanto, se quiso comprobar si el no-objetivo puede seguir teniendo influencia cuando el movimiento hacia el objetivo está casi completado. Los autores analizaron los datos registrados en varias dimensiones (temporales, cinemáticas y espaciales).

Con respecto al tiempo, los resultados apuntaron a que cuando el distractor era presentado con anterioridad al objetivo, los tiempos totales de movimiento (tiempo de reacción + tiempo de ejecución) eran significativamente menores en los SOAs de -750 y -250 ms que en el resto. Esto se debe significativamente al decremento del tiempo de reacción en estas condiciones, ya que el tiempo de ejecución no presentaba diferencias significativas entre sus condiciones. Lo cual sugiere que la presencia del no-objetivo de manera anticipada facilita la iniciación del movimiento.

Con respecto a la dimensión cinemática, se encontró un efecto diferencial tanto en la velocidad como en la aceleración del movimiento dependiente de la amplitud del mismo. Es decir, el sistema compensa el incremento de la amplitud del movimiento aumentando la aceleración y, por tanto, la velocidad del mismo. Igualmente, hubo un efecto principal del SOA y de la interacción entre SOA y posición del distractor. Los resultados más interesantes en esta dimensión se dieron en las comparaciones a posteriori de dicha interacción. En la condición de -750 ms, cuando el distractor aparecía en una posición más cercana al sujeto que el objetivo, el movimiento era más acelerado (y, por tanto, tenía más velocidad) que cuando, en las mismas circunstancias, el distractor aparecía en una posición más alejada del sujeto que el objetivo (aunque dichas diferencias no fueron significativas). En las condiciones de -250 y 0 ms se daba el efecto contrario, es decir, cuando el distractor aparecía en una posición más cercana al sujeto que el objetivo, el movimiento era significativamente menos acelerado que cuando el no-objetivo, en las mismas circunstancias, aparecía en una posición más lejana del sujeto que el objetivo.

Con respecto a la trayectoria (efecto espacial), conviene explicitar que se realizaron los análisis en los tres ejes del espacio. En el eje de ordenada X (anchura) no hubo diferencias significativas, como cabía esperar (dado que la diferencia en la aparición espacial de los no-objetivos se daba en el eje de la Y), entre las condiciones en las que el no-objetivo podía aparecer antes o después del objetivo y entre cada uno de los diferentes SOAs utilizados.

En el eje H (altura), se desveló un efecto de posición, esto es, como es lógico, cuanto más distante era el movimiento que el sujeto tenía que realizar, mayor era la altura con la que se iniciaba el movimiento.

Lo interesante para nuestro trabajo acaeció en el eje Y (longitud), igualmente en los análisis a posteriori. En la condición de -750 ms, cuando el distractor aparecía en una posición más cercana al sujeto, el movimiento resultante hacia el objetivo era significativamente mayor que cuando el no-objetivo aparecía en una posición más lejana. Por el contrario, en la condición de -250 ms, cuando el no-objetivo aparecía en una posición más lejana al sujeto que el objetivo, el movimiento se hacía mayor que cuando el no-objetivo aparecía en una posición más cercana que el objetivo. No hubo diferencias significativas en el resto de condiciones.

Estos datos fueron interpretados en la línea de las hipótesis iniciales. En la condición de -750 ms hay tiempo suficiente de inhibir la respuesta que elicitaba el no-objetivo pero los sustratos que llevan a cabo esta respuesta, y que están inhibidos parcialmente, no pueden ser utilizados por el sujeto para llevar a cabo el movimiento final hacia el objetivo. Es por ello que el movimiento hacia el objetivo se aleja del no-objetivo (espacial y cinemáticamente), es decir, en esta condición, si en un mismo movimiento (hacia una determinada luz) el no-objetivo aparece más alejado del sujeto que el objetivo, el movimiento finaliza en una posición más cercana al sujeto y es un movimiento menos acelerado, entre otros parámetros, que si el distractor aparece en una posición más lejana. En la condición de -250 ms, la respuesta elicitada por el no-objetivo no ha podido ser inhibida totalmente. Por tanto, el movimiento resultante hacia el objetivo es una mezcla entre el movimiento propio hacia el objetivo más el movimiento parcial elicitado por el no-objetivo. De esta manera, comparando igualmente en un mismo tipo de movimiento, cuando el distractor aparece en una posición más alejada del sujeto que el objetivo, el movimiento resultante hacia el objetivo se aleja (en los parámetros comentados) más del sujeto que si el no-objetivo aparece en una posición cercana.

Por todo ello, Welsh y Elliott (2004) postulan que el punto de inflexión provocado por la conclusión del proceso de inhibición se encuentra entre los -750 y -250 ms, dado que en este intervalo los efectos se revierten. Por tanto, el proceso total de inhibición estaría encuadrado, de lo que se puede entender de este estudio, entre algún punto entre -750 y -250 ms (en donde se completa la inhibición) y 0 ms (en donde ya no hay efecto de dicha inhibición), con una duración máxima absoluta posible de 750 ms.

Las críticas a este estudio podrían provenir del hecho de que la medición de la inhibición se realiza por intervalos. No conocemos lo que está sucediendo en el nivel comportamental mientras se está llevando a cabo la inhibición. Únicamente tenemos tres efectos diferenciales en el comportamiento de los sujetos, uno repulsivo con un SOA de -750 ms, otro atractivo con un SOA -250 ms y un no-efecto en 0 ms, pertenecientes a tres únicas medidas con significado en las que el efecto cambia.

Objetivos de la investigación.

Aunque aun existen muchos aspectos por investigar, los datos revisados anteriormente demuestran la influencia directa de las claves atencionales sobre el control del movimiento. Con el presente trabajo, en primer lugar, se pretende dilucidar qué es lo que está sucediendo realmente durante el proceso inhibitorio, no dando tiempo a que se complete dicha inhibición (el no-objetivo, que denominaremos distractor en adelante, se presenta cuando el sujeto ya está realizando un movimiento) y utilizando una medición continuada (es decir, con más registros en distintas fases del proceso de inhibición de los estímulos distractores), con una tarea continuada (el sujeto deberá constantemente realizar una determinada tarea). En segundo lugar, se pretende comprobar hasta qué punto y en qué dirección dicho efecto puede ser relevante para tareas reales, comenzando por una tarea simplificada de conducción o tarea de *tracking*, utilizada frecuentemente para la investigación en ergonomía (ver Wickens y Hollands, 2000).

La cuestión principal es si estos efectos pueden ejercer un papel en la “vida real”. Para ello, creemos que es importante proceder por etapas. Pasar directamente de una tarea sencilla de laboratorio al estudio de la conducción real o incluso a un simulador complejo impediría el control de gran número de variables extrañas. La presente

investigación es la primera, dentro de la investigación básica, que explora el efecto directo de la atención en la trayectoria de movimiento en una tarea continua (en el sentido de que se introducen las variables independientes mientras el sujeto ya está realizando la tarea, el registro continuado de la respuesta ya fue utilizado por Lee, 1999, como ejemplo, pero la tarea no era continua); Esto rompe con las investigaciones anteriores que se basaban en ensayos discretos con un conjunto limitado de posibles posiciones del objetivo y del no-objetivo.

La tarea de tracking, aun cuando es una versión muy simplificada de la conducción, permite presentar una animación que parezca continua al participante y tomar datos fotograma a fotograma (en nuestro caso, 25 datos por segundo durante más de 10 minutos), lo que produce un torrente de información que permite un análisis más detallado de la conducta del participante durante la manipulación experimental, aparte de incrementar el realismo de la tarea. Utilizaremos únicamente distractores que son totalmente irrelevantes para la tarea (alejándonos del concepto de estímulos no-objetivo, utilizado en estudios anteriores y relacionado con una posible pre-señalización del estímulo objetivo, ya que facilitaban en cierto modo la iniciación del movimiento) y que aparecen aleatoriamente en casi cualquier posición de la pantalla (no dejándonos determinar por una localización determinada como en literatura precedente).

En definitiva, por un lado, esta investigación determinará qué es lo que específicamente está sucediendo durante el proceso de inhibición de la respuesta competitiva elicitada por, en este caso, un distractor y, por otro, supondrá un estudio en un contexto cercano a la realidad que nos indicará si merece la pena proseguir con un análisis del efecto en una cadena de situaciones cada vez más realistas (tarea de *tracking* tridimensional, micromundos, simuladores o conducción real), con análisis más detallados en cuanto a la relación psicofísica entre factores estimulares (posición, intensidad, color o, incluso, relevancia para la tarea) y efecto sobre el movimiento.

EXPERIMENTO 1

En este experimento inicial quisimos comprobar si la simple presentación de una *señal exógena* (distractor) en forma de un simple destello (*singleton*) producía algún tipo de

influencia en el movimiento en este contexto determinado (tarea de seguimiento o tarea de *tracking*), diseñado a tal efecto. Para medir este tipo de influencia, se utilizó la aparición de un *punto rojo* (durante 240 ms) y se registró el movimiento con un *ratón* periférico con el que el sujeto realizaba la tarea.

Método (I)

Participantes

Los participantes en este experimento fueron 10 alumnos, con vista normal o corregida, pertenecientes a la Licenciatura de Psicología de la Facultad de Psicología de Granada, con edades comprendidas entre los 18 y 25 años. Los sujetos tomaron parte en el estudio a cambio de una participación experimental, equivalente a 1 punto de prácticas susceptible de ser añadido a la nota de prácticas de cualquier asignatura del área de Psicología Experimental de la Licenciatura de Psicología.

Estímulos

En una pantalla de ordenador con fondo verde aparecía una carretera negra simulada, con dos líneas continuas blancas (que la limitaban a ambos lados y con una anchura de 3 píxeles), cuya anchura era de 116 píxeles. En el centro de la carretera aparecía una línea continua amarilla (igualmente, de 3 píxeles de anchura).

El sujeto controlaba un *círculo azul*, cuyas dimensiones (25 píxeles de diámetro) fueron diseñadas con el fin de que fuesen bastante menores que el ancho de la carretera. De forma aleatoria, aparecía un distractor (*punto rojo*, de 12 píxeles de diámetro), en cualquier parte de la pantalla, excepto en el espacio ya ocupado por un cuadrado (50x50 píxeles), perteneciente al código de programación, que contenía el *círculo azul* (que era lo que realmente se presentaba en pantalla). El distractor no se podía superponer, en ningún caso, ni al círculo en sí ni al resto del área, tangente al círculo, correspondiente al cuadrado programado en el que el círculo estaba inscrito. Aparte de esta restricción, la posición de los distractores se decidía de forma aleatoria. Una vez presentado el distractor, se mantenía en pantalla durante 6 fotogramas, con una duración cada uno de 40 ms (240 ms, en total). Tras la desaparición del distractor, no se presentaba uno nuevo hasta pasados al menos otros 6 fotogramas de periodo refractario, diseñado para separar

el efecto de un distractor del siguiente. Nunca se presentaba más de un distractor al mismo tiempo. Aparte de estas restricciones, el que un nuevo distractor se presentara, o no, se decidía al azar con igual probabilidad, traducándose en una nueva cuenta del tiempo (después de la desaparición de un distractor y pasados los 6 fotogramas de periodo refractario) hasta que finalmente volvía a presentarse otro distractor.

Instrumentos y Tarea

La tarea propia, desarrollada en lenguaje de programación C, consistió en el seguimiento de la carretera con el *círculo azul* (tarea de *tracking*). La carretera estaba programada utilizando una serie de curvas de Bezier, cada una con tres puntos de referencia aleatorios con únicamente una restricción de orden (la coordenada ordenada del primer punto no podía ser superior, contando de abajo hacia arriba de la pantalla, ni a la ordenada del punto segundo ni del tercero y la del segundo no podía ser superior a la del tercero). Esta premisa hizo que la curva no volviese sobre sí misma en ningún caso. Excepto esta particularidad, los puntos fueron aleatorios en sus coordenadas. Sobre esta estructura, el programa dibujaba la carretera con una anchura determinada y constante. Dado que la curva se fabricaba aleatoriamente, su recorrido nunca se repitió sujeto a sujeto.

Se utilizó un ordenador Authentic AMD™ Processor (256,0 Mb de RAM, Memoria Virtual de 32 Bits y adaptador de Pantalla NVIDIA GeForce 2MX) para la presentación y el registro de las respuestas. El sujeto controlaba el estímulo *círculo azul* con un *ratón* periférico. Los movimientos del *ratón* modificaban la posición del centro del círculo en el eje de abscisas (X). Su posición en el eje de ordenadas (Y) permanecía siempre fijo en una posición específica (300 píxeles, tomando como referencia la parte inferior de la pantalla).

Procedimiento

Una vez colocados los participantes delante del ordenador en una posición cómoda, después del registro y la codificación de los mismos por medio de una ventana de texto que aparecía antes de la presentación de la tarea, se presentaban las siguientes instrucciones:

“A continuación aparecerá una simulación de carretera con dos líneas blancas, a modo de límites de ésta, y una línea amarilla que localiza el centro de la misma. Además, usted puede controlar con el ratón un círculo azul de derecha a izquierda pero no de arriba a abajo. Su tarea consistirá únicamente en seguir la trayectoria de la línea amarilla central con el círculo azul, que usted controla, durante unos 10 minutos. Pasado este tiempo el programa finalizará. Si tiene alguna duda, pregunte al experimentador. Para continuar pulse -Aceptar- cuando esté preparado.”

Mientras el sujeto seguía la carretera (durante aproximadamente 10 minutos) a lo largo del eje de abscisas (en un nivel determinado del eje de ordenadas), aleatoriamente aparecía un distractor en cualquier punto de la pantalla, excepto en el espacio anteriormente especificado.

Una vez finalizada la presentación, el programa se detenía y al participante se le daba su participación experimental.

Análisis de datos

El registro de las respuestas se realizó en varios niveles, el programa codificaba los campos: “Número de sujeto”; “Fotograma”, cuenta del registro de cada uno de los fotogramas; “Cuenta del tiempo”, en milisegundos y una vez pasado cada fotograma (con una duración de 40 ms cada uno); “Posición X carretera”, posición en el eje de abscisas del centro de la carretera en un nivel de ordenadas determinado (que coincide con el nivel en el que aparece el centro del movimiento del *círculo azul*); “Posición X coche”, posición del centro del *círculo azul* en el eje de abscisas; “Posición Y coche”, posición del centro del *círculo azul* en el eje de ordenadas (constante, ya que el programa no permitía el movimiento del *círculo azul* en dicho eje); Y “posición X distractor” y “posición Y distractor”, posición en el eje de abscisas y de ordenadas, respectivamente, del distractor (*punto rojo*) cuando éste aparecía (ver tabla 1.1 como ejemplo).

Ejemplo de Registro de Datos							
Número de Sujeto	Fotograma	Cuenta del Tiempo	Posición X Carretera	Posición X Coche	Posición Y Coche	Posición X Distractor	Posición Y Distractor
3	234	9360	360	361	300	0	0
3	235	9400	362	363	300	0	0
3	236	9440	265	364	300	0	0
3	237	9480	367	367	300	0	0
3	238	9520	372	369	300	43	67
3	239	9560	370	368	300	43	67

Tabla 1.1. Ejemplo del registro de datos que el programa, diseñado para el experimento, realizaba.

Todos estos campos se registraban fotograma a fotograma, dando como número total de registros por sujeto aproximadamente 15.000 fotogramas.

Del registro de las respuestas, se tomaron los campos de cada fotograma referentes a las coordenadas de abscisa donde estaba el *círculo azul* en un determinado espacio temporal (posición del centro del *círculo azul* en el eje de abscisas en un fotograma concreto) y coordenadas de abscisa donde el *círculo azul* debería estar (posición en el eje de abscisas del centro de la carretera en el mismo fotograma), determinado esto último con las instrucciones que se le proporcionaba al sujeto de seguir el centro de la carretera. El valor de la resta de estos dos campos, momento a momento, dio como resultado un error con signo, tanto en los fotogramas en los que estuvo presente el distractor como en los fotogramas en los que estuvo ausente, creando así un nuevo campo de datos denominado “error”. Es decir, cuando se restó la posición ideal a la real, si la posición ideal (centro de la carretera) era mayor (contando de izquierda a derecha de la pantalla) que la posición real, esto significaba que el sujeto se había desviado hacia la izquierda del centro de la carretera en ese fotograma y tenía, por tanto, un valor negativo. Si, por el contrario, la posición ideal era menor que la posición real, esto significaba que el sujeto se había desviado hacia la derecha del centro de la carretera, con un valor positivo, por ende. Por tanto, dicho de otro modo, los valores más negativos indicaban más desviación hacia la izquierda y los valores más positivos indicaban más desviación hacia la derecha con respecto al centro de la carretera.

Igualmente, se realizó una reconversión del campo “posición X distractor” en “presentación del distractor”, copiándolo y recodificando los datos de forma que, si había un dato igual a cero (lo que significaba que no había habido presencia del

distractor), la nueva codificación era “no” (no-presentación del distractor). En cambio, si había cualquier otro valor que no fuera 0 (lo que significaba que el distractor había sido presentado en alguna posición X), la nueva codificación fue “si” (presentación de un distractor).

De forma paralela, se programó una fórmula para filtrar los datos (dentro de “presentación del distractor”), en el sentido de que si la coordenada de abscisas en donde aparecía el distractor, en un fotograma, era menor que la coordenada de abscisas del centro del *círculo azul*, esto significaba que el distractor había aparecido a la izquierda del *círculo azul* (codificado como “izquierda”) de dicho fotograma. Siguiendo la misma lógica, si la coordenada de un distractor, en el susodicho eje, era mayor que la coordenada del centro del *círculo azul*, se recodificó ese distractor como que había sido presentado a la derecha del *círculo azul* (codificado como “derecha”). Por último, si las coordenadas eran iguales, se recodificaba al distractor como “centro” y estos datos serían posteriormente filtrados. Con todo ello, se creó de nuevo un nuevo campo de datos denominado “posición del distractor”. Por tanto, queda un diseño con 3 condiciones (2 experimentales y 1 control), producto de la codificación cruzada de los campos “presentación del distractor” y “posición del distractor” de la variable manipulada *presencia del distractor*, éstas son: *Izquierda*, desviaciones promedio cuando el distractor aparece y lo hace a la izquierda del *círculo azul*; *Derecha*, desviaciones promedio cuando el distractor aparece y lo hace a la derecha del *círculo azul*; Y *no-presencia*, desviaciones promedio cuando no había presente ningún distractor.

Se compararon las medias del error en cada sujeto cuando el distractor está ausente (condición *no-presencia* o condición control) con la media del error cuando el distractor está presente a la izquierda o presente a la derecha del *círculo azul* (condiciones *izquierda* y *derecha* o condiciones experimentales).

Resultados (I)

Tomando en conjunto los 6 fotogramas en los que aparecía el distractor y teniendo en cuenta la codificación realizada a la VI (denominada, como productor de la codificación

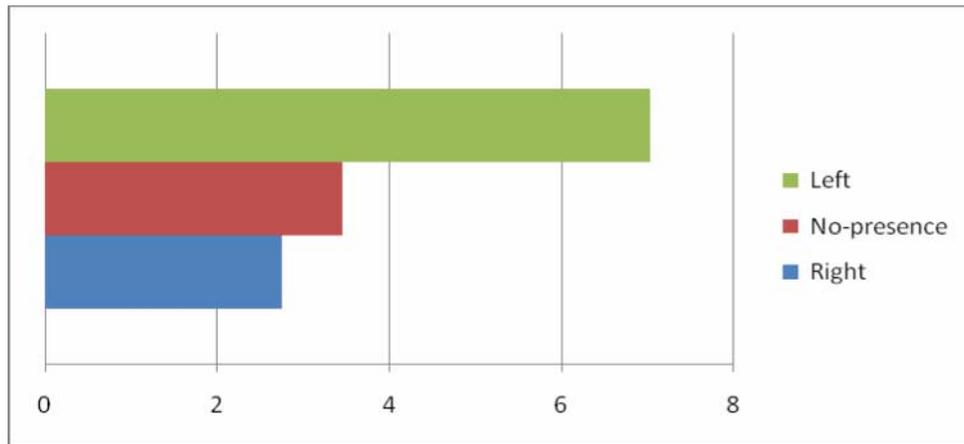
cruzada, como *presencia del distractor*), se calcularon las medias de desviación al centro de la carretera (VD, error) de cada una de las condiciones. A estas medias se les realizó un análisis de varianza ANOVA de medidas repetidas. Los resultados indicaron que había diferencias significativas entre las tres condiciones experimentales de la VI, $F(2,18) = 9.10$, $MCE = 68.82$, $p < 0.01$.

Igualmente, se realizaron comparaciones planeadas entre presencia del distractor a la izquierda, por un lado, y su ausencia, por otro (comparación *izquierda – no-presencia*). En esta comparación, hubo igualmente diferencias significativas entre estas dos condiciones, $F(1,9) = 16.12$, $MCE = 2.39$, $p < 0.01$.

Del mismo modo, se realizó la comparación planeada entre los datos pertenecientes a cuando el distractor aparece a la derecha con los de cuando éste no aparece (comparación *no-presencia – derecha*). En esta ocasión, no hubo diferencias significativas entre estas condiciones, $F(1,9) = 0.84$, $MCE = 3.29$, $p = 0.38$.

El patrón, en estos 6 fotogramas analizados, desvela que cuando aparece el distractor a la derecha del círculo azul, las desviaciones tienden a aumentar hacia la izquierda. De igual forma, cuando el distractor se presenta a la izquierda, las desviaciones tienden a aumentar hacia la derecha (esto es, toman valores más positivos, ya que se toma como punto de referencia la izquierda de la pantalla para la contabilización de los píxeles, ver gráfica 1.1).

Hay una desviación hacia la derecha por defecto, ya que la condición control (*no-presencia*) tiene valor negativo con respecto al centro de la carretera (ver gráfica 1.1).



Gráfica 1.1. Desviaciones promedio en píxeles al centro de la carretera (VD, eje X) en cada una de las condiciones experimentales (“left”, “no-presence” y “right”, condiciones izquierda, no-presencia y derecha, respectivamente, eje Y), agrupado en las condiciones izquierda y derecha (“left” y “right”, respectivamente) en grupos de 6 fotogramas de presencia del distractor (punto rojo) en el experimento 1.

Reducción de datos

Deseamos desfragmentar el efecto, encontrado en el grupo de 6 fotogramas, en efectos parciales en cada fotograma concreto. Inicialmente, se tomó la “tabla original” de datos que contenía la codificación de “presentación del distractor” en grupos de 6 fotogramas (ver tabla 1.2 en la que se han suprimido campos primitivos de registro para el ejemplo).

Tabla Original		
Fotograma	Posición X Coche	Presentación del Distractor
231	0	No
232	0	No
233	0	No
234	0	No
235	0	No
236	0	No
237	0	No
238	35	Si
239	35	Si
240	35	Si
241	35	Si
242	35	Si
243	35	Si
244	0	No
245	0	No

Tabla 1.2. Ejemplo de los campos seleccionados para el proceso de desfragmentación del efecto en efectos parciales en fotogramas aislados. Datos en rojo: codificación de la presentación del distractor en grupos de 6 fotogramas.

A continuación, se realizó una copia de la “tabla original”, a la que se la denominó “tabla desplazada -1” (ver tabla 1.3).

Tabla Original		Tabla Desplazada -1	
Fotograma	Presentación del Distractor	Fotograma	Presentación del Distractor
231	No	231	No
232	No	232	No
233	No	233	No
234	No	234	No
235	No	235	No
236	No	236	No
237	No	237	No
238	Si	238	Si
239	Si	239	Si
240	Si	240	Si
241	Si	241	Si
242	Si	242	Si
243	Si	243	Si
244	No	244	No
245	No	245	No

Tabla 1.3. Ejemplo de copia de la “tabla original”, denominada “tabla desplazada -1”. Datos en rojo: codificación de la presentación del distractor en grupos de 6 fotogramas.

A esta “tabla desplazada -1”, copia de la “tabla original”, se le añadió una unidad en el campo “fotograma” (ver tabla 1.4).

Tabla Original		Tabla Desplazada -1	
Fotograma	Presentación del Distractor	Fotograma	Presentación del Distractor
231	No	232	No
232	No	233	No
233	No	234	No
234	No	235	No
235	No	236	No
236	No	237	No
237	No	238	No
238	Si	239	Si
239	Si	240	Si
240	Si	241	Si
241	Si	242	Si
242	Si	243	Si
243	Si	244	Si
244	No	245	No
245	No	246	No

Tabla 1.4. Ejemplo de añadido de una unidad en el campo “fotograma” de la tabla “tabla desplazada -1”, recodificándose toda la codificación anterior. Datos en rojo: codificación de la presentación del distractor en grupos de 6 fotogramas.

Se unió, con una función *join* de programación *SQL*, las codificaciones del campo “fotograma”, haciéndolas coincidir en ambas tablas (“tabla original” y “tabla desplazada -1”, ver tabla 1.5).

Tabla Original		Tabla Desplazada -1	
Fotograma	Presentación del Distractor	Fotograma	Presentación del Distractor
231	No	231	No
232	No	232	No
233	No	233	No
234	No	234	No
235	No	235	No
236	No	236	No
237	No	237	No
238	Si	238	No
239	Si	239	Si
240	Si	240	Si
241	Si	241	Si
242	Si	242	Si
243	Si	243	Si
244	No	244	Si
245	No	245	No

Tabla 1.5. Ejemplo de unión (*join*) de las codificaciones en el campo “fotograma” en las tablas “tabla original” y “tabla desplazada -1”, haciendo coincidir las codificaciones equivalentes. Datos en rojo: codificación de la presentación del distractor en grupos de 6 fotogramas en la “tabla original” y antigua codificación de la presentación del distractor en grupos de 6 fotogramas en la “tabla desplazada -1”. Datos en azul: codificación cruzada del primer fotograma, del grupo de 6, en el que el distractor estaba presente (VI en 1 fotograma aislado).

Este proceso propició el desfase de 1 fotograma entre la “tabla original” y la “tabla desplazada -1” (ver tabla 1.5, datos en azul). Dado que el campo “presentación del distractor” estaba presente tanto en la “tabla original” como en la “tabla desplazada -1”, pudo realizarse una codificación cruzada en un solo fotograma de la VI entre estas dos tablas. Para ello, se seleccionaron todos los fotogramas con codificación “si” del campo “presentación del distractor” en la “tabla original” y, de entre éstos, se seleccionó los fotogramas con codificación “no” en el campo “presentación del distractor” de la “tabla desplazada -1”.

Se realizó una segunda copia de la “tabla original”, a esta nueva tabla se la denominó “tabla desplazada 0”, no se le añadió ninguna unidad en el campo “fotograma” y se unió a las dos tablas anteriores con la misma función *join* (haciendo coincidir, de la misma

forma, la codificación en el campo “fotograma” de cada una de ellas). Dado que, en estos momentos, esta segunda copia equivalía a la “tabla original”, se seleccionó el error (VD) de esta tabla pero con la codificación cruzada en un solo fotograma de la VI (*presencia del distractor*) de la “tabla original” y de la “tabla desplazada -1” (ver tabla 1.6).

Tabla Original		Tabla Desplazada 1		Tabla Desplazada 0	
Fotograma	Presencia del Distractor	Fotograma	Presencia del Distractor	Fotograma	Error
231	No	231	No	231	5
232	No	232	No	232	6
233	No	233	No	233	6
234	No	234	No	234	5
235	No	235	No	235	4
236	No	236	No	236	2
237	No	237	No	237	1
238	Si	238	No	238	-2
239	Si	239	Si	239	-4
240	Si	240	Si	240	-3
241	Si	241	Si	241	-4
242	Si	242	Si	242	-3
243	Si	243	Si	243	-2
244	No	244	Si	244	-1
245	No	245	No	245	0

Tabla 1.6. Ejemplo de unión (*join*) de cada una de las tablas (“tabla original”, “tabla desplazada -1” y “tabla desplazada 0”). Datos en rojo: codificación de la presentación del distractor en grupos de 6 fotogramas en la “tabla original” y antigua codificación de la presentación del distractor en la “tabla desplazada -1” y en la “tabla desplazada 0”. Datos en azul: codificación cruzada del primer fotograma, del grupo de 6, en el que el distractor estaba presente (VI) en la “tabla desplazada -1” y codificación del error (VD) del primer fotograma en el que el distractor estaba presente en la “tabla desplazada 0”.

De manera sistemática, se dejaron las dos tablas primeras (“tabla original” y “tabla desplazada -1”) sin cambiarlas y, paulatinamente, se fueron realizando restas de una unidad a la “tabla desplazada 0” en el campo “fotograma”; transformándose esta tabla en “tabla desplazada 1” (a la que se le restó una unidad con respecto a la “tabla desplazada 0”, quedando un desfase de un fotograma hacia delante en la presentación, ver tabla 1.7).

A continuación, a la “tabla desplazada 2” se le restó una unidad, con respecto a la “tabla desplazada 1” y volvió a repetirse el proceso de unión (ver tabla 1.8), y así se continuó sucesivamente.

Tabla Original		Tabla Desplazada -1		Tabla Desplazada 1	
Fotograma	Presentación del Distractor	Fotograma	Presentación del Distractor	Fotograma	Error
231	No	231	No	231	6
232	No	232	No	232	6
233	No	233	No	233	5
234	No	234	No	234	4
235	No	235	No	235	2
236	No	236	No	236	1
237	No	237	No	237	-2
238	Si	238	No	238	-4
239	Si	239	Si	239	-3
240	Si	240	Si	240	-4
241	Si	241	Si	241	-3
242	Si	242	Si	242	-2
243	Si	243	Si	243	-1
244	No	244	Si	244	0
245	No	245	No	245	1

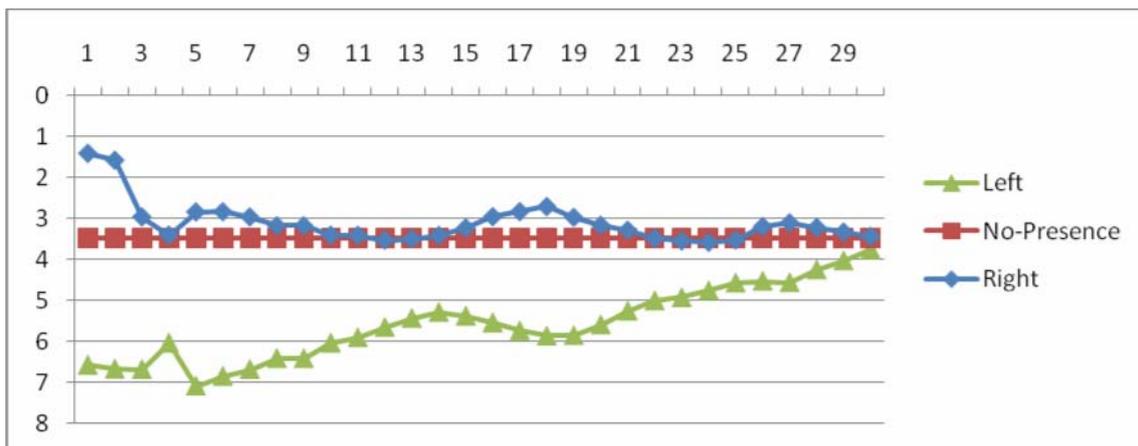
Tabla 1.7. Ejemplo de unión (*join*) de cada una de las tablas (“tabla original, “tabla desplazada -1” y “tabla desplazada 1”). Datos en rojo: codificación de la presentación del distractor en grupos de 6 fotogramas en la “tabla original” y antigua codificación de la presentación del distractor en la “tabla desplazada -1” y en la “tabla desplazada 1”. Datos en azul: codificación cruzada del primer fotograma, del grupo de 6, en el que el distractor estaba presente (VI) en la “tabla desplazada -1” y el error (VD) del segundo fotograma en el que el distractor estaba presente de la “tabla desplazada 1”.

Tabla Original		Tabla Desplazada -1		Tabla Desplazada 2	
Fotograma	Presentación del Distractor	Fotograma	Presentación del Distractor	Fotograma	Error
231	No	231	No	231	6
232	No	232	No	232	5
233	No	233	No	233	4
234	No	234	No	234	2
235	No	235	No	235	1
236	No	236	No	236	-2
237	No	237	No	237	-4
238	Si	238	No	238	-3
239	Si	239	Si	239	-4
240	Si	240	Si	240	-3
241	Si	241	Si	241	-2
242	Si	242	Si	242	-1
243	Si	243	Si	243	0
244	No	244	Si	244	1
245	No	245	No	245	3

Tabla 1.8. Ejemplo de unión (*join*) de cada una de las tablas (“tabla original, “tabla desplazada -1” y “tabla desplazada 2”). Datos en rojo: codificación de la presentación del distractor en grupos de 6 fotogramas en la “tabla original” y antigua codificación de la presentación del distractor en la “tabla desplazada -1” y en la “tabla desplazada 2”. Datos en azul: codificación cruzada del primer fotograma, del grupo de 6, en el que el distractor estaba presente (VI) en la “tabla desplazada -1” y el error (VD) del tercer fotograma en el que el distractor estaba presente de la “tabla desplazada 2”.

El número total de desplazamientos de fotogramas en este experimento 1 fue de 30, asegurándose de que no había solapamiento entre la presentación de un distractor y la presentación del distractor inmediatamente subsiguiente.

Como puede apreciarse en las tablas de ejemplo de los procesos de recodificación de la VI, desplazamiento de los datos y selección de la VI, los valores en azul son los datos que finalmente fueron objeto de análisis de varianza (ANOVA de medidas repetidas). Para una visualización global de los resultados (en esta ocasión, dividido el efecto en fotogramas aislados), se adjunta una gráfica con las diferencias entre las distintas condiciones experimentales fotograma a fotograma (ver gráfica 1.2). El patrón de resultados desvela que cuando aparece el distractor a la izquierda del *círculo azul*, las desviaciones tienden a aumentar hacia la derecha (esto es, toman valores más positivos, ya que se toma como punto de referencia la izquierda de la pantalla para la contabilización de los píxeles). De igual forma, cuando el distractor se presenta a la derecha del *círculo azul*, las desviaciones tienden a aumentar hacia la izquierda (o toman valores más negativos). Hay una desviación hacia la derecha por defecto (al igual que en el análisis realizado por grupos de 6 fotogramas), ya que la media de la condición *no-presencia* tiene valor positivo con respecto al centro de la carretera (ver gráfica 1.2).



Gráfica 1.2. Desviaciones promedio en píxeles al centro de la carretera (VD, eje Y) en cada una de las condiciones experimentales ("left", "no-presence" y "right", condiciones izquierda, no-presencia y derecha, respectivamente) y en cada uno de los fotogramas analizados (eje X) en el experimento 1.

Para el fotograma 1, los análisis estadísticos indicaron que había diferencias significativas entre las tres condiciones de la variable *presencia del distractor*, $F(2,18) = 7.62$, $MCE = 5.29$, $p < 0.01$ (ver tabla 1.9).

EXPERIMENTO PRIMERO									
Efecto presencia del distractor				Comparación Izquierda – No-presencia			Comparación No-presencia – Derecha		
Fotograma	<i>F</i>	<i>MCE</i>	<i>p</i>	<i>F</i>	<i>MCE</i>	<i>p</i>	<i>F</i>	<i>MCE</i>	<i>p</i>
1	$F(2,18) = 7.62$	5.29	< 0.01	$F(1,9) = 18.33$	1.57	< 0.01	$F(1,9) = 2.62$	4.80	= 0.14
2	$F(2,18) = 6.93$	5.60	< 0.01	$F(1,9) = 14.67$	2.11	< 0.01	$F(1,9) = 1.94$	5.07	= 0.20
3	$F(2,18) = 6.00$	3.59	< 0.02	$F(1,9) = 10.20$	3.15	< 0.02	$F(1,9) = 0.01$	3.19	= 0.99
4	$F(2,18) = 4.94$	2.06	< 0.02	$F(1,9) = 10.34$	1.77	< 0.02	$F(1,9) = 0.56$	1.51	= 0.47
5	$F(2,18) = 8.05$	3.67	< 0.01	$F(1,9) = 10.34$	1.77	< 0.02	$F(1,9) = 0.56$	1.51	= 0.47
6	$F(2,18) = 6.70$	3.82	< 0.01	$F(1,9) = 12.45$	2.92	< 0.01	$F(1,9) = 0.03$	4.00	= 0.88
7	$F(2,18) = 6.00$	3.59	< 0.02	$F(1,9) = 10.20$	3.15	< 0.02	$F(1,9) = 0.01$	3.19	= 0.99
8	$F(2,18) = 4.66$	3.41	< 0.03	$F(1,9) = 9.93$	2.59	< 0.02	$F(1,9) = 0.06$	3.07	= 0.82
9	$F(2,18) = 5.10$	2.56	< 0.02	$F(1,9) = 11.77$	1.85	< 0.01	$F(1,9) = 0.13$	2.18	= 0.73
10	$F(2,18) = 4.94$	2.06	< 0.02	$F(1,9) = 10.34$	1.77	< 0.02	$F(1,9) = 0.56$	1.51	= 0.47
11	$F(2,18) = 3.73$	2.36	< 0.05	$F(1,9) = 6.94$	2.31	< 0.03	$F(1,9) = 0.56$	1.51	= 0.47
12	$F(2,18) = 2.38$	2.82	= 0.12						

Tabla 1.9. Significación estadística, en su caso, tanto del efecto principal de la variable *presencia del distractor* como de las comparaciones planeadas *izquierda – no-presencia* y *no-presencia – derecha*, en cada uno de los fotogramas relevantes en el experimento 1. Datos en rojo: fotogramas con diferencias estadísticamente significativas entre sus condiciones.

Igualmente, se realizaron comparaciones planeadas entre las medias de las desviaciones al centro de la carretera cuando hubo presencia del distractor a la izquierda y cuando hubo ausencia del mismo (comparación *izquierda – no-presencia*); en el que sí hubo diferencias significativas entre estas condiciones, $F(1,9) = 18.33$, $MCE = 1.57$, $p < 0.01$. Del mismo modo, se realizó la comparación planeada entre los datos pertenecientes cuando el distractor estuvo ausente, por un lado, y, por otro, cuando éste aparecía en la derecha (comparación *no-presencia – derecha*); en esta comparación, no hubo diferencias significativas entre estos dos grupos, $F(1,9) = 2.62$, $MCE = 4.80$, $p = 0.14$. Este patrón de resultados se mantiene hasta el fotograma 11: Efecto *presencia del distractor*, $F(2,18) = 3.73$, $MCE = 2.36$, $p < 0.05$, significativo; Comparación *izquierda – no-presencia*, $F(1,9) = 6.94$, $MCE = 2.31$, $p < 0.03$, significativa; Y comparación *no-presencia – derecha*, $F(1,9) = 0.56$, $MCE = 1.51$, $p = 0.47$, no-significativa (ver tabla 1.9).

Desde el fotograma 12, $F(2,18) = 2.38$, $MCE = 2.82$, $p = 0.12$, hasta el último fotograma analizado, fotograma 30, $F(2,18) = 0.42$, $MCE = 3.32$, $p = 0.66$, a diferencia de los fotogramas anteriores, las diferencias entre las condiciones dejaron de ser estadísticamente significativas.

Conclusiones (I)

Hemos constatado un efecto posicional repulsivo del distractor (*señal exógena punto rojo*) sobre la trayectoria del *círculo azul* en la tarea de *tracking*. La media de las desviaciones cuando no hay distractor asciende cuantitativamente en el sentido contrario en el que ha sido presentado el distractor, cuando éste aparece. Es decir, cuando los distractores son presentados a la izquierda del *círculo azul*, la media de las desviaciones se desplaza hacia la derecha (o toma valores más positivos) con respecto a la media de las desviaciones cuando el distractor no está presente. Igualmente, cuando el distractor aparece a la derecha del *círculo azul* la media de las desviaciones aumenta hacia la izquierda (o toma valores más negativos), con respecto a la desviación promedio cuando el distractor está ausente, fotograma a fotograma (ver gráfica 1.2).

Esta desviación continúa aun cuando el distractor no está presente, dado que se han analizado los fotogramas que inmediatamente seguían a la desaparición del mismo. Desapareciendo la significación de las diferencias en el fotograma 12 y continuando de este modo, al menos, hasta el fotograma 30 (ver tabla 1.9).

EXPERIMENTO 2

Se realizó un segundo experimento cambiando el periférico de control para constatar si el efecto encontrado en el experimento 1 era un efecto específico de ciertas condiciones, como aparato o grupo de músculos implicados en la utilización del mismo, o es un efecto general y, por tanto, sucede en estadios de alto nivel del procesamiento de la información. En este segundo experimento, y con el fin especificado, se utilizó un *joystick* para el control del movimiento. El objeto último de estas comprobaciones del efecto con diversos aparatos periféricos es acercarse en mayor grado a las condiciones reales de conducción, esto es, a la utilización de un *volante de conducción* real.

Método (II)

Participantes.

Los sujetos participantes en este segundo experimento fueron otros 10 alumnos, igualmente con la vista normal o corregida, que cursaban la Licenciatura de Psicología en la Facultad de Psicología de Granada y con edades comprendidas entre los 19 y 25 años. Los sujetos, del mismo modo que los propios del primer experimento, tomaron parte en el estudio a cambio de una participación experimental, equivalente a 1 punto de prácticas susceptible de ser añadido a la nota de prácticas de cualquier asignatura del área de Psicología Experimental de la Licenciatura de Psicología.

Estímulos

En una pantalla de ordenador, con el mismo fondo verde que en el primer experimento, aparecía la misma carretera negra simulada (con los mismos 116 píxeles de anchura) con dos líneas continuas blancas que la limitaban a ambos lados (de 3 píxeles de anchura cada una). En el centro de la carretera aparecía la misma línea continua amarilla (de 3 píxeles de anchura igualmente).

El sujeto controlaba el mismo *círculo azul*, cuyas dimensiones eran exactamente iguales a las que se utilizaron en el experimento 1 (25 píxeles de diámetro). De forma aleatoria, volvía a aparecer un *punto rojo* (12 píxeles de diámetro) en cualquier parte de la pantalla, excepto en el espacio ya especificado, de igual forma y con las mismas restricciones que en el experimento 1.

Instrumentos y Tarea

La tarea fue la misma que se presentó en el experimento 1, al igual que las características del PC que se utilizó para la presentación y el registro de las respuestas. El sujeto controlaba el estímulo *círculo azul*, en esta ocasión, con un *joystick* periférico.

Procedimiento

Al igual que en el experimento anterior, a los participantes (una vez delante del ordenador en una posición cómoda, y después del registro y la codificación de los mismos) se les presentaban las mismas instrucciones detalladas con anterioridad.

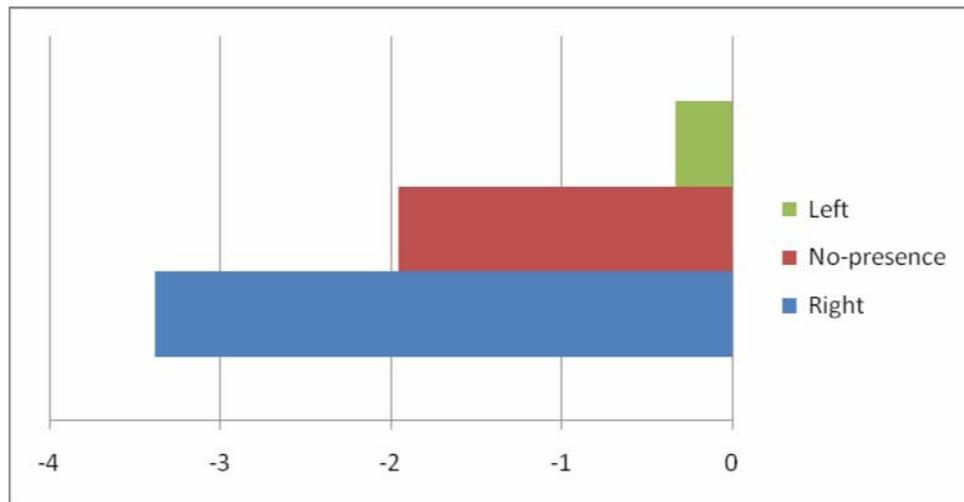
Mientras el sujeto seguía la carretera (durante aproximadamente los mismos 10 minutos que en el procedimiento anterior) a lo largo del eje de abscisas, en un nivel determinado del eje de ordenadas, aleatoriamente aparecía la misma clase de distractor en forma de *punto rojo* en cualquier posición de la pantalla, excepto en el espacio anteriormente especificado.

Una vez finalizada la presentación, el programa se detenía y al participante se le daba su participación experimental.

Resultados (II)

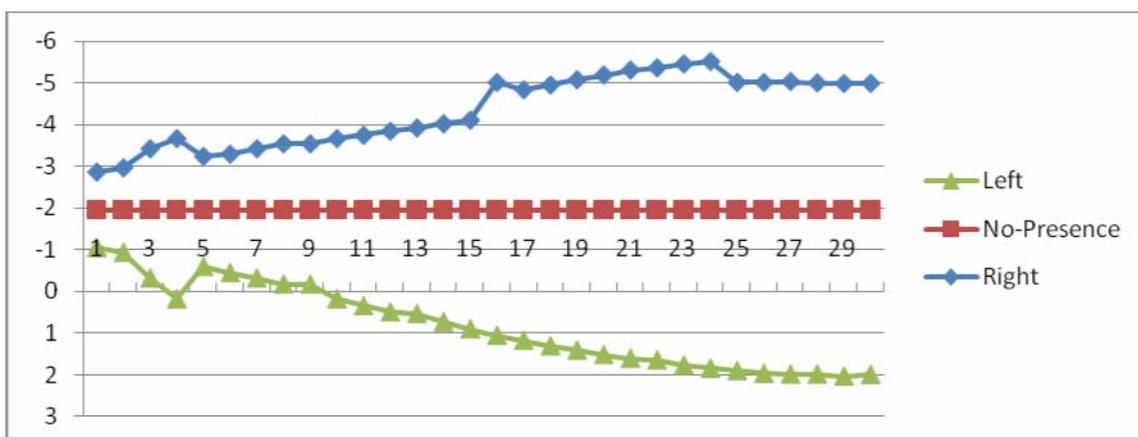
Se utilizaron los mismos campos que en el experimento 1 para calcular el error, la misma codificación distintiva izquierda-derecha del distractor y volvió a realizarse un análisis de la varianza (utilizando un ANOVA de medidas repetidas) al mismo grupo de 6 fotogramas en los que el distractor (*punto rojo*) estaba presente, desvelándose que no había una diferencia significativa, esta vez, entre las tres condiciones (*izquierda – no-presencia – derecha*), $F(2,18) = 1.18$, $MCE = 8.73$, $p = 0.33$.

Pese a que las diferencias, en estas condiciones, no son significativas, la gráfica 2.1 muestra que las desviaciones, cuando el distractor estuvo presente a la derecha del *círculo azul*, se situaron más a la izquierda de la pantalla que cuando no lo estuvo y, cuando el distractor apareció a la izquierda del círculo, las desviaciones se situaron más a la derecha de la pantalla. Siguiendo, de este modo, idéntico patrón que los resultados del experimento 1 pero sin ser sus diferencias significativas. La única particularidad residió en que, a diferencia del experimento anterior, el promedio de desviaciones en ausencia de distractor (condición *no-presencia*) se localizó ligeramente desplazado hacia la izquierda, ya que la media de esta condición control tiene valor negativo con respecto al centro de la carretera (ver grafica 2.1).



Gráfica 2.1. Desviaciones promedio en píxeles al centro de la carretera (VD, eje X) de cada una de las condiciones experimentales (“left”, “no-presence” y “right”, condiciones izquierda, no-presencia y derecha, respectivamente, eje Y), agrupado en las condiciones izquierda y derecha (“left” y “right”, respectivamente) en grupos de 6 fotogramas de presencia del distractor (punto rojo) en el experimento 2.

Dado que el patrón de los datos es similar al del experimento 1 y que en dicho experimento se constató que el efecto perduraba incluso después de la desaparición del distractor, se realizó el mismo análisis fotograma a fotograma, que en el experimento 1, hasta el fotograma 30 para los datos de este experimento 2. Para una visualización global de la evolución del efecto, se muestra una gráfica con la media de desviaciones al centro de la carretera en cada una de las condiciones experimentales (ver gráfica 2.2).



Gráfica 2.2. Desviaciones promedio en píxeles (VD, eje Y) en cada una de las condiciones experimentales (“left”, “no-presence” y “right”, condiciones izquierda, no-presencia y derecha, respectivamente) y en cada uno de los de los fotogramas analizados (eje X) en el experimento 2.

El análisis de la varianza (utilizando un ANOVA de medidas repetidas) desveló que, en el primer fotograma en el que el distractor estuvo presente (fotograma 1), no había una diferencia significativa, esta vez, entre las tres condiciones del experimento, $F(2,18) = 0.82$, $MCE = 7.23$, $p = 0.46$.

Pese a que las diferencias no son significativas, la gráfica 2.2 (al igual que en el análisis en grupos de 6 fotogramas) muestra que las desviaciones, cuando el distractor está presente a la derecha del círculo, se sitúan más a la izquierda de la pantalla que cuando no está presente el distractor. De la misma forma, cuando el distractor aparece a la izquierda del círculo azul, las desviaciones se sitúan más a la derecha de la pantalla, comparado con las medias de cuando el distractor no está presente. Siguiendo, de este modo, idéntico patrón que los resultados del experimento 1 pero sin ser sus diferencias significativas inicialmente (ver gráfica 2.2).

Dado que las diferencias aumentan fotograma a fotograma en este experimento y que se constató que el efecto perduraba, en el experimento 1, incluso después de la desaparición del distractor, se realizaron análisis estadísticos hasta el fotograma 30 para los datos de este segundo experimento (en esta ocasión, a partir de dicho fotograma, se constató solapamiento en la presentación de, al menos, un distractor con la presentación de otro distractor inmediatamente siguiente). En este sentido, no hubo cambios en la significatividad entre las condiciones experimentales hasta el fotograma 12 (en el que desaparecía el efecto en el experimento 1), en el que el patrón de significación de los resultados pasó a ser estadísticamente significativo como efecto principal de la variable *presencia del distractor*, $F(2,18) = 3.56$, $MCE = 82.11$, $p < 0.05$. Las comparaciones planeadas de *izquierda – no-presencia*, $F(1,9) = 3.58$, $MCE = 27.62$, $p = 0.09$, y *no-presencia - derecha*, $F(1,9) = 3.30$, $MCE = 14.17$, $p = 0.10$, no fueron significativas (ver tabla 2.1).

Se mantuvo este patrón hasta el fotograma 15, repitiéndose el efecto principal, $F(2,18) = 4.90$, $MCE = 99.68$, $p < 0.03$, pero no habiendo efecto en las comparaciones planeadas *izquierda – no-presencia*, $F(1,9) = 4.84$, $MCE = 38.05$, $p = 0.05$, y *no-presencia –*

derecha, $F(1,9) = 4.59$, $MCE = 18.90$, $p = 0.06$, que no fueron significativas (ver tabla 2.1).

En el fotograma 16 el patrón de significación estadística vuelve a cambiar, añadiéndose al efecto principal de la variable *presencia del distractor*, $F(2,18) = 6.12$, $MCE = 164.07$, $p < 0.01$, las diferencias estadísticamente significativas de las comparaciones planeadas *izquierda – no-presencia*, $F(1,9) = 5.34$, $MCE = 42.53$, $p < 0.05$, y *no-presencia – derecha*, $F(1,9) = 6.70$, $MCE = 39.52$, $p < 0.03$. El mismo patrón se mantuvo fotograma a fotograma, hasta, al menos, el fotograma 30 que fue el último fotograma analizado. Fotograma 30, variable *presencia del distractor*, $F(2,18) = 10.24$, $MCE = 227.30$, $p < 0.01$, comparación *izquierda – no-presencia*, $F(1,9) = 8.05$, $MCE = 74.98$, $p < 0.02$, y comparación *no-presencia – derecha*, $F(1,9) = 10.45$, $MCE = 40.43$, $p < 0.02$, significativas (ver tabla 2.1).

EXPERIMENTO SEGUNDO									
Efecto presencia del distractor				Comparación Izquierda – No-presencia			Comparación No-presencia – Derecha		
Fotograma	F	MCE	p	F	MCE	p	F	MCE	p
12	$F(2,18) = 3.56$	82.11	< 0.05	$F(1,9) = 3.58$	27.62	= 0.09	$F(1,9) = 3.30$	14.17	= 0.10
13	$F(2,18) = 3.85$	86.90	< 0.05	$F(1,9) = 3.79$	28.58	= 0.08	$F(1,9) = 3.69$	15.52	= 0.09
14	$F(2,18) = 4.37$	99.68	< 0.03	$F(1,9) = 4.36$	33.47	= 0.07	$F(1,9) = 4.09$	17.25	= 0.07
15	$F(2,18) = 4.90$	111.70	< 0.02	$F(1,9) = 4.84$	38.05	= 0.05	$F(1,9) = 4.59$	18.90	= 0.06
16	$F(2,18) = 6.12$	164.07	< 0.01	$F(1,9) = 5.34$	42.53	< 0.05	$F(1,9) = 6.70$	39.52	< 0.03
17	$F(2,18) = 6.31$	161.79	< 0.01	$F(1,9) = 5.80$	46.17	< 0.04	$F(1,9) = 6.57$	34.98	< 0.04
18	$F(2,18) = 6.86$	176.10	< 0.01	$F(1,9) = 6.33$	50.33	< 0.04	$F(1,9) = 7.15$	38.01	< 0.03
19	$F(2,18) = 7.44$	189.74	< 0.01	$F(1,9) = 6.84$	53.73	< 0.03	$F(1,9) = 7.77$	41.41	< 0.03
20	$F(2,18) = 8.10$	203.60	< 0.01	$F(1,9) = 7.49$	57.38	< 0.03	$F(1,9) = 8.42$	44.69	< 0.02
21	$F(2,18) = 8.58$	216.50	< 0.01	$F(1,9) = 7.76$	60.39	< 0.03	$F(1,9) = 9.14$	48.09	< 0.02
22	$F(2,18) = 8.95$	222.80	< 0.01	$F(1,9) = 8.05$	61.76	< 0.02	$F(1,9) = 9.47$	49.86	< 0.02
23	$F(2,18) = 9.45$	237.00	< 0.01	$F(1,9) = 8.48$	66.03	< 0.02	$F(1,9) = 9.96$	52.72	< 0.02
24	$F(2,18) = 9.68$	246.34	< 0.01	$F(1,9) = 8.64$	68.79	< 0.02	$F(1,9) = 10.17$	54.65	< 0.02
25	$F(2,18) = 10.76$	221.11	< 0.01	$F(1,9) = 8.75$	70.84	< 0.02	$F(1,9) = 11.09$	41.06	< 0.01
26	$F(2,18) = 10.79$	225.96	< 0.01	$F(1,9) = 8.8$	73.60	< 0.02	$F(1,9) = 10.98$	40.96	< 0.01
27	$F(2,18) = 10.69$	229.43	< 0.01	$F(1,9) = 8.54$	74.61	< 0.02	$F(1,9) = 11.12$	41.69	< 0.01
28	$F(2,18) = 10.20$	227.11	< 0.01	$F(1,9) = 8.07$	74.50	< 0.02	$F(1,9) = 10.75$	40.74	< 0.01
29	$F(2,18) = 10.32$	230.01	< 0.01	$F(1,9) = 8.16$	76.60	< 0.02	$F(1,9) = 10.6$	40.33	< 0.01
30	$F(2,18) = 10.24$	227.30	< 0.01	$F(1,9) = 8.05$	74.98	< 0.02	$F(1,9) = 10.45$	40.43	< 0.02

Tabla 2.1. Significación estadística, en su caso, tanto del efecto principal de la variable *presencia del distractor* como de las comparaciones planeadas *izquierda – no-presencia* y *no-presencia – derecha*, en cada uno de los fotogramas relevantes en el experimento 2. Datos en rojo: fotogramas con diferencias estadísticamente significativas entre sus condiciones.

Conclusiones (II)

En este segundo experimento, se puede apreciar un patrón de resultados similar al encontrado en el experimento 1 pero con un cierto desfase. Este patrón desvela, al igual que en el primer experimento, un efecto de repulsión, ya que (comparado con la media de cuando no está presente ningún distractor), cuando el distractor aparece a la izquierda del coche, el sujeto se desvía más hacia la derecha (o toma su media valores más positivos) y viceversa, en este caso de manera más clara y simétrica que en el experimento anterior (ver gráfica 2.2). El efecto no alcanza la significación estadística hasta 11 fotogramas después del primer fotograma en el que el distractor aparece y sigue siendo estadísticamente significativo, al menos, 18 fotogramas después. Dado que en este experimento 2 se constató solapamiento en la presentación de los distractores, no tuvo demasiado sentido continuar analizando los fotogramas subsiguientes al 30 (dada la limitación de diseño de la tarea), una vez que ya se hubo comprobado la existencia del efecto con un periférico distinto al utilizado en el experimento 1.

Conclusiones Generales

De manera general, atendiendo a los resultados de los dos experimentos realizados, se puede afirmar que existe un efecto posicional repulsivo de los distractores en el movimiento de seguimiento de la carretera (tarea de *tracking* con movimiento continuo) con el coche (*círculo azul*). Este efecto, en principio, puede darse desde multitud de posiciones del distractor (ya que con la programación se aseguró que dicho distractor apareciese de manera aleatoria por toda la pantalla), aunque no se sabe con detalle si la distancia del distractor al coche puede modular dicho efecto. Este punto se explorará con detalle en futuros experimentos.

Dado que en ambos estudios se presentan patrones similares del efecto (teniendo en cuenta que, utilizando el periférico *joystick*, hay cierta demora del mismo), se puede afirmar que el efecto no depende del tipo de periférico que se utilice ni de los efectores que el sujeto tiene que poner en funcionamiento para accionarlo.

Pese que este efecto es patente, va en contra de la observación diaria y de los estudios revisados de los que se partía (Welsh y Elliott, 2004). En dichos fundamentos se afirmaba que el estímulo no-objetivo producía un efecto atractivo (al menos de manera inicial) sobre el movimiento, ya que la inhibición de este estímulo no-objetivo no había sido completada y el movimiento final hacia el objetivo todavía contenía características del movimiento codificado hacia dicho no-objetivo.

Según los datos obtenidos, se puede constatar que cuando se le presenta al sujeto un distractor en la parte derecha de la pantalla, la media de las desviaciones al centro de la carretera (comparado con la ausencia del mismo) aumenta hacia el lado contrario en el que se ha presentado dicho distractor, en este caso, hacia la izquierda (los valores se hacen más negativos). Lo mismo, pero en sentido contrario, ocurre cuando el distractor es presentado a la izquierda de la pantalla, en este caso, dicha media de desviaciones aumenta hacia la derecha (los valores se hacen más positivos, ver gráficas 1.2 y 2.2).

En el estudio de Welsh y Elliott (2004) el punto de inflexión del curso temporal del efecto estaba delimitado entre algún punto del intervalo de -750 y -250 ms y el valor de 0 ms (durando el efecto, teóricamente como máximo, 750 ms). Por lo tanto, es importante comparar el curso temporal del efecto en esta investigación con el de los resultados de Welsh y Elliott (2004), ya que con sus datos no se puede conocer los límites del curso temporal del efecto completo (aunque el efecto no sea el mismo). En el experimento 1 ya se dan diferencias significativas entre las tres condiciones experimentales desde el primer fotograma y el efecto de repulsión del distractor perdura hasta el fotograma 11, la duración del efecto de manera total sería, por tanto, de 11 fotogramas. Puesto que la velocidad de animación era de 25 fotogramas por segundo, la duración de cada fotograma era de $25/1000 = 40$ ms, si se multiplica el número de fotogramas en los que el efecto es significativo por la duración de cada uno de ellos, nos da la cifra de 440 ms. Este tiempo aproximado (ya que se podría ser más precisos en el proceso de fraccionar el tiempo, es decir, tomar más registros por unidad de tiempo) nos da una idea de cuánto tiempo tarda el sujeto en inhibir y corregir el movimiento, elicitado por el distractor, de manera un poco más fina que en estudios anteriores (Welsh y Elliott, 2004).

En el segundo experimento, el efecto del distractor comienza a ser significativo en el fotograma 12 y continúa ejerciendo un efecto estadísticamente fiable hasta el 30. Como ya apuntamos, es posible conocer el momento de disipación del efecto con el *joystick* pero no es nuestro objetivo de investigación y el experimento no estuvo preparado para ello, de ahí que nos limitemos a demostrar únicamente que también con este tipo de periférico hay efecto, aunque demorado y no se pueda cuantificar la duración del tiempo en este caso.

La particularidad destacable de nuestro estudio proviene del hecho de que el distractor en ningún caso tuvo relación con las metas del sujeto (su atención no supone una ventaja competitiva en la realización de la tarea ni se ha promovido la misma desde las instrucciones dadas al sujeto). El efecto repulsivo es provocado por un estímulo, a priori, sin significado, que produce un movimiento que contrasta con los estudios anteriores. En los estudios de Welsh y Elliott (2004), el no-objetivo podía localizarse en posiciones que podían ser ocupadas por el objetivo, por tanto, contenían cierto significado, aunque hubiese que descifrarlo. Sirva como ejemplo que, en las condiciones en las que el no-objetivo aparecía antes en el tiempo que el objetivo (condiciones de -750 y -250 ms), hubo efecto principal del SOA en el tiempo total de movimiento (tiempo de reacción + tiempo de ejecución), debido principalmente al descenso del tiempo de reacción en estas condiciones (dado que los tiempos de movimiento no presentaban diferencias significativas entre sus condiciones), por tanto, su significado es de pre-señalización.

Es crucial, igualmente, el hecho de que nuestro distractor no provoca un efecto inicialmente atractivo y posteriormente repulsivo (como en los estudios de Welsh y Elliott, 2004) sino que es enteramente repulsivo.

Por todo ello, podrían explicarse los datos incorporando la concepción de que nuestro distractor, al aparecer de manera sorpresiva en casi cualquier posición en la pantalla (y, en algunos casos, superponerse a la misma carretera), fuera interpretado por el sujeto como un “obstáculo” (cuando se superpone a la carretera), como ya apuntaba Tresilian

(1998) que podían percibirse los estímulos, o como un “peligro” (dado que los distractores aparecen de manera sorpresiva). En este sentido, podría afirmarse que el hecho de “no chocar con nada” en esta tarea puede tener un significado para el sujeto. Por ello, nosotros proponemos que es realmente el significado que se le dé al estímulo distractor en su representación mental lo que produce repulsión o atracción, y no la saliencia, como postula el modelo de vector de respuesta (Tipper et al, 1999), ni la fase del proceso inhibitorio en el que éste ha sido medido, como afirma el modelo de activación de respuesta (Welsh y Elliott, 2004). Futuras investigaciones estarán encaminadas a dilucidar esta hipótesis en mayor detalle.

Sea como fuere la exactitud de nuestras explicaciones, necesariamente especulativas en este estadio de la investigación, los resultados demuestran que la variación de trayectoria es real y suficientemente importante como para merecer un estudio más detenido acerca de la influencia del significado, que el sujeto da al estímulo distractor, sobre el movimiento.

Cuanto mínimo, se ha demostrado que estímulos sin un significado a priori (los no-objetivos, como ya comentamos, podían tener un significado de pre-señalización) tienen un efecto sobre el movimiento y se ha delimitado (como nunca antes se había hecho) su curso temporal de manera fina (con intervalos de 40 ms que es la duración de cada fotograma).

El estudio detallado de esta temática tiene una gran trascendencia ergonómica cognitiva, en el sentido de que puede ayudar a mejorar el diseño de las carreteras y hacerlas, de este modo, más seguras (accionando mecanismos cognitivos más automáticos de nuestra conducta en la dirección que se desee).

Por ejemplo, si el patrón de resultados hallado en estos experimentos se confirmara en otras situaciones, sería recomendable colocar señales luminosas a la izquierda en curvas hacia la derecha y a la derecha en curvas hacia la izquierda, de forma que el efecto sobre el movimiento se produjese en la dirección que debe tomar el conductor o, al menos, que no produjese un movimiento contraproducente. Obviamente es precipitado

proponer este tipo de soluciones en este momento, ya que creemos razonable esperar a una investigación más detallada en esta dirección, pero su estudio profundo se muestra esencial para producir recomendaciones no-obvias para la mejora de la presentación de estímulos visuales en las carreteras.

El estudio acerca de esta temática continuará, por nuestra parte, analizando el significado que tienen las señales insertas en la tarea para el sujeto y constatando el efecto de dicho significado sobre el movimiento. De forma paralela a este objetivo de investigación principal, se procederá con el acercamiento a las condiciones reales de tráfico, esto es, utilizando un *volante de conducción* para el control del movimiento, diseñando una tarea tridimensional, posibilitando el movimiento en el eje de la Y e introduciendo señales del Código de Circulación, constatando el efecto parcial de la introducción progresiva de todos estos nuevos elementos. Igualmente, de manera secundaria, se realizará un análisis paramétrico de la distancia entre distractor y coche, color de los elementos insertos en la escena visual, posicionamiento del distractor con respecto al coche (delante derecha-izquierda y detrás derecha-izquierda) para un mayor conocimiento de las condiciones del efecto.

Capítulo III

Cambio del Contexto y Efectos diferenciales
tanto de Señales exógenas como endógenas
sobre la Trayectoria del Movimiento en una
Tarea de Simulación de la Conducción:
Modelo de Activación de Respuesta
dependiente del Significado

Resumen

En este artículo se ha manipulado un contexto de presentación de señales distinto al utilizado en estudios anteriores para comprobar si, este cambio de contexto, propicia el cambio de significado que el sujeto le proporciona a una *señal exógena* utilizada anteriormente e, igualmente, cuáles son los efectos que producen una *señal endógena* con un significado per se y una *señal exógena* con un significado neutro. Los resultados apuntan a que el significado y el efecto sobre la trayectoria del movimiento depende del contexto y que el significado que se le dé a la señal determina la toma vía en una bifurcación posterior a su aparición. Creando un nuevo modelo para implementar y explicar la influencia de la atención sobre el movimiento denominado “modelo activación de respuesta dependiente del significado”.

Palabras clave: *Señal exógena*; *Señal endógena*; Atención-Movimiento; Tarea de *tracking*.

Cambio del Contexto y Efectos diferenciales tanto de Señales endógenas como exógenas sobre la Trayectoria del Movimiento en una Tarea de Simulación de la Conducción: Modelo de Activación de Respuesta dependiente del Significado

Los resultados obtenidos en la serie experimental del Capítulo II dejan patente que una simple *señal exógena (singleton)* sin un significado aparente, pero con un posible significado de “obstáculo” o “peligro” en este contexto (que llegaba a superponerse a la carretera, su irrupción era abrupta en la escena visual y se presentaba desde múltiples posiciones), produce un movimiento enteramente repulsivo (no hay fases en él en las que efecto pase de ser atractivo a ser repulsivo). Es por ello que conviene revisar el modelo de activación de respuesta propuesto por Welsh y Elliott (2004). Estos autores postulan que el efecto diferencial de la atención sobre el movimiento es producto de la inhibición total o parcial del estímulo no-objetivo y, por tanto, el efecto será repulsivo, cuando la inhibición de este no-objetivo sea total, y atractivo, cuando sea parcial. Bajo nuestro nuevo prisma explicativo, en donde el referente principal es el significado que tiene el no-objetivo (distractor, en nuestro caso), podrían explicarse los datos de Welsh y Elliott (2004) apoyándonos en la concepción de que el hecho de presentar los estímulos no-objetivo en intervalos distintos de tiempo hace que se perciba su significado de manera cualitativamente distinta. Dicho de otro modo, en -750 ms el sujeto puede discernir que el no-objetivo no es realmente el objetivo de su tarea, por tanto, la codificación que se realiza sobre él es repulsiva y, cuando se realiza el movimiento hacia el objetivo, el movimiento resultante es una mezcla entre la codificación repulsiva del no-objetivo (inhibida pero con actividad remanente) y la codificación atractiva hacia el objetivo. Dado que los movimientos se realizan en la misma línea espacial, el movimiento final se aleja parcialmente del no-objetivo porque está actuando la actividad remanente de la codificación del significado de “algo de lo que alejarse” (sin necesidad de que las codificaciones de dichos movimientos estén solapadas). En -250 ms, el sujeto no discrimina adecuadamente el significado del estímulo no-objetivo y como podría ser un objetivo, codifica su significado como “algo a lo que acercarse”, por tanto, cuando se realiza el movimiento final hacia el objetivo, el movimiento resultante contiene la codificación atrayente hacia el objetivo más la codificación atrayente hacia el no-objetivo (que es conceptuado como posible objetivo).

Sirva de ejemplo una situación cotidiana, cuando cogemos algo que está muy caliente, no sólo inhibimos la respuesta que estábamos codificando (de lo contrario nos quedaríamos cerca de dicho objeto y, simplemente, no seguiríamos acercándonos) sino que codificamos otro movimiento repulsivo hacia el objeto que nos está causando dicho daño porque su significado nuevo es “dolor”.

Esta explicación postula: Codificaciones distintas para estímulos distintos (sin la premisa de la existencia necesaria de un solapamiento entre ambas codificaciones, a diferencia de la literatura anterior implementada en el modelo de vector de respuesta y el modelo de activación de respuesta); La dependencia del tipo de codificación de los estímulos (como atractivos o repulsivo) en base al significado que el estímulo tiene o el sujeto le proporciona (no a la saliencia per se del mismo); Y la existencia de un mecanismo inhibitorio eficiente pero no totalmente efectivo (ya que la presencia del distractor, como en estudios propios, provoca un efecto significativo e involuntario en el movimiento hasta que es totalmente inhibido).

Objetivos de la investigación.

En nuestros estudios anteriores el hecho de que la aparición del distractor fuese sorpresiva y aleatoria, puede realmente suponer para el sujeto un significado de “a evitar”, por tanto, la codificación que se realice hacia este distractor será repulsiva. Si, en efecto, el significado que se le dé al distractor es el causante del efecto diferencial atractivo-repulsivo y dicho significado depende del contexto en el que éste se dé, cambiando el contexto de aparición sorpresiva en casi cualquier localización en la pantalla (y, en algunos casos, superposición a la carretera), de experimentos anteriores, por un contexto en el que el distractor apareciese en condiciones menos sorpresivas (en localizaciones determinadas), el significado debería cambiar y, por ende, el tipo de efecto.

EXPERIMENTO 1

Tomando en cuenta las reflexiones anteriores, controlamos la posición de aparición de la *señal exógena* (distractor) para comprobar si el cambio de significado de la misma es lo que produce el efecto diferencial de atracción-repulsión. Nuestra hipótesis es que es

únicamente la exposición del distractor en posiciones no-sorpresivas lo que cambia el significado que se le da al mismo y, por tanto, el tipo de efecto sobre el movimiento. Por ello, la posición de aparición del distractor, en este experimento, fue la misma dentro de cada una de las condiciones experimentales (sin superponerse a la carretera en ningún caso) y se conservaron las características del mismo, utilizado el mismo tipo que en estudios anteriores (*punto rojo*), controlando igualmente, con ello, las posibles explicaciones que recaen sobre la saliencia del estímulo (concepto perteneciente al modelo de vector de respuesta) y, de nuevo, de la fase de medición del proceso de inhibición (piedra angular del modelo de activación de respuesta). Dicho de otro modo, lo único que se manipuló fue el contexto en el que el mismo distractor aparecía, ya que de la misma manera se mantuvo el periférico de control *joystick* con respecto a experimentos anteriores.

Con este fin, se diseñó una nueva tarea de *tracking* en un lenguaje de programación nuevo (*Squeak*) que permitía la manipulación de las coordenadas concretas en las que la *señal exógena* (*punto rojo*) aparecía. Esta nueva tarea diseñada permitió controlar la distancia exacta entre la posición de aparición *señal exógena* y el centro de la carretera.

Las señales en este experimento también aparecían a la izquierda y a la derecha del coche (variable *posición de la señal*), al igual que en los experimentos iniciales de esta línea experimental, pero, en esta ocasión (con respecto a las limitaciones de la tarea utilizada en dichos experimentos), se pudo metodológicamente comprobar, al igual que el efecto de la *posición de la señal*, el efecto de la *aproximación de la señal* (ya que en cada una de las condiciones experimentales la distancia permanecía constante). Se mantuvo, por tanto, la misma esencia de la manipulación utilizada anteriormente (presentación de la *señal exógena* a ambos lados de la carretera) pero se pudo ampliar el análisis de si distintas distancias de presentación de las señales producían igualmente efectos diferenciales sobre la trayectoria del movimiento.

Método (I)

Participantes

Los participantes en este experimento fueron 14 alumnos, con vista normal o corregida, pertenecientes a la Licenciatura en Psicología de la Facultad de Psicología de la Universidad de Granada, con edades comprendidas entre los 19 y 25 años. Los sujetos tomaron parte en el estudio a cambio de una participación experimental, equivalente a 1 punto de prácticas susceptible de ser añadido a la nota de prácticas de cualquier asignatura del área de Psicología Experimental de la Licenciatura de Psicología.

Estímulos

En una pantalla de ordenador, se presentaron imágenes con fondo verde y una carretera gris con una anchura de 60 píxeles, delimitada por dos líneas blancas continuas y en cuyo centro se situaba una línea blanca discontinua de 3 píxeles de anchura cada una (ver imagen 1.1).

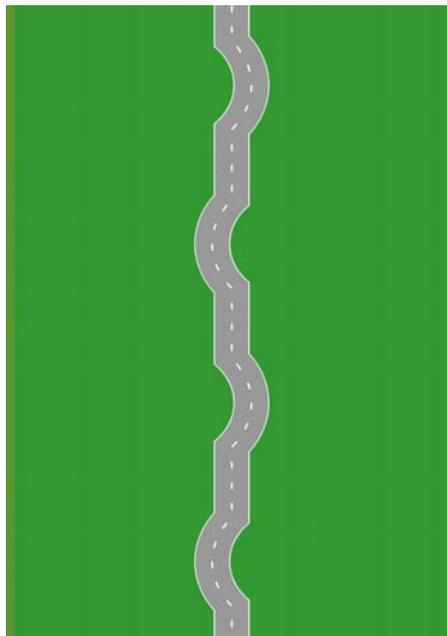


Imagen 1.1. Ejemplo de carretera utilizada en la tarea.

Las imágenes se diseñaron bajo dos objetivos: *imágenes no-experimentales* e *imágenes experimentales*. Las *imágenes no-experimentales* fueron creadas con recorridos diversos en los que la carretera tomaba curvas tanto a la derecha como a la izquierda (cambiando éstas, igualmente, tanto en su pronunciación como en su posición relativa dentro de la imagen misma, incluyendo, del mismo modo, tramos de vía rectos) y fueron diseñadas

para servir de nexo de unión entre las diferentes imágenes experimentales y hacer, de este modo, la tarea no-repetitiva. Las *imágenes experimentales*, en cambio, siempre fueron presentadas con el mismo formato (aunque en ellas se superpusieran variables distintivas dependientes de las condiciones experimentales), siendo la configuración de las mismas: Un tramo recto de carretera; Una bifurcación en dos vías paralelas e equidistantes al centro de la imagen; Y otro tramo recto de vía (ver imagen 1.2).

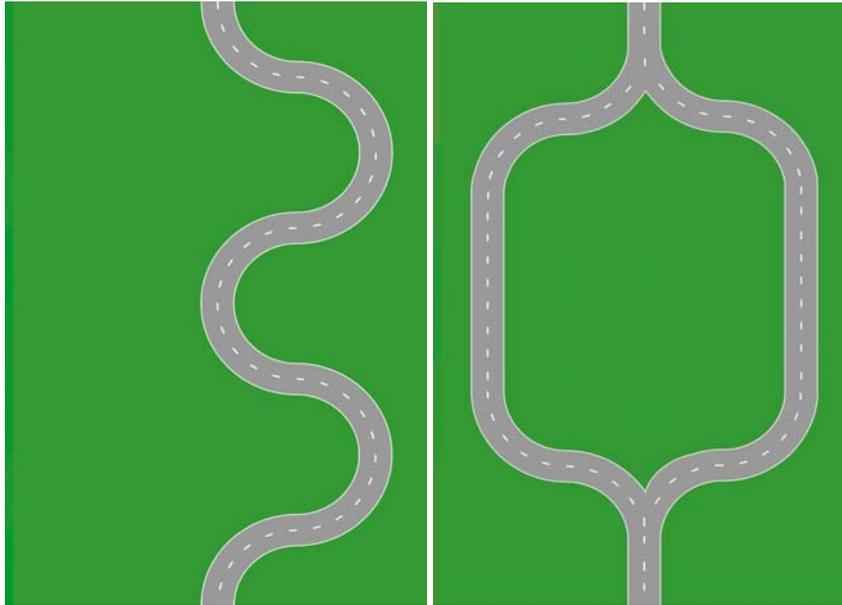


Imagen 1.2. A la izquierda, ejemplo de *imagen no-experimental*. A la derecha, ejemplo de *imagen experimental*.

El sujeto controlaba un *círculo verde* (a modo de coche), de 22 píxeles de diámetro, con circunferencia negra y un punto central igualmente negro (ver imagen 1.3).

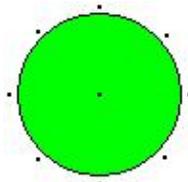


Imagen 1.3. Coche controlado por el sujeto (*círculo verde*).

En las imágenes experimentales se superpuso una *señal exógena* (VI); en concreto, un destello en forma de *punto rojo* circunscrito en un cuadrado de 15x15 píxeles de dimensiones con el mismo fondo verde que en la *imagen experimental* (ver imagen 1.4).



Imagen 1.4. Señal exógena (punto rojo) presentada.

Instrumentos y Tarea

Se utilizó un ordenador HP Intel® Core™ 2 T5500 (1.66Ghz@1.66GHz , 0.99 GB de RAM y adaptador de Pantalla Mobile Intel® 945 Express Chipset Family) para la presentación y el registro de las respuestas. El sujeto controlaba el estímulo *círculo verde* con un *joystick* Rainbow 7300, conectado por puerto USB al ordenador. Los movimientos del *joystick* modificaban la posición del centro del *círculo verde* en el eje de abscisas (X). Su posición en el eje de ordenadas (Y) permanecía siempre fijo en una posición determinada (ver imagen 1.5 como ejemplo).

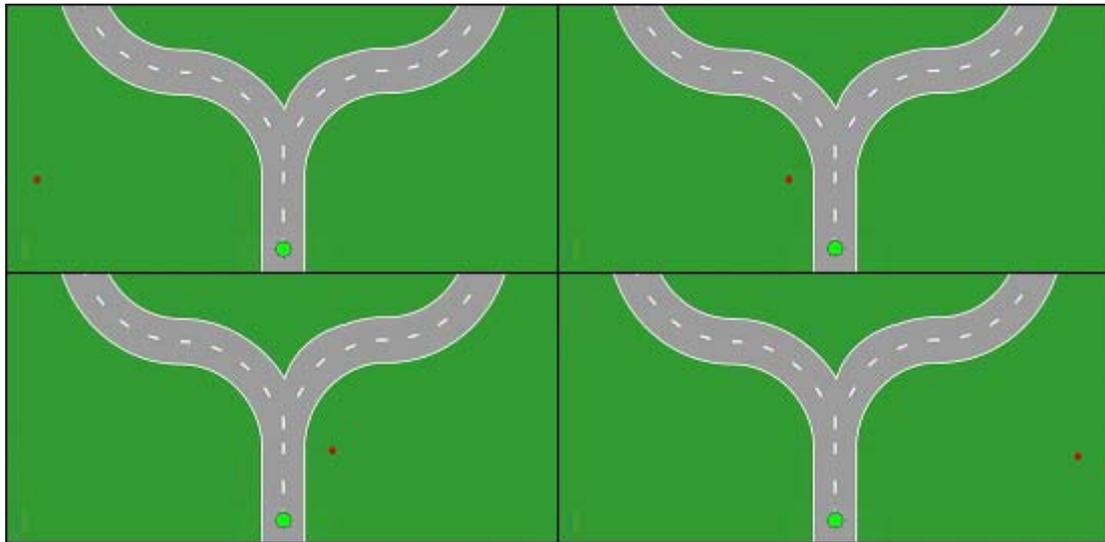


Imagen 1.5. Ejemplo de cada una de las condiciones experimentales. De izquierda a derecha y de arriba a abajo: Condición *izquierda-lejos*; Condición *izquierda-cerca*; Condición *derecha-cerca*; Y condición *derecha-lejos*.

La tarea propia, desarrollada en lenguaje de programación *Squeak*, consistió en el seguimiento de la carretera con el *círculo verde* (tarea de *tracking*) durante aproximadamente 20 minutos. La carretera estaba diseñada con una secuencia de imágenes que eran cargadas en el programa a partir de un fichero en el cual el orden de presentación había sido aleatorizado, aunque el común denominador fue la presentación secuencial de *imagen no-experimental* – *imagen experimental*.

En las *imágenes experimentales*, aproximadamente 123 píxeles antes de la bifurcación de la carretera, aparecía la *señal exógena punto rojo* a la izquierda o a la derecha de la carretera (variable *posición de la señal*) en una localización cercana o lejana (variable *aproximación de la señal*) durante 30 píxeles (6 fotogramas registrados, cada uno con una duración de 60 ms aproximadamente). Quedando, de este modo, 4 condiciones experimentales (ver imagen 1.5): Aparición de la señal a la izquierda de la carretera y en una posición lejana del centro de la misma (condición *izquierda-lejos*); Aparición de la señal a la izquierda de la carretera y en una posición cercana al centro de la carretera (condición *izquierda-cerca*); Aparición de la señal a la derecha de la carretera y en una posición cercana del centro de la misma (condición *derecha-cerca*); Y aparición de la señal a la derecha de la carretera y en una posición lejana del centro de la misma (condición *derecha-lejos*). Los bloques experimentales consistieron en 4 ensayos aleatorizados sin reposición de cada condición. Interbloque, la secuencia de aparición estuvo igualmente aleatorizada y contrabalanceada por bloque. El número total de bloques fue de 8.

Procedimiento

Una vez colocados los participantes delante del ordenador en una posición cómoda (después del registro y la codificación de los mismos por medio de una ventana de texto que aparecía antes de la presentación de la tarea), se presentaban las siguientes instrucciones:

“Está tomando parte en una investigación del Departamento de Psicología Experimental de la Universidad de Granada.

Delante de usted deberá tener un joystick con el que controlará un círculo verde con un punto negro central que simula un coche. Igualmente, se presentará una carretera gris simulada con dos líneas blancas continuas, que la limitan, y una línea blanca discontinua, a modo de centro de la misma. Su tarea consistirá en seguir el centro de la carretera (la línea discontinua) con el centro del círculo verde de la manera más precisa posible.

Esta tarea es difícil, por lo tanto no se preocupe si no la realiza de manera perfecta. Durante la realización de la tarea, la carretera se bifurcará en dos posibles opciones: una vía hacia la izquierda y otra hacia la derecha. Usted es enteramente libre de escoger la vía que más le apetezca en cada momento.

Ocasionalmente, aparecerá un destello por la pantalla, usted no debe prestar atención a dicho destello y centrarse en realizar la tarea correctamente.

Si tiene alguna duda, pregúntele al experimentador.

Gracias por su participación.”

Mientras el sujeto seguía la carretera (durante los aproximadamente 20 minutos reales de experimento), dependiente de la secuencia planificada de presentación, la *señal exógena punto rojo* aparecía (tomando como punto de referencia la esquina superior izquierda de la imagen y considerando la medición en píxeles) en coordenadas tanto a la izquierda de la carretera, lejos (35, 1060) y cerca (330, 1060), como a su derecha, cerca (455,1060) y lejos (750, 1060). Teniendo en cuenta que las dimensiones de las *imágenes experimentales* eran de 800x1200 píxeles, la anchura de la carretera era de 60 píxeles, el centro de la carretera en el nivel en el que aparecía la señal antes de la bifurcación estaba situado en la abscisa 400 de la imagen y que el cuadrado (en el que el *punto rojo* estaba circunscrito) tenía 15x15 píxeles de dimensiones, puede afirmarse que la presentación fue simétrica (ver imagen 1.6).

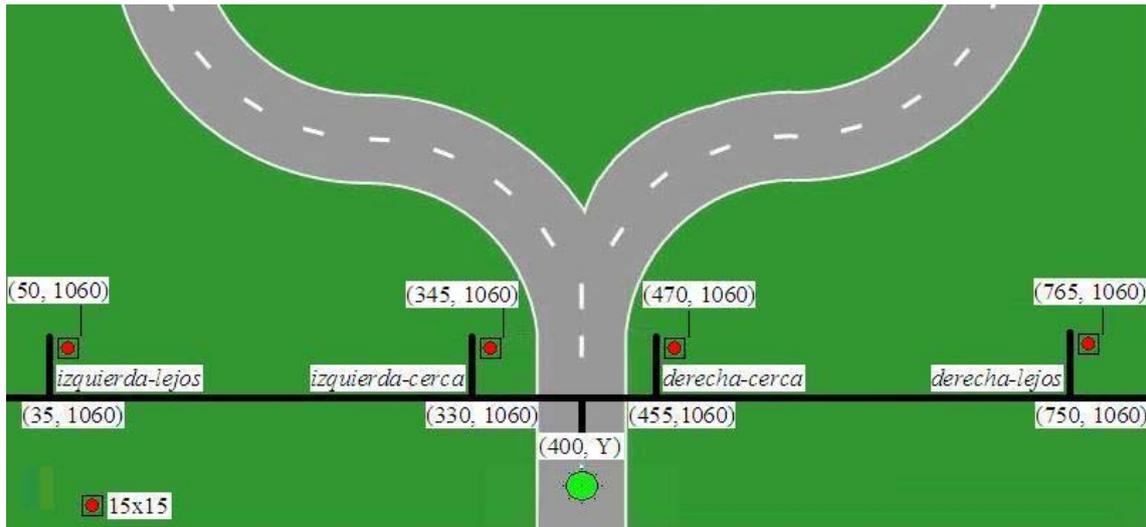


Imagen 1.6. Posición de presentación de la *señal exógena punto rojo* en cada una de las condiciones experimentales.

Como se especificaba en las instrucciones, durante la tarea, el sujeto era libre de tomar la vía, de las dos posibles, que quisiera. Una vez finalizada la presentación, el programa se detenía y al participante se le daba su participación experimental, preguntándole si hubo notado algo fuera de lo normal.

Análisis de datos

El número total de filas de datos (o fotogramas registrados) fue de exactamente 17.601 por sujeto. Los campos de datos que el programa registraba y que fueron recodificados posteriormente fueron: “Id”, identificador del fotograma, asignado y ordenado por secuencia del recorrido; “Sujeto”, número de sujeto experimental; “Codificación color”, registro de la tonalidad de gris de una franja situada a la izquierda de cada *imagen experimental* (invisible para los sujetos experimentales); “Posición X coche”, posición abscisa (X) del *círculo verde*; “Línea media”, coordenada X del centro de la carretera en el fotograma por el que el *círculo verde* estaba circulando en el tramo recto antes de la bifurcación (con un valor constante, por ende); “Error”, resta entre la posición real (“posición X coche”) y la posición ideal (“línea media”); “Fotograma experimental”, codificación diferencial entre fotogramas pertenecientes al momento temporal de la medición *pre-señal* (As, del 1-3), *aparición señal* (Bs, del 1-6) o *post-señal* (Cs, del 1-17); Y “ensayo”, número de ensayo de una condición experimental determinada, junto con sus correspondientes fases *pre* y *post-señal* (ver tabla 1.1).

Id	Sujeto	Codificación Color	Posición X Coche	Línea Media	Error	Fotograma	Ensayo
232	1	Normal	403	402	1		
233	1	Normal	404	402	2		
234	1	Pre-señal	405	402	3	A1	2
235	1	Pre-señal	406	402	4	A2	2
236	1	Pre-señal	407	402	5	A3	2
237	1	LF	408	402	6	B1	2
238	1	LF	409	402	7	B2	2
239	1	LF	410	402	8	B3	2
240	1	LF	411	402	9	B4	2
241	1	LF	410,6	402	8,6	B5	2
242	1	LF	409,6	402	7,6	B6	2
243	1	LF	408,6	402	6,6	C1	2
244	1	LF	407,6	402	5,6	C2	2
245	1	LF	406,6	402	4,6	C3	2
246	1	LF	405,06	402	3,06	C4	2
247	1	LF	404,06	402	2,06	C5	2
248	1	LF	403,06	402	1,06	C6	2
249	1	LF	402,06	402	0,06	C7	2
250	1	LF	401,06	402	-0,04	C8	2
251	1	LF	400,06	402	-1,4	C9	2
252	1	LF	399,6	402	-2,4	C10	2
253	1	LF	398,6	402	-3,4	C11	2
254	1	LF	397,6	402	-4,4	C12	2
255	1	LF	396,6	402	-5,4	C13	2
256	1	LF	395,6	402	-6,4	C14	2
257	1	LF	394,6	402	-7,4	C15	2
258	1	LF	393,6	402	-8,4	C16	2
259	1	LF	392,6	402	-9,4	C17	2
260	1	Normal	391	402	-11		

Tabla 1.1. Ejemplo de registro de datos del programa utilizado.

Los valores de la tonalidad de gris fueron utilizados para el renombramiento de las condiciones experimentales (campo “codificación color”) y para delimitar las fases del proceso de medición circundantes a la introducción de las variables experimentales (campo “fotograma”). Esta tonalidad estaba inserta en el lado izquierdo de las *imágenes experimentales* (de manera invisible para el sujeto experimental, junto con las claves de color utilizadas por el programa para la presentación de cada una de las condiciones experimentales) al mismo nivel que la primera recta antes de la bifurcación inserta en dichas imágenes. Esta codificación permitió filtrar y seleccionar los datos por condiciones experimentales y por fases de medición de dichas condiciones (ver imagen 1.7).

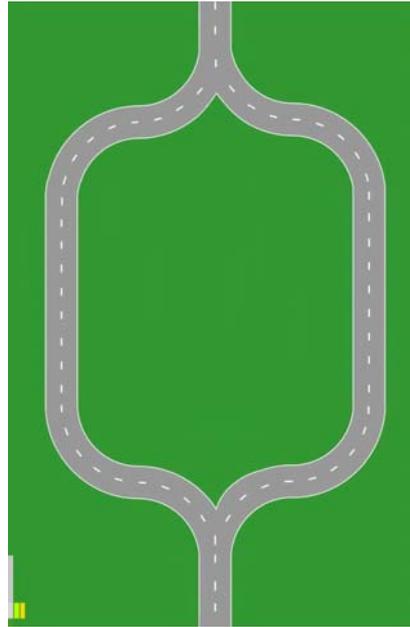


Imagen 1.7. Ejemplo de codificación del color en las *imágenes experimentales*. Barras grises: ejemplo de codificación distintiva de las condiciones experimentales y fases de medición de las mismas, utilizando una configuración determinada de tonalidades de grises. Barras verde y amarilla: ejemplo de configuración de colores para que el programa entendiese que la señal debía ser visible y de qué modo.

En la primera fase de la medición (y siempre dentro de la recta antes de la bifurcación), se codificó el espacio en el que no se había presentado aún ningún tipo de señal con una tonalidad de gris que representaba la condición en ausencia de señal (es decir, era común a todas las condiciones experimentales) y sirvió de condición *control del movimiento general* que estaba siendo llevado a cabo por los sujetos antes de la presentación de cualquier tipo y forma de exposición de la *señal exógena* (fotogramas *As*, ver tabla 1.1 como ejemplo).

En la segunda fase de la recta, durante el espacio en el que la señal estaba siendo presentada (fotogramas *Bs*), la tonalidad de gris dependió de si la señal era presentada a la izquierda o a la derecha de la carretera (codificación con las letras *R* y *L*, aparición “*Right*” o “*Left*”) y si ésta aparecía en una posición cercana o lejana con respecto a la carretera (codificado con las letras *C* y *F*, “*Close*” o “*Far*”, ver tabla 1.1 como ejemplo), quedando un diseño experimental 2x2 (condiciones experimentales *izquierda-lejos*, *izquierda-cerca*, *derecha-cerca* y *derecha-lejos*).

Durante la tercera fase de la recta (fotogramas *Cs*), el espacio restante de este tramo recto de carretera hasta la bifurcación, después de la desaparición de la señal, fue codificado de forma dependiente a la señal anteriormente presentada en los fotogramas de aparición de la señal, con el mismo fin de filtrado, selección de los datos y comparación entre cada una de las condiciones experimentales (ver tabla 1.1 como ejemplo).

El error fue calculado restando, a la posición X del *círculo verde*, la posición del centro de la carretera (cuyo valor permaneció constante, dado que el centro de la carretera en dicha línea recta no cambiaba), se realizó esta operación fotograma a fotograma, creando así este campo de error que correspondía a la variable dependiente (VD) y al que se realizaría posteriormente un análisis de varianza ANOVA 2x2 de medidas repetidas (ver tabla 1.1 como ejemplo).

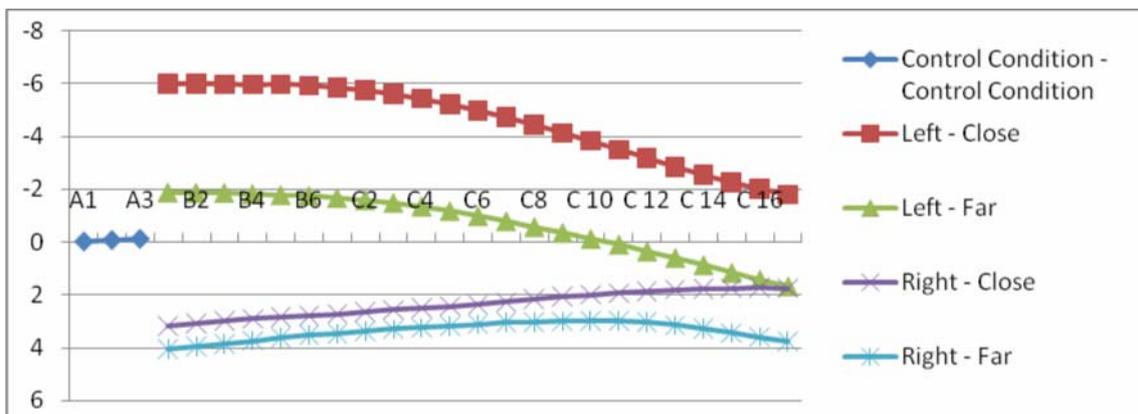
Otro análisis realizado fue sobre los fotogramas pertenecientes a las dos posibilidades de vía, en las *imágenes experimentales*, después de la bifurcación de la misma. Para ello, se creó una copia de la tabla de datos original, a esta copia se le añadió un cierto número de unidades (50) en el campo "Id". Con una función *join* de programación *SQL* se hizo coincidir los campos con la misma codificación en este campo "Id" (1-1, 2-2, 3-3 y, así, sucesivamente), quedando un desfase entre ambas tablas de 50 fotogramas, suficiente para constatar el comportamiento del sujeto una vez pasada la bifurcación. Se centraron los análisis en un fotograma concreto (*BI*, el primer fotograma en el que la señal aparecía y que contenía todas las codificaciones de las distintas condiciones experimentales), seleccionando la codificación de las VIs en dicho fotograma en la tabla original y seleccionando igualmente VD (campo "error") de la copia de la tabla original desplazada 50 fotogramas. Se recodificó el campo "error", creando una copia del mismo en la copia desplazada de la tabla original y en la tabla original, y se le asignó un valor dependiente de si era negativo o positivo. Si dicho valor era negativo, la codificación fue "izquierda", lo cual significaba que el coche estuvo situado a la izquierda del centro de la imagen en ese fotograma (y, por tanto, había escogido la opción de vía de la izquierda), y, si era positivo, la codificación fue "derecha" y significó que el coche

estaba situado a la derecha del centro de la imagen en esta ocasión (y, por tanto, había escogido la vía de la derecha); a este nuevo campo se le denominó “opción tomada”.

Con todo ello, se pudo cuantificar la cuenta de ocasiones en las que los sujetos tomaron una determinada opción en cada una de las condiciones experimentales.

Resultados (I)

Los datos fueron analizados fotograma a fotograma utilizando la codificación mencionada en el apartado anterior. Una gráfica ilustrativa muestra de manera general la evolución del efecto a lo largo de los distintos momentos de medición por cada una de las condiciones experimentales (ver gráfica 1.1).



Gráfica 1.1. Desviaciones promedio en píxeles (VD, eje Y) en cada una de las condiciones experimentales (“control condition-control condition”, “left-close”, left-far”, right-close” y “right-far”, condiciones *control del movimiento general*, izquierda-cerca, izquierda-lejos, derecha-cerca y derecha-lejos, respectivamente, eje X), a lo largo del proceso de medición (fotogramas As, Bs y Cs, eje X) en el experimento 1.

Se realizó un ANOVA 2x2 de medidas repetidas sobre el error entre la posición X del *círculo verde* (“posición X coche”) y la posición ideal (“línea media”), a cada uno de los fotogramas experimentales (Bs, en donde algún tipo de señal aparecía) y *post-señal* (Cs), que seguían conteniendo la codificación de cada una de las condiciones experimentales. Los fotogramas controles *pre-señal* (As, *control del movimiento general*) no entraron dentro de este análisis, ya que en ellos no se presentaban las distintas condiciones de los casos anteriores.

Los resultados desvelaron un patrón de significación estadística similar desde el fotograma B1 hasta el fotograma C9, ambos inclusive, en los efectos principales de las variables *posición de la señal* y *aproximación de la señal*. Fotograma B1: *posición de la señal*, $F(1,13) = 9.58$, $MCE = 83.06$, $p < 0.01$, significativa y *aproximación de la señal*, $F(1,13) = 1.09$, $MCE = 80.15$, $p = 0.31$, con diferencias entre sus condiciones no-significativas. Fotograma C9: *posición de la señal*, $F(1,13) = 4.89$, $MCE = 65.28$, $p < 0.05$, significativa y *aproximación de la señal*, $F(1,13) = 0.74$, $MCE = 104.06$, $p = 0.40$, no-significativa (ver tabla 1.2).

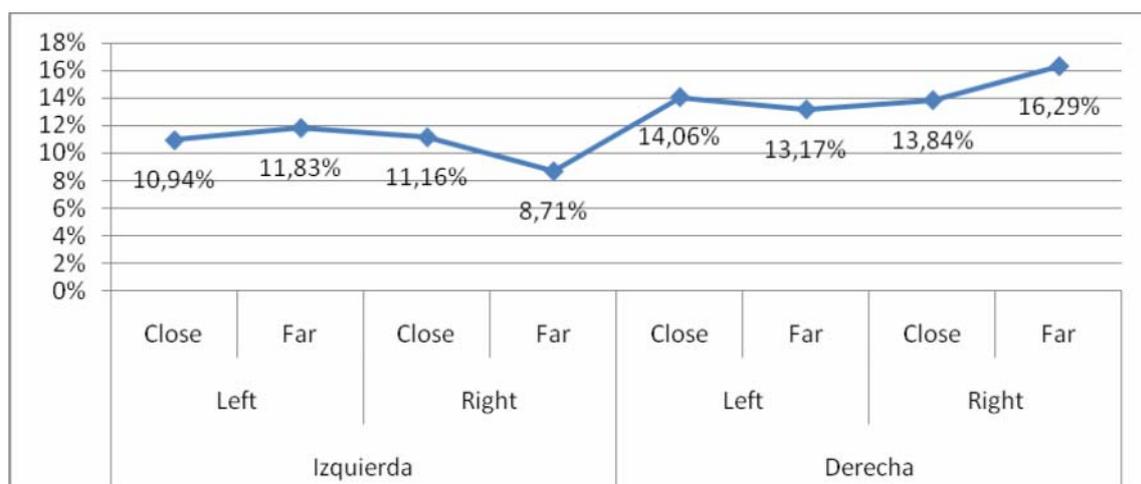
EXPERIMENTO PRIMERO										
Codificación		Efecto Posición de la Señal			Efecto Aproximación de la Señal			Efecto Interacción		
Fotograma	Curso de la presentación	F	MCE	P	F	MCE	p	F	MCE	P
B1	Aparición Señal	$F(1,13) = 9.58$	83.06	< 0.01	$F(1,13) = 1.09$	80.15	= 0.31	$F(1,13) = 0.57$	63.48	= 0.46
B2	Aparición Señal	$F(1,13) = 9.67$	80.16	< 0.01	$F(1,13) = 1.07$	81.58	= 0.32	$F(1,13) = 0.57$	65.28	= 0.46
B3	Aparición Señal	$F(1,13) = 9.79$	76.73	< 0.01	$F(1,13) = 1.04$	83.12	= 0.32	$F(1,13) = 0.55$	66.40	= 0.47
B4	Aparición Señal	$F(1,13) = 9.85$	73.98	< 0.01	$F(1,13) = 1.01$	85.76	= 0.33	$F(1,13) = 0.56$	67.64	= 0.47
B5	Aparición Señal	$F(1,13) = 9.70$	72.56	< 0.01	$F(1,13) = 0.98$	88.14	= 0.34	$F(1,13) = 0.59$	68.74	= 0.46
B6	Aparición Señal	$F(1,13) = 9.49$	71.99	< 0.01	$F(1,13) = 0.93$	90.63	= 0.35	$F(1,13) = 0.60$	69.26	= 0.45
C1	Post Señal	$F(1,13) = 9.25$	70.84	< 0.01	$F(1,13) = 0.91$	93.19	= 0.36	$F(1,13) = 0.59$	69.89	= 0.45
C2	Post Señal	$F(1,13) = 8.97$	69.52	< 0.02	$F(1,13) = 0.87$	95.57	= 0.37	$F(1,13) = 0.58$	70.36	= 0.46
C3	Post Señal	$F(1,13) = 8.64$	67.93	< 0.02	$F(1,13) = 0.84$	97.96	= 0.38	$F(1,13) = 0.57$	71.10	= 0.46
C4	Post Señal	$F(1,13) = 8.20$	66.79	< 0.02	$F(1,13) = 0.80$	101.29	= 0.39	$F(1,13) = 0.54$	72.38	= 0.48
C5	Post Señal	$F(1,13) = 7.55$	66.35	< 0.02	$F(1,13) = 0.76$	103.56	= 0.40	$F(1,13) = 0.51$	74.62	= 0.49
C6	Post Señal	$F(1,13) = 6.88$	66.29	< 0.03	$F(1,13) = 0.74$	104.56	= 0.40	$F(1,13) = 0.48$	76.73	= 0.50
C7	Post Señal	$F(1,13) = 6.19$	66.31	< 0.03	$F(1,13) = 0.73$	105.86	= 0.41	$F(1,13) = 0.45$	77.92	= 0.51
C8	Post Señal	$F(1,13) = 5.49$	65.98	< 0.04	$F(1,13) = 0.74$	105.23	= 0.40	$F(1,13) = 0.40$	78.97	= 0.54
C9	Post Señal	$F(1,13) = 4.89$	65.28	< 0.05	$F(1,13) = 0.74$	104.06	= 0.40	$F(1,13) = 0.35$	80.36	= 0.57
C10	Post Señal	$F(1,13) = 4.28$	65.26	= 0.06	$F(1,13) = 0.75$	102.70	= 0.40	$F(1,13) = 0.31$	82.07	= 0.59
C11	Post Señal	$F(1,13) = 3.74$	64.82	= 0.07	$F(1,13) = 0.75$	100.95	= 0.40	$F(1,13) = 0.27$	83.12	= 0.61
C12	Post Señal	$F(1,13) = 3.26$	64.38	= 0.09	$F(1,13) = 0.77$	99.47	= 0.40	$F(1,13) = 0.23$	84.57	= 0.64
C13	Post Señal	$F(1,13) = 2.84$	63.81	= 0.11	$F(1,13) = 0.82$	97.51	= 0.38	$F(1,13) = 0.18$	85.19	= 0.68
C14	Post Señal	$F(1,13) = 2.49$	63.09	= 0.14	$F(1,13) = 0.88$	95.93	= 0.37	$F(1,13) = 0.14$	84.93	= 0.71
C15	Post Señal	$F(1,13) = 2.19$	63.39	= 0.16	$F(1,13) = 0.97$	94.30	= 0.34	$F(1,13) = 0.13$	83.62	= 0.73
C16	Post Señal	$F(1,13) = 1.95$	63.17	= 0.19	$F(1,13) = 1.06$	91.78	= 0.32	$F(1,13) = 0.11$	80.94	= 0.75
C17	Post Señal	$F(1,13) = 1.78$	62.69	= 0.20	$F(1,13) = 1.16$	89.93	= 0.30	$F(1,13) = 0.09$	77.24	= 0.76

Tabla 1.2. Significación estadística, en su caso, tanto de los efectos principales de las variables *posición de la señal* y *aproximación de la señal* como de su interacción, en cada uno de los fotogramas pertenecientes al proceso de medición (desde la aparición de la señal) en el experimento 1. Datos en rojo: fotogramas con diferencias estadísticamente significativas entre sus condiciones.

Desde el fotograma C10 hasta el fotograma C17, desaparece toda significación estadística en los efectos principales de estas dos variables. Fotograma C10: *posición de la señal*, $F(1,13) = 4.28$, $MCE = 65.26$, $p = 0.06$, y *aproximación de la señal*, $F(1,13) = 0.75$, $MCE = 102.70$, $p = 0.40$, no-significativas. Fotograma C17: *posición de la señal*, $F(1,13) = 1.78$, $MCE = 62.69$, $p = 0.20$, y *aproximación de la señal*, $F(1,13) = 1.16$, $MCE = 89.93$, $p = 0.30$, igualmente no-significativas (ver tabla 1.2).

En cuanto al efecto de la interacción de estas dos variables, el patrón es similar, esta vez, desde el fotograma B1 hasta el fotograma C17, dándose diferencias estadísticamente no-significativas entre sus distintas condiciones. Fotograma B1: *posición de la señal X aproximación de la señal*, $F(1,13) = 0.57$, $MCE = 63.48$, $p = 0.46$, no-significativa. Fotograma C17: *posición de la señal X aproximación de la señal*, $F(1,13) = 0.09$, $MCE = 77.24$, $p = 0.76$, igualmente no-significativa (ver tabla 1.2).

Con respecto al análisis de la “opción tomada” (dado que el sujeto fue libre de elegir la vía por la que quería proseguir el camino), se contabilizó el número de veces que cada uno de los sujetos había escogido una opción determinada (vía de la izquierda o vía de la derecha) en cada una de las condiciones experimentales. Esta cuenta fue ponderada al número total de elecciones posibles, es decir, se relativizó el número de su cuenta con el número total de ensayos (ver gráfica 1.2).



Gráfica 1.2. Ponderación de la cuenta de la toma de vía en cada una de las condiciones experimentales (“left-close”, “left-far”, “right-close” y “right-far”, condiciones *izquierda-cerca*, *izquierda-lejos*, *derecha-cerca* y *derecha-lejos*) en cada una de las posibles elecciones (“izquierda”, *toma de la vía de la izquierda*, y “derecha”, *toma de la vía de la derecha*) en el experimento 1.

Estos datos fueron sometidos a un ANOVA de medidas repetidas 2x2x2, tomándose la opción elegida como una VI (*vía tomada*, con los niveles *toma de la vía de la izquierda* y *toma de la vía de la derecha*) para comprobar sus posibles interacciones con los distintos niveles de las variables *posición de la señal* y *aproximación de la señal*.

Los resultados muestran que no hay diferencias significativas en las comparaciones principales de *posición de la señal*, $MCE = 0.00$, *aproximación de la señal*, $MCE = 0.00$, y *vía tomada*, $F(1,13) = 1.85$, $MCE = 204.78$, $p = 0.20$.

Atendiendo a las interacciones primarias, no se desvelan, igualmente, efectos significativos en las interacciones *posición de la señal X aproximación de la señal*, $MCE = 0.00$, *posición de la señal X vía tomada*, $F(1,13) = 0.45$, $MCE = 130.31$, $p = 0.51$, y *aproximación de la señal X vía tomada*, $F(1,13) = 0.50$, $MCE = 34.37$, $p = 0.49$.

Por último, se desvelan diferencias significativas en la interacción secundaria *posición de la señal X aproximación de la señal X vía tomada*, $F(1,13) = 6.75$, $MCE = 11.62$, $p < 0.03$.

Conclusiones (I)

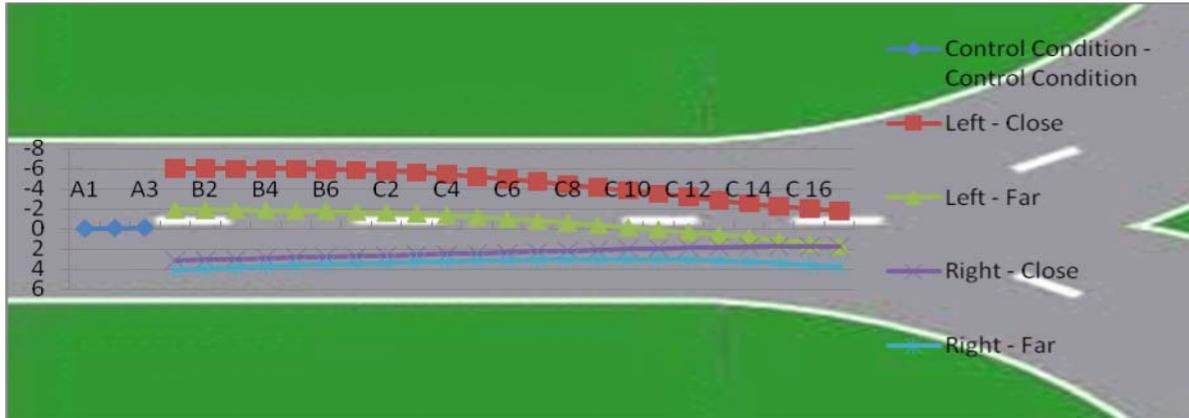
Como apuntábamos en la introducción de este artículo, el cambio del contexto de presentación del distractor, desde posiciones de aparición aleatorias a posiciones fijas, proporciona la reestructuración del significado de “obstáculo” o “peligro” a otro tipo de significado. Dicho de otro modo, se ha podido constatar, en las nuevas condiciones de este experimento, un cambio en el efecto sobre la trayectoria del movimiento atractivo hacia la posición de aparición de la *señal exógena* (variable *posición de la señal*). Cuando la señal exógena se presenta en el lado izquierdo de la carretera (independientemente de ser en una posición cercana o lejana, variable *aproximación de la señal*), las medias de las desviaciones al centro de la carretera se sitúan a la izquierda (es decir, toman valores más negativos). Por el contrario, cuando la *señal exógena* se presenta en el lado derecho de la carretera (ya sea igualmente en posiciones lejanas o cercanas), las medias de desviaciones al centro de la carretera se sitúan, en esta ocasión, en la derecha (es decir, toman valores más positivos). En resumen, las medias de

desviaciones al centro de la carretera aumentan hacia el mismo lado en donde la señal es presentada o, dicho de otro modo, la señal atrae la trayectoria del movimiento hacia sí misma (ver gráfica 1.1).

Se postula que este nuevo significado que el sujeto reconoce en la *señal exógena* tiene una base de condicionamiento social del color rojo, ya que las señales de prohibición, que podemos encontrar en todas las sociedades del mundo, suelen contener dicho color y señalizan lo que está prohibido (por tanto, el sujeto se acerca hacia la posición de la señal para descifrar con eficiencia el significado real, aunque en este contexto no tenga ningún significado explícito).

Este efecto es ya significativo desde el primer fotograma (fotograma B1) en el que aparece la *señal exógena* hasta 9 fotogramas después de su desaparición (fotograma C9). Sabiendo que cada fotograma duraba 60 ms y que el número total de fotogramas en los que el efecto es estadísticamente significativo es de 15 (los 6 fotogramas *Bs* y 9 fotogramas *Cs*, ver tabla 1.2 como referencia), se puede afirmar que en este experimento 1 la duración total del efecto es de 900 ms (15 fotogramas significativos x 60 ms de duración cada uno).

Como se puede apreciar en el patrón de resultados (ver dibujo 1.1), el efecto de la *aproximación de la señal* no es estadísticamente significativo pero se sospecha que (dado que es patente el efecto diferencial que produce entre las condiciones *izquierda-lejos* e *izquierda-cerca*, principalmente) podría tener un efecto en otro contexto de experimentación en el que, quizá, el significado de la señal fuera más claro.



Dibujo 1.1. Representación aproximada del comportamiento del sujeto en el tramo en donde aparecía la señal, en cada una de sus condiciones, antes de la bifurcación, en el experimento 1. “Control condition-control condition”: condición *control del movimiento general*; “left-close”: condición *izquierda-cerca*; “left-far”: condición *izquierda-lejos*; “right-close”: condición *derecha-cerca*; Y “right-far”: condición *derecha-lejos*.

Con respecto a la posterior elección que realiza el sujeto, la tendencia mostrada por los sujetos es significativa, no sólo estadísticamente hablando. Se contempla una interacción secundaria de las tres variables (las dos utilizadas para analizar las desviaciones y la propia a la toma de decisión que realiza el sujeto), en este sentido, los datos muestran una clara tendencia a que, cuando se toma la opción de vía izquierda, se hace con mayor probabilidad desde la condición *izquierda-lejos* hasta la condición *derecha-lejos*. De manera simétricamente opuesta, ocurre lo mismo cuando se toma la opción de vía derecha, en esta ocasión, la mayor probabilidad se encuentra en la condición *derecha-lejos* y la menor en la condición *izquierda-lejos*; siendo la decisión del sujeto, de este modo, coherente con la localización de aparición de la señal y con la aproximación de la misma (ver gráfica 1.2).

EXPERIMENTO 2

Dados los resultados del experimento 1, en el que se comprobó que el cambio de contexto de la *señal exógena punto rojo* producía un efecto diferencial sobre el movimiento (en este caso atractivo, comparado con estudios primigenios con la misma señal en un contexto distinto) y que dicho efecto se debe al cambio del significado que se le da a la señal. Teniendo en cuenta, igualmente, que las explicaciones son especulativas en torno al significado social que se le puede dar al color rojo de la *señal endógena* y que la *aproximación de la señal* se postula que puede modular el efecto; En este segundo experimento, se introdujo una señal con un significado meridianamente

claro, esto es, una *señal de gasolinera* (que hasta los no-conductores reconocen), y se mantuvo la posibilidad de que la aproximación de la localización de la misma tuviera, en estas circunstancias, efecto.

Otras causas de la introducción de la mencionada nueva señal fue, por un lado, acercarse progresivamente a las condiciones reales de conducción, y, por otro, al estudio de las *señales endógenas*, concretamente a las *señales endógenas* con significado direccional, es decir, las señales de obligación y prohibición de direcciones (dado que estudios anteriores habían demostrado igualmente la influencia de *señales endógenas* en la trayectoria del movimiento, Lee, 1999).

Igualmente se cambió de periférico de control, pasando de un *joystick* a un *volante de conducción*, con el fin de acercarnos en mayor medida a las condiciones de conducción reales.

Método (II)

Participantes

Los participantes en este experimento segundo fueron 13 alumnos, con vista normal o corregida, pertenecientes a la Licenciatura en Psicología de la Facultad de Psicología de Granada, con edades comprendidas entre los 18 y 23 años. Los sujetos tomaron parte en el estudio a cambio de la misma retribución que en el experimento 1.

Estímulos

En una pantalla de ordenador se presentaron las imágenes con las mismas características que en experimentos anteriores, tanto *no-experimentales* como *experimentales*, y el sujeto controlaba el mismo *círculo verde* (ver imágenes 1.1, 1.2 y 1.3 como referencia).

Para este experimento, en las *imágenes experimentales*, en esta ocasión, se superpuso una *señal endógena* (VI); en concreto, una señal informativa (*señal de gasolinera*) perteneciente al Código de Circulación del territorio español (ver imagen 2.1).



Imagen 2.1. Señal endógena presentada (señal de gasolinera).

Instrumentos y Tarea

El mismo ordenador y adaptador de pantalla, utilizados en el experimento anterior, se mantuvieron para la presentación y el registro de las respuestas en este experimento. El sujeto controlaba el estímulo *círculo verde*, en esta ocasión, con un *volante de conducción* Momo Logitech, conectado por puerto USB al ordenador. Los movimientos del *volante de conducción* modificaban la posición del centro del *círculo verde* en el eje de abscisas (X), de la misma manera que en métodos anteriores, y su posición en el eje de ordenadas (Y) permanecía igualmente siempre fijo en una posición determinada (ver imagen 2.2 como ejemplo).

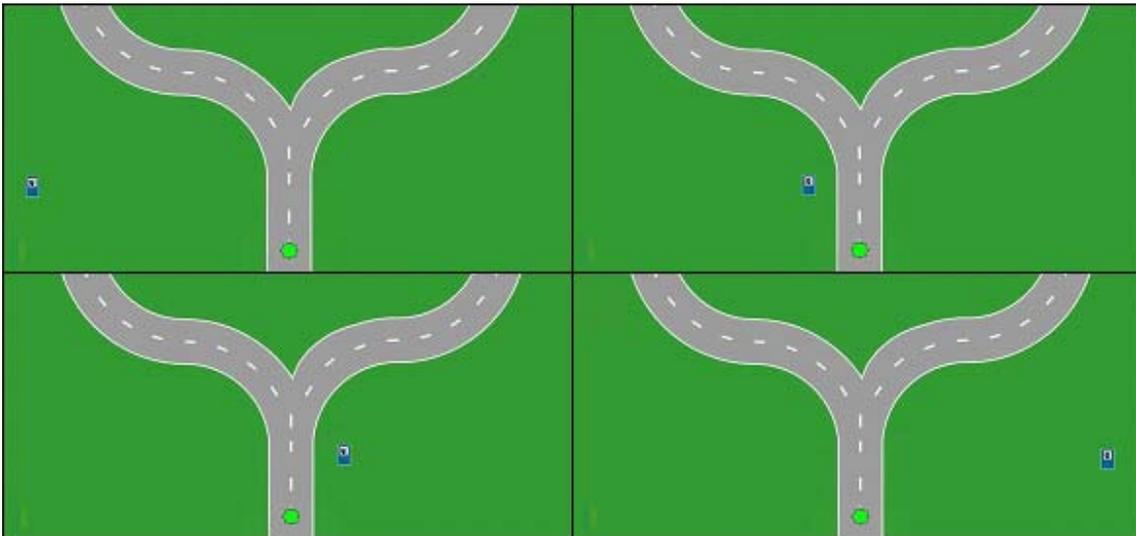


Imagen 2.2. Ejemplo de cada una de las condiciones experimentales. De izquierda a derecha y de arriba a abajo: Condición *izquierda-lejos*; Condición *izquierda-cerca*; Condición *derecha-cerca*; Y condición *derecha-lejos*.

La tarea de seguimiento (tarea de *tracking*) también se mantuvo en este experimento, con la misma secuencia de presentación de *imagen no-experimental* – *imagen experimental*, durante los igualmente 20 minutos aproximados. En esta ocasión, en las *imágenes experimentales*, en el mismo nivel anterior a la bifurcación de la carretera, aparecía la *señal de gasolinera* a la izquierda o a la a la derecha de la carretera (variable *posición de la señal*) en una localización cercana o lejana (variable *aproximación de la señal*) durante los mismos 30 píxeles (6 fotogramas registrados, cada uno con una

duración de 60 ms aproximadamente). Quedando, de este modo, otras 4 condiciones experimentales (ver imagen 2.2): Aparición de la señal a la izquierda de la carretera y en una posición lejana del centro de la misma (condición *izquierda-lejos*); Aparición de la señal a la izquierda de la carretera y en una posición cercana al centro de la carretera (condición *izquierda-cerca*); Aparición de la señal a la derecha de la carretera y en una posición cercana del centro de la misma (condición *derecha-cerca*); Y aparición de la señal a la derecha de la carretera y en una posición lejana del centro de la misma (condición *derecha-lejos*). Intrabloque, la aparición de las señales a izquierda cerca-lejos y derecha cerca-lejos de la carretera estuvieron igualmente aleatorizadas sin reposición. Interbloque, la secuencia de aparición, de nuevo, estuvo nuevamente aleatorizada y contrabalanceada por bloque. Estos bloques de 4 ensayos cada uno (correspondientes a cada una de las condiciones experimentales) fueron repetidos las mismas 8 veces.

Procedimiento

Una vez colocados los participantes del mismo modo que anteriormente y, después del registro y la codificación de los mismos, se presentaba instrucciones similares a las del experimento 1, con la única particularidad de que se notificaba al sujeto que, en este caso, en vez de la posible presencia en determinadas ocasiones de destellos, podía presentarse una *señal de gasolinera*.

Durante el seguimiento de la carretera por parte del sujeto, dependiente de la secuencia planificada de presentación particular de este experimento, la *señal endógena señal de gasolinera* aparecía (tomando, al igual que en el procedimiento anterior, como punto de referencia la esquina superior izquierda de la imagen y considerando la medición en píxeles) en coordenadas tanto a la izquierda de la carretera, lejos (35, 1060) y cerca (330, 1060), como a su derecha, cerca (450,1060) y lejos (745, 1060). Teniendo en cuenta que las dimensiones de las *imágenes experimentales* fueron los mismos 800x1200 píxeles, la anchura de la carretera siguió siendo de 60 píxeles, el centro de la carretera en el nivel en el que aparecía la señal antes de la bifurcación permaneció situado en la abscisa 400 de la imagen y las dimensiones del rectángulo de la *señal*

gasolinera, en esta ocasión, eran de 20x28 píxeles, la presentación fue nuevamente simétrica (ver imagen 2.3).

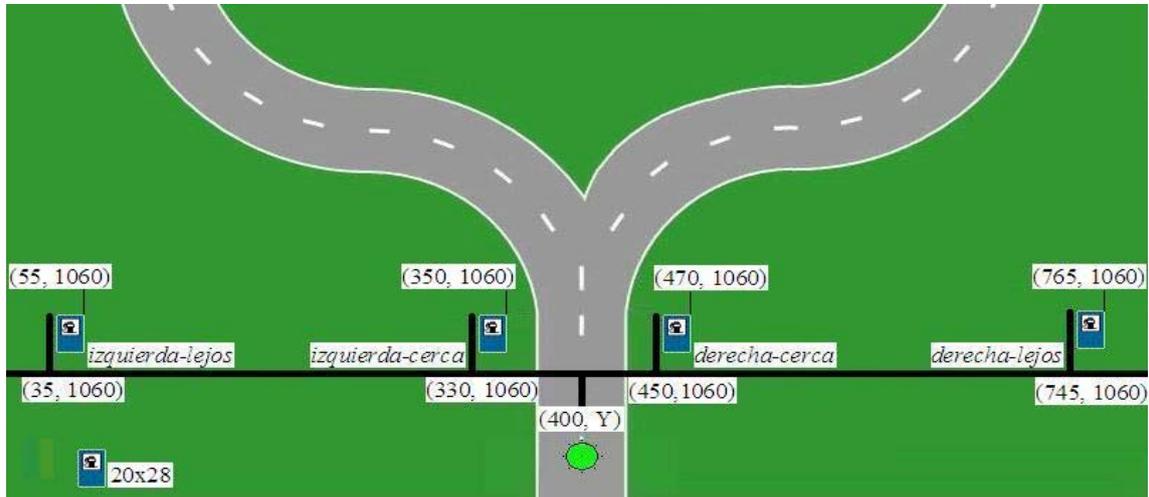


Imagen 2.3. Posición de presentación de la señal endógena en cada una de las condiciones experimentales.

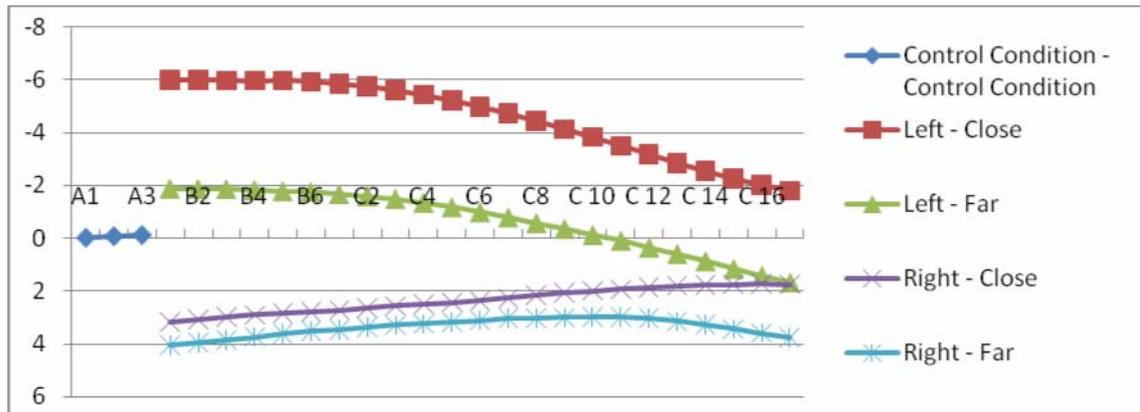
Como se especificó anteriormente, el sujeto era libre de tomar la vía, de las dos posibles, que quisiera. Una vez finalizada la presentación, el programa se detenía y al participante se le daba su participación experimental, preguntándole de nuevo si hubo notado algo en su realización de la tarea.

Análisis de datos

Los campos registrados, la utilización de las tonalidades de grises para separar las fases de la medición, las condiciones experimentales, el error utilizado y el análisis de la toma de decisiones quedaron remanentes, del experimento anterior, en este experimento segundo. Igualmente se realizó el mismo análisis estadístico sobre la misma VD (error).

Resultados (II)

Los fotogramas de este segundo experimento fueron analizados utilizando la misma codificación que en experimentos anteriores. Fue realizado igualmente un análisis de varianza (ANOVA 2x2 de medidas repetidas) en cada una de las fases de medición (ver gráfica 2.1 para una visual general de la evolución del efecto).



Gráfica 2.1. Desviaciones promedio en píxeles (VD, eje Y) en cada una de las condiciones experimentales (“control condition-control condition”, “left-close”, left-far”, right-close” y “right-far”, condiciones *control del movimiento general*, izquierda-cerca, izquierda-lejos, derecha-cerca y derecha-lejos, respectivamente, eje X), a lo largo del proceso de medición (fotogramas As, Bs y Cs, eje X) en el experimento 2.

Con respecto a los efectos principales, se puede contemplar el mismo patrón de resultados desde el fotograma B1 (inicio de la presentación de la señal) hasta el fotograma C3. Fotograma B1: variable *posición de la señal*, $F(1,16) = 11.90$, $MCE = 23.06$, $p < 0.01$, con diferencias estadísticamente significativas entre sus condiciones y variable *aproximación de la señal*, $F(1,16) = 0.01$, $MCE = 41.74$, $p = 0.99$, no-significativa. Fotograma C3: variable *posición de la señal*, $F(1,16) = 5.30$, $MCE = 21.72$, $p < 0.04$, con diferencias estadísticamente significativas entre sus condiciones y variable *aproximación de la señal*, $F(1,16) = 0.38$, $MCE = 39.33$, $p = 0.55$, no-significativa (ver tabla 2.1).

Desde el fotograma C4 hasta el fotograma C17, desaparece toda significación estadística en los efectos principales. Fotograma C4: variables *posición de la señal*, $F(1,16) = 4.24$, $MCE = 21.14$, $p = 0.06$, y *aproximación de la señal*, $F(1,16) = 0.47$, $MCE = 36.62$, $p = 0.51$, no-significativas. Fotograma C17: variables *posición de la señal*, $F(1,16) = 0.04$, $MCE = 22.22$, $p = 0.85$, y *aproximación de la señal*, $F(1,16) = 0.81$, $MCE = 12.99$, $p = .038$, igualmente no-significativas (ver tabla 2.1).

Con respecto a la interacción de las dos variables, desde el fotograma B1 hasta el C1, no hay ningún tipo de significación entre las diferencias de las condiciones de la interacción. Fotograma B1: interacción *posición de la señal X aproximación de la señal*,

$F(1,16) = 2.04$, $MCE = 20.42$, $p = 0.18$, no-significativa. Fotograma C1: interacción *posición de la señal X aproximación de la señal*, $F(1,16) = 4.37$, $MCE = 9.39$, $p = 0.06$, igualmente no-significativa (ver tabla 2.1).

EXPERIMENTO SEGUNDO										
Codificación		Efecto Posición de la Señal			Efecto Aproximación de la Señal			Efecto Interacción		
Fotograma	Curso de la presentación	F	MCE	P	F	MCE	p	F	MCE	P
B1	Aparición Señal	$F(1,12) = 11.90$	23.06	< 0.01	$F(1,12) = 0.01$	41.74	= 0.99	$F(1,12) = 2.04$	20.42	= 0.18
B2	Aparición Señal	$F(1,12) = 11.83$	22.53	< 0.01	$F(1,12) = 0.01$	41.66	= 0.93	$F(1,12) = 2.40$	17.72	= 0.15
B3	Aparición Señal	$F(1,12) = 11.12$	22.70	< 0.01	$F(1,12) = 0.03$	41.48	= 0.87	$F(1,12) = 2.75$	15.17	= 0.12
B4	Aparición Señal	$F(1,12) = 10.32$	22.79	< 0.01	$F(1,12) = 0.06$	41.69	= 0.82	$F(1,12) = 3.23$	13.11	= 0.10
B5	Aparición Señal	$F(1,12) = 9.40$	22.75	< 0.01	$F(1,12) = 0.09$	41.77	= 0.77	$F(1,12) = 3.60$	11.76	= 0.08
B6	Aparición Señal	$F(1,12) = 8.62$	22.23	< 0.02	$F(1,12) = 0.15$	41.98	= 0.70	$F(1,12) = 3.96$	10.56	= 0.07
C1	Post Señal	$F(1,12) = 7.59$	22.06	< 0.02	$F(1,12) = 0.22$	41.98	= 0.65	$F(1,12) = 4.37$	9.39	= 0.06
C2	Post Señal	$F(1,12) = 6.48$	21.88	< 0.03	$F(1,12) = 0.28$	41.12	= 0.60	$F(1,12) = 4.95$	8.11	< 0.05
C3	Post Señal	$F(1,12) = 5.30$	21.72	< 0.04	$F(1,12) = 0.38$	39.33	= 0.55	$F(1,12) = 5.31$	7.09	< 0.04
C4	Post Señal	$F(1,12) = 4.24$	21.14	= 0.06	$F(1,12) = 0.47$	36.62	= 0.51	$F(1,12) = 5.51$	6.33	< 0.04
C5	Post Señal	$F(1,12) = 3.30$	20.83	= 0.09	$F(1,12) = 0.59$	34.05	= 0.46	$F(1,12) = 5.49$	6.07	< 0.04
C6	Post Señal	$F(1,12) = 2.54$	20.33	= 0.14	$F(1,12) = 0.73$	31.13	= 0.41	$F(1,12) = 5.25$	6.05	< 0.05
C7	Post Señal	$F(1,12) = 1.94$	19.68	= 0.19	$F(1,12) = 0.87$	28.26	= 0.37	$F(1,12) = 4.58$	6.46	= 0.05
C8	Post Señal	$F(1,12) = 1.44$	19.11	= 0.25	$F(1,12) = 0.98$	25.60	= 0.34	$F(1,12) = 4.04$	6.96	= 0.07
C9	Post Señal	$F(1,12) = 1.06$	18.49	= 0.32	$F(1,12) = 1.09$	23.25	= 0.32	$F(1,12) = 3.52$	7.68	= 0.08
C10	Post Señal	$F(1,12) = 0.75$	17.72	= 0.40	$F(1,12) = 1.23$	21.05	= 0.29	$F(1,12) = 3.04$	8.70	= 0.11
C11	Post Señal	$F(1,12) = 0.53$	17.17	= 0.48	$F(1,12) = 1.37$	19.03	= 0.26	$F(1,12) = 2.57$	9.65	= 0.13
C12	Post Señal	$F(1,12) = 0.36$	16.69	= 0.56	$F(1,12) = 1.51$	17.17	= 0.24	$F(1,12) = 2.07$	10.78	= 0.17
C13	Post Señal	$F(1,12) = 0.25$	16.72	= 0.63	$F(1,12) = 1.56$	15.90	= 0.23	$F(1,12) = 1.70$	11.95	= 0.22
C14	Post Señal	$F(1,12) = 0.15$	17.30	= 0.70	$F(1,12) = 1.49$	14.69	= 0.24	$F(1,12) = 1.43$	13.27	= 0.25
C15	Post Señal	$F(1,12) = 0.09$	18.21	= 0.76	$F(1,12) = 1.30$	13.77	= 0.27	$F(1,12) = 1.18$	14.83	= 0.30
C16	Post Señal	$F(1,12) = 0.06$	19.52	= 0.81	$F(1,12) = 1.06$	13.05	= 0.33	$F(1,12) = 0.99$	16.82	= 0.34
C17	Post Señal	$F(1,12) = 0.04$	22.22	= 0.85	$F(1,12) = 0.81$	12.99	= 0.38	$F(1,12) = 0.94$	18.83	= 0.35

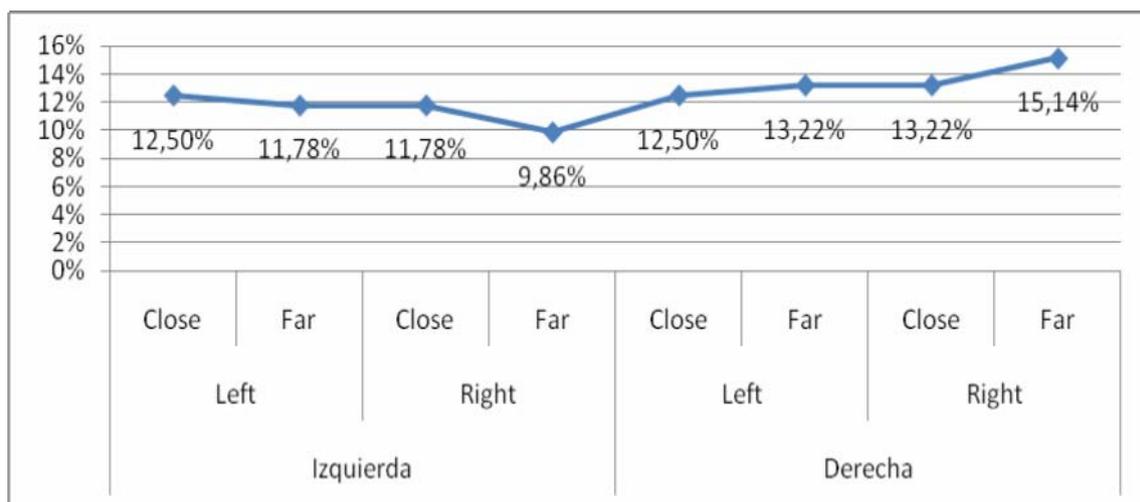
Tabla 2.1. Significación estadística, en su caso, tanto de los efectos principales de las variables *posición de la señal* y *aproximación de la señal* como de su interacción, en cada uno de los fotogramas pertenecientes al proceso de medición (desde la aparición de la señal) en el experimento 2. Datos en rojo: fotogramas con diferencias estadísticamente significativas entre sus condiciones.

Desde el fotograma C2 al C6 (solapándose con la significación de la variable *posición de la señal* en los fotogramas C2 y C3) se encuentran diferencias estadísticamente significativas entre las distintas condiciones de la interacción. Fotograma C2: interacción *posición de la señal X aproximación de la señal*, $F(1,16) = 4.95$, $MCE = 8.11$, $p < 0.05$, significativa. Fotograma C6: interacción *posición de la señal X*

aproximación de la señal, $F(1,16) = 5.25$, $MCE = 6.05$, $p < 0.05$, igualmente significativa (ver tabla 2.1).

Desde el fotograma C7 hasta el fotograma C17 desaparece toda significación estadística de la interferencia. Fotograma C7: interacción *posición de la señal X aproximación de la señal*, $F(1,16) = 4.58$, $MCE = 6.46$, $p = 0.05$, no-significativa. Fotograma C17: interacción *posición de la señal X aproximación de la señal*, $F(1,16) = 0.94$, $MCE = 18.83$, $p = 0.35$, igualmente no-significativa (ver tabla 2.1).

Con respecto al análisis de la “opción tomada”, se realizaron las mismas operaciones, que en el experimento 1, en este experimento 2, sometiendo, igualmente, los datos a un ANOVA 2x2x2 de medidas repetidas (ver gráfica 2.2).



Gráfica 2.2. Ponderación de la cuenta de la toma de vía en cada una de las condiciones experimentales (“left-close”, “left-far”, “right-close” y “right-far”, condiciones *izquierda-cerca*, *izquierda-lejos*, *derecha-cerca* y *derecha lejos*) en cada una de las posibles elecciones (“izquierda”, *toma de la vía de la izquierda*, y “derecha”, *toma de la vía de la derecha*) en el experimento 2.

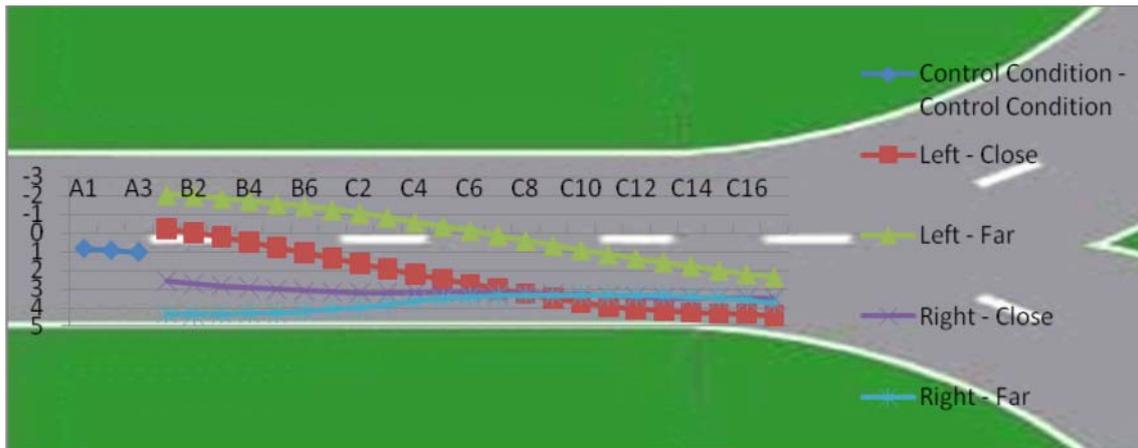
Los resultados muestran ninguna significación estadística tanto en las comparaciones principales *posición de la señal*, $MCE = 0.00$, *aproximación de la señal*, $MCE = 0.00$, y *vía tomada*, $F(1,12) = 0.43$, $MCE = 250.96$, $p = 0.52$, como en las interacciones primarias *posición de la señal X aproximación de la señal*, $MCE = 0.00$, *posición de la señal X vía tomada*, $F(1,12) = 0.11$, $MCE = 430.38$, $p = 0.75$, y *aproximación de la señal X vía tomada*, $F(1,12) = 0.79$, $MCE = 57.65$, $p = 0.39$, y secundarias *posición de*

la señal X aproximación de la señal X vía tomada, $F(1,12) = 0.92$, $MCE = 10.20$, $p = 0.36$.

Conclusiones (II)

Como muestra la gráfica 2.1, hay una distribución de los datos atractiva hacia la posición de aparición de la señal (ver gráfica 2.1). Este efecto de *posición de la señal* es significativo desde el fotograma B1 (primer fotograma en el que la señal aparecía) hasta el fotograma C3 (9 fotogramas en total, ver tabla 2.1). Realizando operaciones similares pertenecientes a experimentos anteriores, se puede constatar la duración de este efecto, multiplicando el número total de fotogramas en los que el efecto es estadísticamente significativo por la duración de cada fotograma (9 fotogramas x 60 ms = 540 ms).

Este efecto de la posición de la señal se ve modulado por la variable *aproximación de la señal* en esta ocasión (ya que, en ciertas fases de la medición, se desvela como significativa la interacción entre ambas, ver tabla 2.1). Lo que significa que durante 350 ms (5 fotogramas en los que la interacción es significativa por 60 ms de duración de cada fotograma) el efecto no sólo dependía de si la señal había sido presentada en el lado izquierdo o derecho (*posición de la señal*), sino también de si ésta había sido presentada en una posición cercana o lejana (*aproximación de la señal*). En cuanto al tamaño del efecto (conceptuado como cantidad de desviación en píxeles al centro de la carretera), el patrón de resultados se distribuye siguiendo una jerarquía *posición de la señal - aproximación de la señal*, es decir, cuando la señal endógena fue presentada a la izquierda de la carretera, los sujetos se desviaron hacia la izquierda pero, dicha desviación hacia ese lado, fue mayor cuando la señal se presentaba en una posición lejana que cuando lo hacía en una posición cercana. De igual modo, siguiendo un patrón simétricamente opuesto, cuando la señal era presentada a la derecha de la carretera, los sujetos se desviaban hacia la derecha y lo hacían más hacia este lado cuando la señal se presentaba en una posición lejana que en una posición cercana (ver dibujo 2.1).



Dibujo 2.1. Representación aproximada del comportamiento del sujeto en el tramo en donde aparecía la señal, en cada una de sus condiciones, antes de la bifurcación, en el experimento 2. “Control condition-control condition”: condición *control del movimiento general*; “left-close”: condición *izquierda-cerca*; “left-far”: condición *izquierda-lejos*; “right-close”: condición *derecha-cerca*; Y “right-far”: condición *derecha-lejos*.

Por todo ello, puede afirmarse que, cuando la señal contiene un significado per se (o meridianamente claro), hay un efecto atractivo hacia la *posición de la señal* en la que ésta aparece pero, en esta ocasión, proporcional a la *aproximación de la señal*, al centro de la carretera, con la que ésta lo hace. Esto está debido a que el significado claro ha de ser descifrado por el sujeto (información de que existe una gasolinera cercana, aunque en nuestra tarea no apareciese) y cuanto más distancia hay entre el centro de la carretera y la posición de aparición de la señal, más desviación provoca hacia la localización de la misma, en aras de poder descifrar dicho significado correctamente.

Este efecto tiene su correlato en la vida real, es patente que, cuando alguien nos dice algo que creemos relevante y no llegamos a descifrar su significado con eficacia, nuestra tendencia natural es de acercarnos o inclinarnos hacia la fuente de emisión de la información para completar de descifrar el significado que intuimos que tiene el mensaje. Es por ello que nos ha placido en denominar a este efecto posicionalmente atractivo hacia la fuente de información, cuando se sospecha que dicha fuente contiene información relevante, como el efecto “perdone, ¿cómo dice?”.

Con respecto a la opción de vía tomada, en esta ocasión, no aparece un efecto significativo, no estando determinada la toma de la vía por la aparición de la señal en ninguna condición experimental.

EXPERIMENTO 3

Se ha podido comprobar, analizando los resultados del experimento 1 y 2 y experimentos anteriores (relatados en el capítulo II), que el significado, ya sea el que le proporciona el sujeto a la señal o el que la señal contiene per se, es el causante de los efectos diferencias de atracción y repulsión sobre la trayectoria del movimiento, siendo modulados éstos por la *aproximación de la señal* cuando el significado de la misma es potente (es intrínseco a ella) y claro (no proporciona ambigüedad). La pregunta que nos hacemos en estas alturas de la investigación es: ¿cuál es el efecto sobre el movimiento cuando el significado de la señal se podría denominar como “neutro”?

Para dilucidar esta cuestión, se diseñó un tercer experimento en el que se cambió el color de la *señal exógena* utilizada en el primer experimento de esta serie, que pasó a ser *punto blanco* (ya que el color propuesto se postula que, a priori, representa dicho significado “neutro” para el sujeto), conservando la posibilidad de que, en estas nuevas condiciones, la variable *aproximación de la señal* pudiera seguir teniendo efecto, manipulando con ello, de nuevo, la distancia en la que, esta vez, el *punto blanco* aparecía.

Método (III)

Participantes

Los participantes en este segundo experimento fueron 17 alumnos, con vista normal o corregida, pertenecientes a la Licenciatura en Psicología de la Facultad de Psicología de la Universidad de Granada, con edades comprendidas entre los 18 y 25 años. Los sujetos tomaron parte en el estudio a cambio de la misma retribución utilizada en el experimento primero y segundo.

Estímulos

En una pantalla de ordenador se presentaron las imágenes con fondo verde y una carretera gris con la misma configuración y características que las anteriormente utilizadas. Igualmente, estas imágenes estaban diseñadas para servir como *imágenes no-experimentales* o *imágenes experimentales* y su distribución secuencial en la

presentación, de una y otra, hizo de la tarea nuevamente una tarea no-repetitiva (ver imágenes 1.1 y 1.2, como referencia). El sujeto controló el mismo *círculo verde* que en el experimento primero (ver imagen 1.3 como referencia). En las imágenes experimentales se superpuso una *señal exógena* (VI); en concreto, en esta ocasión, un destello en forma de *punto blanco* circunscrito en un cuadrado de 15x15 píxeles de dimensiones con el mismo fondo verde que en la *imagen experimental* (ver imagen 3.1).



Imagen 3.1. Señal exógena (*punto blanco*) presentada.

Instrumentos y Tarea

Se utilizó el ordenador HP Intel® Core™ 2 T5500, con las mismas características que en experimentos anteriores para la presentación y el registro de las respuestas. El sujeto controlaba el estímulo *círculo verde* con el mismo *volante de conducción* Momo Logitech (que en el experimento 2), conectado por puerto USB al ordenador. Los movimientos del periférico modificaban en este experimento, al igual que en anteriores, la posición del centro del *círculo verde* en el eje de abscisas (X) pero su posición en el eje de ordenadas (Y) permanecía siempre fijo en una posición determinada (ver imagen 3.2 como ejemplo).

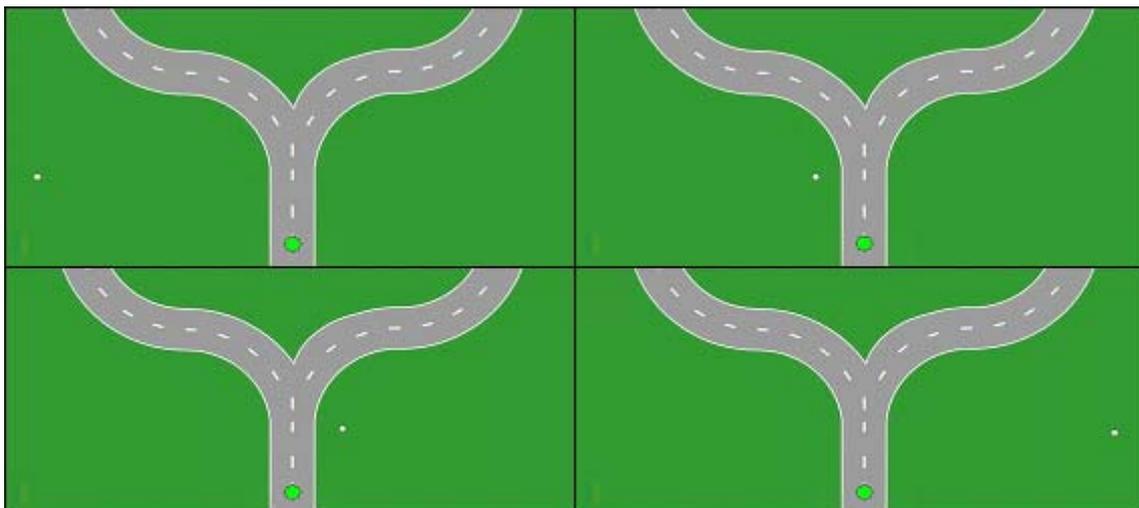


Imagen 3.2. Ejemplo de cada una de las condiciones experimentales. De izquierda a derecha y de arriba a abajo: Condición *izquierda-lejos*; Condición *izquierda-cerca*; Condición *derecha-cerca*; Y condición *derecha-lejos*.

La tarea propia consistió en el mismo seguimiento de la carretera con el *círculo verde* (tarea de *tracking*), durante los mismos 20 minutos aproximados. En las *imágenes experimentales*, al mismo nivel aproximado de 123 píxeles antes de la bifurcación de la carretera, aparecía de manera similar la *señal exógena punto blanco* a la izquierda o a la derecha de la carretera (variable *posición de la señal*) en una localización cercana o lejana (variable *aproximación de la señal*) y durante los mismos 30 píxeles (6 fotogramas registrados, cada uno con una duración de 60 ms aproximadamente). Quedando, de este modo, cuatro condiciones experimentales (ver imagen 3.2): Aparición de la señal a la izquierda de la carretera y en una posición lejana del centro de la misma (condición *izquierda-lejos*); Aparición de la señal a la izquierda de la carretera y en una posición cercana al centro de la carretera (condición *izquierda-cerca*); Aparición de la señal a la derecha de la carretera y en una posición cercana del centro de la misma (condición *derecha-cerca*); Y aparición de la señal a la derecha de la carretera y en una posición lejana del centro de la misma (condición *derecha-lejos*). Los bloques experimentales consistieron en 4 ensayos aleatorizados sin reposición de cada una de las condiciones experimentales. Interbloque, la secuencia de aparición estuvo igualmente aleatorizada y contrabalanceada por bloque, dando como resultado un número total de bloques de 8.

Procedimiento

Una vez colocados los participantes, en la misma posición que en los experimentos 1 y 2, y después de ser registrados y codificados, se les presentó unas instrucciones similares a las anteriormente utilizadas, avisando sobre la posibilidad de aparición de un destello durante el desarrollo de la tarea pero indicando la obligación, por parte del sujeto, de centralización en la realización de la misma.

Mientras el sujeto realizaba la tarea, con una nueva secuencia planificada de presentación, la *señal exógena punto blanco* aparecía (tomando como punto de referencia la esquina superior izquierda de la imagen y considerando la medición en píxeles) en coordenadas tanto a la izquierda de la carretera, lejos (35, 1060) y cerca (330, 1060), como a su derecha, cerca (455,1060) y lejos (750, 1060). Teniendo en cuenta que las dimensiones de las *imágenes experimentales* continuaron siendo de

800x1200 píxeles, la anchura de la carretera siguió teniendo 60 píxeles, el centro de la carretera (en el nivel en el que aparecía la señal antes de la bifurcación) continuó estando situado en la abscisa 400 de la imagen y que el cuadrado (en el que el *punto blanco* estaba circunscrito) permaneció teniendo 15x15 píxeles de dimensiones, la presentación fue igualmente simétrica a experimentos anteriores (ver imagen 3.3).

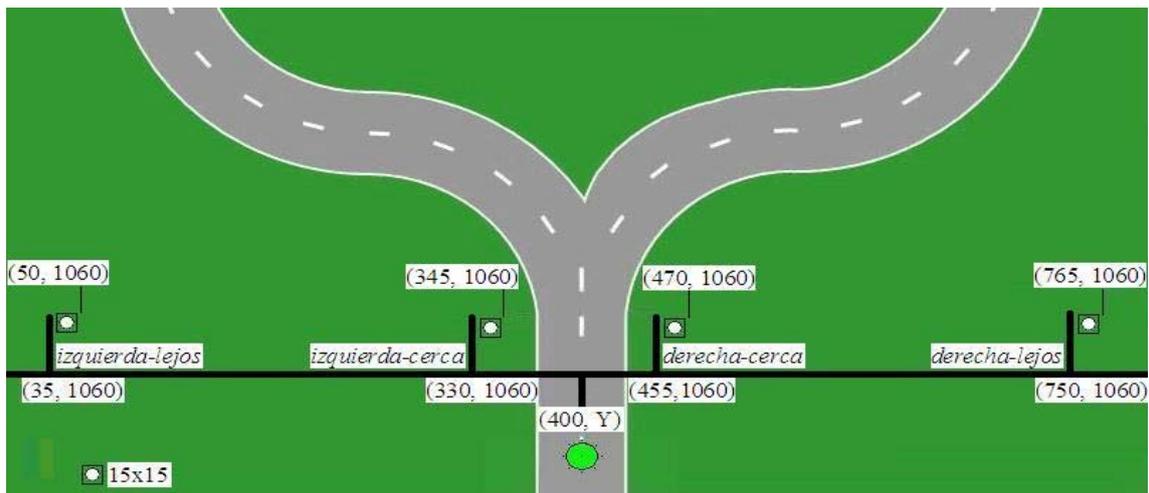


Imagen 3.3. Posición de presentación de la *señal exógena* en cada una de las condiciones experimentales.

Como ya había sido especificado en las instrucciones, el sujeto era libre de tomar la vía, de las dos posibles, que quisiera durante la tarea. Una vez finalizada la presentación, al participante se le daba su participación experimental, preguntándole sus sensaciones.

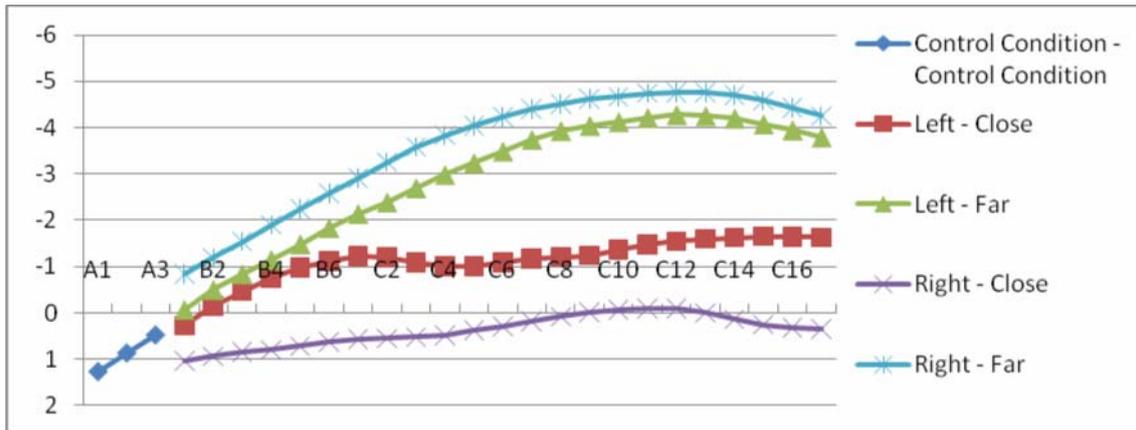
Análisis de datos

El número total de filas de datos obtenidos por sujeto, los campos registrados y recodificados, el proceso de codificación de la tonalidad de gris para delimitar las fases del proceso de medición circundantes a la introducción de las variables experimentales y el proceso de análisis de la “opción tomada” permanecieron remanentes en la realización de este experimento tercero con respecto al experimento primero y segundo; Realizándose el mismo análisis estadístico sobre la VD utilizada (error).

Resultados (III)

Se analizó cada uno de los fotogramas pertenecientes a la medición, según la codificación de los mismos especificada en apartados anteriores. A cada fotograma se le realizó un análisis de varianza (ANOVA 2x2 de medidas repetidas) para ver los posibles

efectos principales de las variables *posición de la señal* y *aproximación de la señal*, así como el posible efecto de su interacción. En la gráfica 2.1, al igual que en experimentos anteriores, se puede apreciar la evolución del efecto a lo largo del proceso de medición (ver gráfica 3.1).



Gráfica 3.1. Desviaciones promedio en píxeles (VD, eje Y) en cada una de las condiciones experimentales (“control condition-control condition”, “left-close”, “left-far”, “right-close” y “right-far”, condiciones *control del movimiento general*, *izquierda-cerca*, *izquierda-lejos*, *derecha-cerca* y *derecha-lejos*, respectivamente, eje X), a lo largo del proceso de medición (fotogramas As, Bs y Cs, eje X) en el experimento 3.

En cuanto a los efectos principales, desde el fotograma B1 al B6 (fotogramas en los que el distractor estaba presente), no hay diferencias estadísticamente significativas entre las condiciones de las variables independientes. Fotograma B1: *posición de la señal*, $F(1,16) = 0.01$, $MCE = 4.23$, $p = 0.99$, y *aproximación de la señal*, $F(1,16) = 1.23$, $MCE = 17.11$, $p = 0.28$, con diferencias entre sus condiciones no-significativas. Fotograma B6: *posición de la señal*, $F(1,16) = 0.57$, $MCE = 7.47$, $p = 0.46$, y *aproximación de la señal*, $F(1,16) = 4.21$, $MCE = 15.63$, $p = 0.06$, con diferencias no-significativas (ver tabla 3.1).

Es a partir del fotograma C1 cuando comienza a desvelarse diferencias estadísticamente significativas entre las condiciones de alguna de las variables independientes. Esta significación estadística perdura hasta el final de la medición (fotograma C17). El patrón de esta significación se repite a lo largo de estos fotogramas, las diferencias entre las condiciones de la variable *aproximación de la señal* son significativas mientras que las propias a la variable *posición de la señal* permanecen con insignificancia estadística.

Fotograma C1: variable *posición de la señal*, $F(1,16) = 0.49$, $MCE = 9.03$, $p = 0.49$, no-significativa y variable *aproximación de la señal*, $F(1,16) = 5.19$, $MCE = 15.87$, $p < 0.04$, significativa. Fotograma C17: variable *posición de la señal*, $F(1,16) = 0.31$, $MCE = 32.32$, $p = 0.59$, no-significativa y variable *aproximación de la señal*, $F(1,16) = 12.22$, $MCE = 15.92$, $p < 0.01$, significativa (ver tabla 3.1).

EXPERIMENTO SEGUNDO										
Codificación		Efecto Posición de la Señal			Efecto Aproximación de la Señal			Efecto Interacción		
Fotograma	Curso de la presentación	F	MCE	P	F	MCE	p	F	MCE	P
B1	Aparición Señal	$F(1,16) = 0.01$	4.23	= 0.99	$F(1,16) = 1.23$	17.11	= 0.28	$F(1,16) = 0.52$	19.08	= 0.48
B2	Aparición Señal	$F(1,16) = 0.16$	3.96	= 0.69	$F(1,16) = 1.61$	16.27	= 0.22	$F(1,16) = 0.73$	18.27	= 0.22
B3	Aparición Señal	$F(1,16) = 0.36$	4.31	= 0.56	$F(1,16) = 2.08$	15.58	= 0.17	$F(1,16) = 0.98$	17.28	= 0.34
B4	Aparición Señal	$F(1,16) = 0.54$	5.09	= 0.47	$F(1,16) = 2.64$	15.34	= 0.12	$F(1,16) = 1.39$	16.38	= 0.26
B5	Aparición Señal	$F(1,16) = 0.59$	6.29	= 0.45	$F(1,16) = 3.32$	15.43	= 0.09	$F(1,16) = 1.61$	16.06	= 0.22
B6	Aparición Señal	$F(1,16) = 0.57$	7.47	= 0.46	$F(1,16) = 4.21$	15.63	= 0.06	$F(1,16) = 1.71$	15.53	= 0.21
C1	Post Señal	$F(1,16) = 0.49$	9.03	= 0.49	$F(1,16) = 5.19$	15.87	< 0.04	$F(1,16) = 1.83$	14.86	= 0.19
C2	Post Señal	$F(1,16) = 0.31$	10.86	= 0.58	$F(1,16) = 6.53$	16.27	< 0.03	$F(1,16) = 1.99$	14.57	= 0.18
C3	Post Señal	$F(1,16) = 0.17$	12.81	= 0.68	$F(1,16) = 8.42$	16.52	< 0.02	$F(1,16) = 1.89$	14.16	= 0.19
C4	Post Señal	$F(1,16) = 0.12$	14.58	= 0.73	$F(1,16) = 10.19$	23.03	< 0.01	$F(1,16) = 1.66$	13.86	= 0.22
C5	Post Señal	$F(1,16) = 0.09$	16.37	= 0.77	$F(1,16) = 11.22$	23.58	< 0.01	$F(1,16) = 1.51$	13.56	= 0.24
C6	Post Señal	$F(1,16) = 0.09$	17.65	= 0.77	$F(1,16) = 12.19$	16.76	< 0.01	$F(1,16) = 1.44$	13.30	= 0.25
C7	Post Señal	$F(1,16) = 0.10$	19.25	= 0.75	$F(1,16) = 12.84$	16.97	< 0.01	$F(1,16) = 1.32$	13.01	= 0.27
C8	Post Señal	$F(1,16) = 0.10$	20.79	= 0.75	$F(1,16) = 13.48$	16.91	< 0.01	$F(1,16) = 1.17$	12.64	= 0.29
C9	Post Señal	$F(1,16) = 0.08$	22.56	= 0.78	$F(1,16) = 13.91$	16.83	< 0.01	$F(1,16) = 1.13$	12.25	= 0.30
C10	Post Señal	$F(1,16) = 0.10$	23.74	= 0.76	$F(1,16) = 13.58$	16.98	< 0.01	$F(1,16) = 1.21$	11.79	= 0.29
C11	Post Señal	$F(1,16) = 0.12$	24.83	= 0.73	$F(1,16) = 13.85$	16.71	< 0.01	$F(1,16) = 1.30$	11.91	= 0.27
C12	Post Señal	$F(1,16) = 0.16$	25.78	= 0.70	$F(1,16) = 14.57$	16.02	< 0.01	$F(1,16) = 1.35$	11.84	= 0.26
C13	Post Señal	$F(1,16) = 0.19$	26.61	= 0.67	$F(1,16) = 15.58$	15.00	< 0.01	$F(1,16) = 1.64$	11.38	= 0.22
C14	Post Señal	$F(1,16) = 0.25$	27.35	= 0.62	$F(1,16) = 16.20$	14.46	< 0.01	$F(1,16) = 1.92$	11.32	= 0.18
C15	Post Señal	$F(1,16) = 0.29$	28.17	= 0.59	$F(1,16) = 15.84$	14.17	< 0.01	$F(1,16) = 2.26$	10.98	= 0.15
C16	Post Señal	$F(1,16) = 0.31$	30.02	= 0.59	$F(1,16) = 14.40$	14.76	< 0.01	$F(1,16) = 2.38$	10.64	= 0.14
C17	Post Señal	$F(1,16) = 0.31$	32.32	= 0.59	$F(1,16) = 12.22$	15.92	< 0.01	$F(1,16) = 2.49$	10.17	= 0.13

Tabla 3.1. Significación estadística, en su caso, tanto de los efectos principales de las variables *posición de la señal* y *aproximación de la señal* como de su interacción, en cada uno de los fotogramas pertenecientes al proceso de medición (desde la aparición de la señal) en el experimento 3. Datos en rojo: fotogramas con diferencias estadísticamente significativas entre sus condiciones.

Con respecto a la interacción entre estas dos variables (interacción *posición de la señal* X *aproximación de la señal*), el patrón de resultados sigue una distribución de significación estadística similar a la variable *posición de la señal*, siendo las diferencias

entre las distintas condiciones estadísticamente no-significativas en todos los fotogramas medidos del B1 al C17, $F(1,16) = 0.52$, $MCE = 19.08$, $p = 0.48$ y $F(1,16) = 2.49$, $MCE = 10.17$, $p = 0.13$, respectivamente (ver tabla 3.1).

Con respecto al análisis de la “opción tomada”, se realizaron las mismas operaciones que en experimentos anteriores, sometiendo, igualmente, los datos a un ANOVA 2x2x2 de medidas repetidas (ver gráfica 3.2).



Gráfica 3.2. Ponderación de la cuenta de la toma de vía en cada una de las condiciones experimentales (“left-close”, “left-far”, “right-close” y “right-far”, condiciones izquierda-cerca, izquierda-lejos derecha-cerca y derecha lejos) en cada una de las posibles elecciones (“izquierda”, toma de la vía de la izquierda, y “derecha”, toma de la vía de la derecha) en el experimento 3.

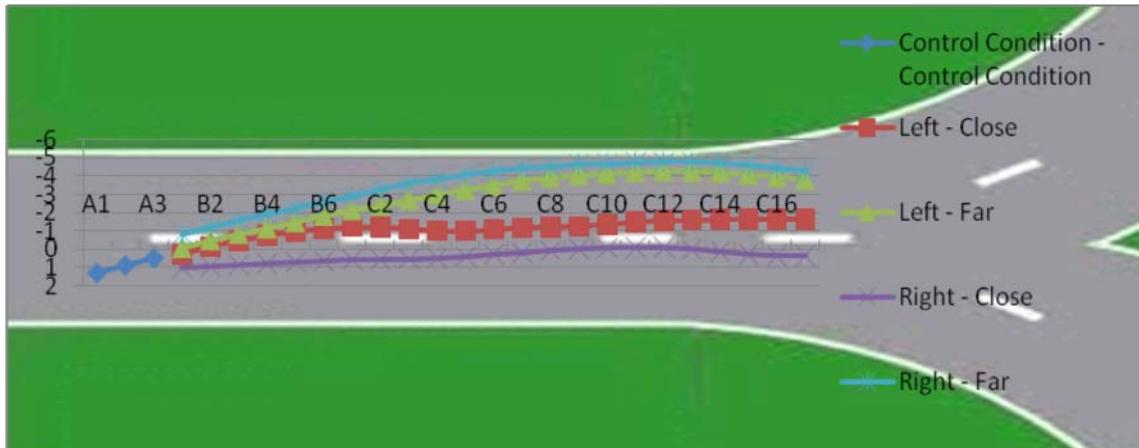
Los resultados muestran que no hay diferencias significativas en las comparaciones principales de *posición de la señal*, $MCE = 0,00$, y *aproximación de la señal*, $MCE = 0,00$, en cambio, sí se encuentran diferencias significativas entre las condiciones de la *vía tomada*, $F(1,16) = 9.54$, $MCE = 119.49$, $p < 0,01$.

Atendiendo a las interacciones primarias, ningún efecto significativo se desvela en las interacciones primarias *posición de la señal X aproximación de la señal*, $MCE = 0.00$, *posición de la señal X vía tomada*, $F(1,16) = 0.13$, $MCE = 175.85$, $p = 0.72$, y *aproximación de la señal X vía tomada*, $F(1,16) = 0.16$, $MCE = 43.80$, $p = 0.69$.

Por último, la interacción secundaria *posición de la señal X aproximación de la señal X vía tomada*, $F(1,16) = 0.06$, $MCE = 42.87$, $p = 0.81$, tampoco fue significativa.

Conclusiones (III)

En este tercer experimento, se puede constatar que la *señal exógena* (*punto blanco*, en esta ocasión) vuelve a tener efecto estadísticamente significativo pero no-dependiente de la *posición de la señal* sino de la *aproximación de la señal*. Cuando la señal, manipulada con un significado “neutro”, aparece en posiciones cercanas al centro de la carretera, la distribución de los datos es similar a estudios anteriores, acercándose levemente hacia la posición de la señal, aunque de manera estadísticamente no-significativa en esta ocasión (ver gráfica 3.1). Parece ser que el significado “neutro” es discernido por el sujeto de manera eficiente en dichas posiciones cercanas (por tanto, dependiente del contexto en el que la señal aparece cercana a la carretera), no provocando un efecto de significado estadístico comparable a estudios anteriores. Es cuando la señal se localiza en posiciones lejanas (independientemente de que sea a la izquierda o la derecha de la carretera), cuando el sujeto no es tan eficiente a la hora de discernir dicho significado “neutro” y posiblemente, se postula por nuestra parte, este contexto lejano hace que se le dé un significado de “peligro” (como encontramos en estudios primigenios). Dicho de otro modo, cuando no hay significado aparente de la señal y las condiciones no permiten asegurarse de dicho no-significado (como es el caso de aparición de la señal “neutra” en posiciones lejanas), el sujeto se lo proporciona. La consecuencia de esta nueva reestructuración del significado (debido al cambio del contexto, comparado con la condición en la que las señales aparecían cercanas a la carretera) es que el sujeto se desplaza, de manera significativa, esta vez, hacia, lo que sería en situaciones normales (habitualmente se circula por el carril de la derecha y no por el centro de la carretera), una posición de seguridad en el centro de la carreta, es decir, hacia la izquierda, en las dos condiciones en las que la señal aparece en una posición lejana, independientemente de que sea a la izquierda o a la derecha de la carretera en donde lo hiciesen (ver dibujo 3.1).



Dibujo 3.1. Representación aproximada del comportamiento del sujeto en el tramo en donde aparecía la señal, en cada una de sus condiciones, antes de la bifurcación, en el experimento 3. “control condition-control condition”: condición *control del movimiento general*; “left-close”: condición *izquierda-cerca*; “left-far”: condición *izquierda-lejos*; “right-close”: condición *derecha-cerca*; Y “right-far”: condición *derecha-lejos*.

Aunque dicho efecto sea demorado (comienza justo después de la desaparición de la señal, ver tabla 3.1), es significativo desde el fotograma C1 al C17 y tiene una duración de, al menos (al llegar a la bifurcación, fotograma C17, no se puede seguir cuantificando el efecto), 1020 ms (17 fotogramas x 60 ms).

Por último, en relación a la opción de vía tomada por los sujetos, en este experimento 3, vuelve a darse un efecto propio de la mayor probabilidad con la que se elige la vía derecha (ver gráfica 3.2), con respecto a la izquierda (desvelándose como único efecto principal). En esta ocasión, este efecto puede estar debido a la sobrecompensación producida por la mayor desviación provocada por las condiciones en las que la señal aparecía en localizaciones lejanas. El hecho de que dicha desviación sea hacia la izquierda y, en condiciones normales, esta situación significaría la invasión del carril contrario por el que se circula, provoca la tendencia de situarse hacia la derecha del centro de la carretera para corregir esta situación y, como consecuencia, tomar el camino de la derecha.

Conclusiones Generales

Analizando de manera general los resultados de los 3 experimentos anteriores, junto con los resultados del artículo primero (relatados en el capítulo II), se puede afirmar que es el significado que el sujeto le dé a la señal y el significado per se que la señal contenga,

lo que provoca las diferencias en los efectos sobre la trayectoria del movimiento. Es decir, siendo la misma *señal exógena (punto rojo)* la que se presenta, el hecho de que lo haga de manera aleatoria y sorpresiva por todo el espacio de la pantalla, hace que los sujetos, como media, den un significado de peligrosidad a dicha señal y, por tanto, provoque en ellos un movimiento repulsivo desde la posición de aparición de la misma, en contraste a cuando la misma *señal exógena punto rojo* lo hace en posiciones constantes (por tanto, no-sorpresivas ni amenazantes para el sujeto) dentro de cada una de las condiciones experimentales y sin invadir, en ningún caso, la carretera (provocando un movimiento de acercamiento hacia la señal para completar de descifrar su posible significado).

El hecho de que un mismo estímulo, accionado con el mismo periférico (*joystick*, como es el caso de los experimentos primigenios del capítulo II y el primer experimento de esta serie experimental), pero en un contexto distinto (que propicia el cambio de significado que se le da a dicho estímulo), va en oposición al poder explicatorio del modelo de vector de respuesta (Tipper et al., 1997) residente en la saliencia como detonante de activación de dos mecanismos inhibitorios distintos (uno primario y otro secundario, que provocaban dos efectos sobre el movimiento distintos, repulsivo y atractivo respectivamente), ya que un estímulo con las mismas características físicas debería tener la misma saliencia y provocar la misma activación en el sistema (de cualquiera de los dos mecanismos inhibitorios, postulados por el modelo de vector de respuesta, pero de manera contrastante, es decir, siempre la misma y en el mismo sentido).

Cuando las señales tienen un significado claro, como es el de la proximidad de una gasolinera (*señal de gasolinera*), los sujetos se acercan a la posición en donde ésta aparece y lo hacen proporcionalmente a la distancia en la que lo hace. No siguiendo el mismo patrón de resultados de cuando el significado no está tan claro (como es el caso del *punto rojo* al que el sujeto le tiene que aportar dicho significado en parte por medio del condicionamiento social de dicho color), no habiendo, en este caso, efecto de la *aproximación de la señal*. Este efecto atractivo y proporcional a la distancia, denominado por nosotros como efecto “perdone, ¿cómo dice?”, tiene una naturaleza intuitiva y adaptativa, ya que la orientación de los sentidos hacia el foco de emisión de

la información, cuando ésta es significativa, optimiza los recursos para el correcto procesamiento de la misma.

Cuando la señal no tiene un significado establecido o un significado asociado, lo que podríamos denominar “neutro” (como es el caso del *punto blanco*), su percepción clara en posiciones cercanas a la carretera provoca leves e insignificantes efectos atractivos pero cuando se sitúan en posiciones en donde es más difícil discernir su no-significado, el sujeto reestructura su neutralidad aparente, llegando, como es el caso del experimento 3, a posturas de protección en las que prima más las conductas como no salirse de la carreta.

Dado que hemos manipulado tres significados distintos, significado social débil (*punto rojo*), significado claro (*señal de gasolinera*) y un significado “neutro” (*punto blanco*), aunque cambiando el contexto de dicha señal, localizándose su aparición en posiciones lejanas, vuelva a reestructurarse su significado hacia “algo peligroso”), y encontrando efectos cualitativa (en unas ocasiones el efecto es atractivo y en otras es repulsivo o “de protección”) y cuantitativamente diferentes (el curso temporal del efecto es diferente en cada caso), se puede afirmar que el peso explicatorio de los efectos diferenciales sobre el movimiento recae sobre el significado y no sobre la fase del proceso de inhibición que postulaban Welsh y Elliott (2004). Como complemento de apoyo a nuestra postura, en el estudio de estos autores los efectos se revertían durante el proceso inhibitorio y, en nuestros estudios, no hemos constatado que un efecto, por ejemplo, atractivo inicialmente se revertiese en un efecto repulsivo posteriormente.

Por todo ello, concluimos que, como se postulaba en la introducción de este artículo, los datos obtenidos apoyan nuestro modelo “activación de respuesta dependiente del significado” en los puntos referentes a: Existencia de codificaciones distintas para estímulos distintos sin solapamiento necesario de dichas codificaciones, dado que en ningún caso hemos encontrado reversión de los efectos de atractivo a repulsivo o viceversa; Dependencia del tipo de codificación atractiva-repulsiva dependiente del significado que un estímulo puede tener en contextos distintos, dado que hemos encontrado efectos distintos con el mismo estímulo (*punto rojo* y *punto blanco*), en

situaciones distintas (con el *punto rojo* el contexto cambiaba entre experimento y con el *punto blanco* el contexto cambiaba dentro del mismo experimento), y efectos distintos con estímulos con significado distinto (*señal de gasolinera*, con un efecto cualitativamente distinto a los anteriores por su proporcionalidad a la localización de aparición de dicha señal); Y existencia de un mecanismo inhibitorio no totalmente efectivo dado que se dan efectos significativos e involuntarios (se les preguntó declarativamente a los sujetos si habían notado algún efecto y la respuesta fue negativa en todos los casos).

Es patente y de gran trascendencia ergonómica la capacidad que tiene este significado de, incluso, determinar la vía a tomar por parte del sujeto: Cuando la señal tiene un significado social débil (*punto rojo*), la distribución de la probabilidad de elección es coherente con las condiciones experimentales en el sentido de que a mayor distancia entre la localización previa de la señal y la vía elegida, menor probabilidad de elección de la misma dentro de sus propias condiciones, reestructurando dicho significado social débil hasta el punto de ser coherente la elección de vía con el significado reestructurado que se le ha dado; Cuando la señal tiene un significado claro (*señal de gasolinera*), el sujeto elige con igual probabilidad las dos vías, dando pie a pensar que, cuando el sentido no es ambiguo, el sujeto no aporta más significado, escogiendo una vía determinada; Y cuando la señal incluso cambia de significado, simplemente por su aproximación de aparición (*punto blanco*, llegando a ser percibida incluso como peligrosa), el sujeto se siente seguro tomando el camino por donde normalmente se circula, esto es, el más seguro (el derecho en este caso).

Capítulo IV

**Modulación semántica repulsiva de Señales
endógenas direccionales sobre la Trayectoria
del Movimiento en una Tarea de
Simulación de la Conducción: Modelo de
Activación de Respuesta dependiente del
Significado**

Resumen

Siguiendo nuestro “modelo de activación de respuesta dependiente del significado”, en este artículo hemos constatado cuál es la influencia no sólo del significado que tengan las señales sino de su representación mental en el cerebro. Se utilizaron *señales endógenas* direccionales (señales de tráfico de obligación y prohibición) para la indicación de dos posibles opciones de vía. Los datos apuntan a que la representación de dichas señales es cualitativamente distinta y produce efectos igualmente distintos sobre la trayectoria del movimiento en una tarea de *tracking*; encontrando como efecto principal un efecto de repulsión semántica.

Palabras clave: *Señal endógena* direccional; Señal de tráfico; Movimiento; Tarea de *tracking*; Repulsión semántica;

Modulación semántica repulsiva de Señales endógenas direccionales sobre la Trayectoria del Movimiento en una Tarea de Simulación de la Conducción:

Modelo de Activación de Respuesta dependiente del Significado

Con el estudio de Welsh y Elliott (2004) se desvela que los estímulos producen un efecto en el movimiento, al igual que bajo nuestro concepto de distractor estudiado y explicitado en trabajos anteriores. Con respecto al tipo de estímulo que provoca esta influencia, Lee (1999) ya apuntaba las señales de captura atencional que podrían influenciar en el movimiento. Como se ha detallado anteriormente en la introducción general de este trabajo, las señales que pueden influir en la atención pueden clasificarse en, al menos, dos tipos: *señal exógena* y *señal endógena* (Posner, 1980; Jonides, 1981; y Egeth y Yantis, 1997). La *señal exógena* (Jonides, 1981), además de las propiedades ya detalladas, provoca una facilitación involuntaria con un transcurso temporal de un par de cientos milisegundos y posteriormente se torna en una supresión denominada inhibición de retorno (Posner y Cohen, 1984). El control endógeno de la atención se desarrolla más lentamente (Cheal y Lyon, 1991) y de manera voluntaria (Jonides, 1981), dando también lugar a una posterior inhibición de retorno.

Sólo pocos estudios se habían centrado en el registro de la iniciación y la trayectoria del movimiento antes del trabajo de Lee (1999) y los trabajos anteriores, que sí tuvieron en cuenta la medición de estos parámetros, se relegaron sólo a aspectos sobre el proceso en el movimiento de los ojos (p. e. Sheliga, Riggio, y Rizzolatti, 1995), hallando efectos de desviación del movimiento provocados por la señalización. Sin embargo, bien es cierto que la señalización en ningún caso, en estos estudios, se convertía en objetivo, algo sí controlado ya por Lee (1999).

Lee (1999) fue el primero que comprobó el efecto de este factor de darle significación a la señalización, utilizando para ello tanto *señales endógenas* como *exógenas* y constatando si su efecto era diferencial sobre la iniciación del movimiento, ya con un significado, aunque limitado, de señalización (no manipuló distintos contexto ni significados).

Basándose en que los parámetros del movimiento ya habían sido comprobados como influenciados por el curso temporal entre la aparición de la señalización y la posterior aparición del objetivo (Ghez, Favilla, Ghilardi, Gordon, Bermejo y Pullman, 1997), la hipótesis principal de Lee (1999) era la de constatar que el efecto puede ser facilitatorio dependiendo del significado que se le diese a la señalización, esto es, presentando una señal eficaz en la detección del espacio que posteriormente sería ocupado por el objetivo.

Para demostrar ambos tipos de influencia de la captura atencional sobre el movimiento, Lee (1999) registró el movimiento de la mano derecha de sujetos con un sensor electro-óptico tridimensional colocado en el dedo índice de cada uno. Los sujetos se sentaron mirando a una pantalla y controlaron el movimiento con el cursor situado en el plano fronto-paralelo, con las palmas de las manos mirando al monitor a unos 20 centímetros del hombro (de esta forma, la mano nunca se interponía en la visión del monitor en donde se retroalimentaba el movimiento de la mano y se presentaba la tarea).

Durante el experimento, un gran círculo gris (de unos 7.5 cm de radio) y un pequeño círculo rojo concéntricos (1.0 cm de radio) fueron presentados constantemente en el centro de la pantalla. Cuatro círculos (1.8 cm de radio) fueron presentados en la circunferencia del círculo grande.

La posición absoluta de los cuatro círculos fue aleatoria ensayo a ensayo, manteniéndose constante la equidistancia entre ellos. El círculo rojo central lucía durante cada uno de los ensayos al comienzo de los mismos. Cuando éste se apagaba, un segundo círculo rojo se iluminaba dentro de cualquiera de los 4 círculos que se hallaban en el perímetro del círculo gris grande central. Los sujetos fueron instados a posicionar el cursor de retroalimentación (localizado inicialmente en cada ensayo encima del círculo rojo pequeño central), tan rápido como les fuera posible, en el círculo periférico que se iluminase (de los cuatro posibles) y mantener dicha posición durante 500 ms. Se dio feedback sonoro mientras el cursor estuviera localizado tanto en el círculo rojo central, mientras éste estaba encendido, como en cualquiera de las cuatro

posiciones restantes (dependiendo del círculo que se iluminase en un ensayo determinado).

Para el primer experimento de la serie, Lee (1999) intentó determinar el efecto de las *señales exógenas* en la dirección y en la latencia de iniciación de los movimientos de la mano. De todos los ensayos, un tanto por ciento se realizó sin señalización, estos ensayos sirvieron como control. En el resto de ensayos, uno de los 4 círculos situados en el perímetro del gran círculo gris, se iluminaba en amarillo durante 100 ms antes de que el objetivo se presentase. La latencia de iniciación se dividió en intervalos cuyos límites fueron 0, 100, 200 y 300 ms y las 4 posibles posiciones utilizadas fueron de 0, ± 90 y 180 grados (en el sentido contrario a las agujas del reloj).

En este primer experimento, el efecto de este tipo de señal se manifestó de diferentes maneras. Cuando el objetivo estuvo precedido por una señal inválida, aumentó la latencia entre la aparición del objetivo y el comienzo de la respuesta. Para latencias inferiores a 200 ms, los movimientos de la mano viraron hacia la señal mientras que, para los superiores a 300 ms, la gran mayoría fue iniciada hacia el objetivo. Cuando la latencia estuvo entre 200 y 300 ms, la dirección del movimiento estuvo fuertemente influenciada por la relación entre las posiciones de la señal y del objetivo. De este modo, cuando la relación era de 180° el movimiento fue indiferentemente iniciado tanto hacia el objetivo como hacia la señal. Por otro lado, cuando la relación era de 90°, la iniciación del movimiento gradualmente pasaba de un movimiento hacia la señal a un movimiento hacia el objetivo conforme aumentaba la latencia de iniciación.

En el experimento segundo, se intentó determinar el efecto de las *señales endógenas* igualmente en la dirección del movimiento y en la latencia de iniciación, dependientes de la posición de la señalización. Para este segundo experimento, 20 ensayos fueron sin señal con el objeto de utilizarlo de control, para el resto, una flecha, cercana al punto de fijación, señalaba a uno de los cuatro círculos periféricos y desaparecía cuando el objetivo se presentaba. Para la mayoría de los ensayos (82%), la localización de la flecha era válida (indicaba la correcta aparición del objetivo), la razón de ello es que, a diferencia de las *señales exógenas*, si la *señal endógena* es inefectiva los sujetos le

prestan una atención cualitativamente distinta (Jonides, 1981). Para el restante 18% de los ensayos, la fecha señalaba con igual probabilidad a uno de los 3 restantes círculos que no era el objetivo.

En el experimento tercero se intentó determinar cómo interactúan ambos tipos de señales. Como en el experimento segundo, 20 ensayos en cada bloque estuvieron exentos de señales y las mismas señales centrales fueron presentadas. Los ensayos restantes fueron divididos con igual probabilidad entre las distintas posiciones del objetivo (0, ± 90 y 180 grados) y su SOA (0, 100 y 200).

Los resultados del experimento segundo y tercero apuntan, al igual que el primero, a que la señal facilita los tiempos de reacción, como en el experimento de Wesh y Elliott (2004).

De manera general, Lee (1999) encontró que, con ambos tipos de señales, sólo los movimientos con señalización situada a $\pm 90^\circ$ del objetivo y con latencia de iniciación del movimiento entre 200-300 ms después de la aparición del objetivo, son comenzados con una desviación inicial localizada entre la posición de la señal y el objetivo y son corregidos paulatinamente con posterioridad.

Estos datos pueden explicarse desde nuestra perspectiva apuntando a que es el significado, que da el sujeto a las señales, el causante de los efectos diferenciales. En este sentido, los movimientos que se inician con latencias menores a 200 ms pueden tener un significado de facilitación porque el sujeto no los cataloga como “algo a evitar”, simplemente porque inicia el movimiento antes de inferir este significado, y, como consecuencia, el movimiento resultante es una mezcla entre el propio hacia el objetivo y el propio hacia la señal. Para latencias superiores a 300 ms, el sujeto cataloga la señal, tanto la *señal exógena* como la *endógena*, como “algo a evitar” (ya que le ha dado tiempo a discernirlo) y, por tanto, los movimientos finales se alejan de las señales. En el intervalo de 200 a 300 ms, el sujeto da el significado sobre la marcha, es por ello que conforme cambia el significado en la representación mental del sujeto desde “algo a

no evitar” a “algo a evitar”, cambia la codificación del movimiento desde un movimiento hacia la señal a un movimiento repulsivo de la señal.

Aunque Lee no cuantificó debidamente el curso temporal de dicho cambio de significado (ya que se utilizó latencia de iniciación del movimiento, en la que no se puede determinar cuándo comienza el proceso, y distintos SOAs, con intervalos temporales contruidos a posteriori), la gran aportación de este estudio es que, aunque con sutiles diferencias, demuestra que los dos tipos de captura atencional utilizados (exógeno y endógeno direccional) tienen influencia en el movimiento.

Siendo patente que las *señales endógenas* influyen igualmente en el movimiento (los estudios de Lee, 1999, y los resultados propios referentes al experimento 2 del capítulo III), se quiso ahondar en la naturaleza de este tipo de señal. Concretamente, con respecto a las *señales endógenas* con significado direccional, Castro, Moreno-Ríos, Tornay y Vargas (2008) apuntan, en un contexto de Seguridad Vial, que la representación de las señales de obligación y prohibición, dado que no informan sobre hechos sino sobre reglas, responden adecuadamente a la lógica deóntica; definida como un tipo de lógica modal utilizada para analizar formalmente las normas o proposiciones que tratan acerca de ellas.

Como bien explican estos autores, es posible que ambas señales sean equivalentes, es decir, comuniquen la misma información (siempre y cuando el número de opciones de toma de vía sea dos, como es el caso de nuestro estudio). Por ejemplo, la obligación de toma de la vía de la derecha equivale, en estas circunstancias, a la prohibición de la vía de la izquierda (la información es lo mismo de específica, “tomar la vía de la derecha”).

Como comprobaron estos autores, en principio, el hecho de que no haya diferencias en el tiempo para llevar a cabo las respuestas con ambas señales no significa que se representen mentalmente de la misma manera (Castro et al., 2008). Profundizando en esta cuestión, los estudios primigenios realizados por estos autores desvelan que, cuando hay que evaluar un giro realizado por un coche en “permitido”-“no-permitido”, las maniobras “no-permitidas” son evaluadas más rápidamente cuando la señal, que

tenían mentalmente representada los sujetos en la memoria de trabajo, era de prohibición que cuando era de obligación. Igualmente, cuando las maniobras eran “permitidas”, los sujetos eran más rápidos en evaluarlas cuando tenían representadas señales de obligación que cuando estaban representando señales de prohibición. Este hecho fue interpretado como que, cuando se representa la obligatoriedad, se está representando lo permitido y, cuando se representa lo prohibitivo, se está representando lo no-permitido, de ahí que los tiempos de reacción sean menores en cada uno de estos dos emparejamientos.

Estos resultados contrastan con la literatura precedente que apuntaba a que la ejecución es siempre mejor respondiendo a la obligación que a la prohibición (p.e., Macdonald y Hoffmann, 1978). La explicación, de esta reversión de los datos en ciertas condiciones, dada por Castro et al. (2008) gira en torno a tres explicaciones posibles: Basada en aspectos motivacionales, las señales prohibitorias están asociadas a consecuencias aversivas, esta es la explicación más abundante en la literatura (p.e., Clark y Chase, 1972); Basada en representaciones de primitivas del significado, los humanos pueden representarse cierta información directamente pero otra tienen que hacerlo por medio de la representación de lo posible con una “nota mental” negando dicha posibilidad (p.e., Braine y O’Brien, 1998); Basada en la cantidad de información proporcionada por las señales, las señales de obligación hacia una dirección dan más información (por ejemplo en un cruce con tres posibles vías) que las de prohibición de una sola, ya que, en este caso, habría que discernir entre dos posibles vías restantes sin información suficiente para ello (Johnson-Laird y Byrne, 2002).

Para comprobar estas hipótesis, Castro et al. (2008) utilizaron una escena de un cruce, en esta ocasión, con tres posibles alternativas y un coche antes de efectuar un giro. Posteriormente, se presentó una escena en la que el coche ya había efectuado dicho giro y la tarea de los sujetos consistió en evaluar si la maniobra realizada por el coche había sido “permitida” o “no permitida”. Las señales expuestas antes del giro del coche tuvieron una configuración cuya información semántica estuvo compensada (es decir, una señal de obligación hacia la derecha, tuvo un equivalente en la combinación de prohibición hacia delante y prohibición hacia la derecha), con lo cual se desechaba la

hipótesis basada en la cantidad de información que proporciona las señales obligatorias, si ninguna diferencia en la ejecución de la valoración entre las condiciones era encontrada en este sentido.

Los resultados apuntaron a que no se encontraba ninguna ventaja global de la obligación frente a la prohibición, lo cual desechaba igualmente la posibilidad de que fueran los factores motivacionales los causantes del efecto. Sin embargo, por condición, volvió a desvelarse la ventaja de la obligación frente a la prohibición en las maniobras “permitidas” y la ventaja de la prohibición frente a la obligación en las maniobras “no permitidas”; lo cual reduce las opciones a únicamente la representación diferencial de obligación y la prohibición como explicación de los efectos diferenciales encontrados (dado que la cantidad de información estaba igualmente balanceada).

Uno de los modelos más importantes de razonamiento humano en la representación mental es la teoría de modelos mentales propuesta por Johnson-Laird (1983). De acuerdo con esta teoría, los humanos representan las proposiciones lógicas como estados del mundo real, es decir, un modelo mental es la representación analógica de una situación concreta. Castro et al. (2008) aplican esta teoría de los modelos mentales para concretar la representación que se lleva a cabo con las señales de obligación y prohibición. De este modo, la obligación de un giro hacia la derecha, provocará en el sujeto la representación de un coche realizando un giro “permitido” hacia la derecha, por lo tanto, será más fácil evaluar dicho giro como “permitido” cuando realmente el giro haya sido “permitido”. Por el contrario, la prohibición de un giro hacia la derecha, será representado por el sujeto como un coche realizando un giro “no-permitido” hacia la derecha con una “nota mental” negando dicha posibilidad, con lo cual, será más fácilmente evaluable como “no-permitido” por el sujeto si realmente dicho giro ha sido “no-permitido”. Estas explicaciones encajan perfectamente en los resultados de Castro et al. (2008) en el sentido de que cuando la representación mental del sujeto (como un giro “permitido” para la obligación y como un giro “no-permitido” para la prohibición) coincide con la maniobra realizada por el coche (“permitida” o “no-permitida”), los tiempos de reacción en la evaluación en estas condiciones son significativamente menores (con respecto a las condiciones en las que el sujeto está representándose un

giro “permitido” y la maniobra es “no-permitidas” y cuando se representa un giro “no-permitido” y la maniobra es “permitida”). Por todo ello, la única diferencia entre la representación de la obligación y de la prohibición sería el añadido a la representación de la prohibición de la “nota mental” negando el estado analógico del mundo real representado.

Objetivos de la investigación.

Dados los datos de estudios propios anteriores en los que una *señal endógena* (como fue la *señal de gasolinera*) producía un efecto sobre la trayectoria del movimiento, los resultados de Lee (1999) que añaden direccionalidad a las señales endógenas y las explicaciones de representacionales diferentes (Castro et al., 2008) para explicar efectos diferenciales en el procesamiento de *señales endógenas* direccionales, quisimos constatar cuál era el efecto sobre el movimiento, y en qué dirección se daba, de una *señal endógena* con un significado direccional (siguiendo nuestro modelo de activación de respuesta dependiente del significado, especificado en el capítulo III).

En el procesamiento de la *señal endógena* direccional (obligatoria y prohibitoria), no sólo tiene cabida su posible efecto exógeno (dado que se mantendrá la aparición abrupta en la escena y ésta actúa como una captura atencional con características exógenas) sino que también propicia comprobar el efecto de su representación mental (dado que tiene un significado claro y este significado no sólo hay que procesarlo sino representarlo) sobre el movimiento.

EXPERIMENTO 1

Para este experimento, se restringió la manipulación a *señales endógenas* direccionales de obligación, con el fin de actuación por pasos. El periférico de control permaneció siendo el *volante de conducción* y la tarea fue similar a estudios anteriores (tarea de *tracking*).

Método (I)

Participantes

Los participantes en este experimento fueron 9 alumnos, con vista normal o corregida, pertenecientes a la Licenciatura de Psicología de la Facultad de Psicología de Granada, con edades comprendidas entre los 19 y 26 años. Los sujetos tomaron parte en el estudio a cambio de una participación experimental, equivalente a 1 punto de prácticas susceptible de ser añadido a la nota de prácticas de cualquier asignatura del área de Psicología Experimental de la Licenciatura de Psicología de la Universidad de Granada.

Estímulos

En una pantalla de ordenador se presentaron imágenes con fondo verde y una carretera gris con una anchura de 60 píxeles, delimitada por dos líneas blancas continuas y en cuyo centro se situaba una línea blanca discontinua de 3 píxeles de anchura (ver imagen 1.1).

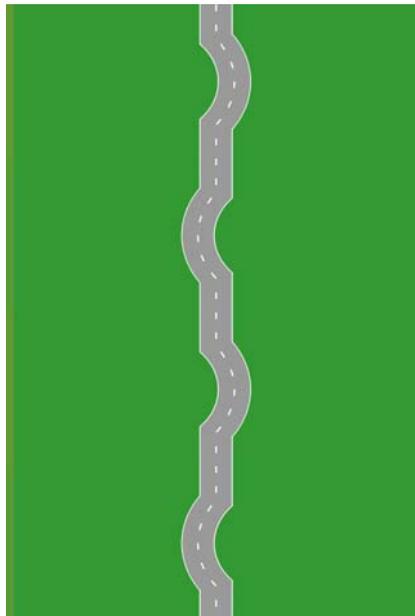


Imagen 1.1. Ejemplo de carretera utilizada en la tarea.

Las imágenes se diseñaron bajo dos objetivos: *imágenes no-experimentales* e *imágenes experimentales*. Las *imágenes no-experimentales* fueron creadas con recorridos diversos en los que la carretera tomaba curvas tanto a la derecha como a la izquierda (cambiando éstas igualmente tanto en su pronunciación como en su posición relativa dentro de la imagen misma, incluyendo, del mismo modo, tramos de vía rectos) y fueron diseñadas

para servir de nexo de unión entre las diferentes *imágenes experimentales* y hacer, de este modo, la tarea no-repetitiva. Las *imágenes experimentales*, en cambio, siempre fueron presentadas con el mismo formato (aunque en ellas se superpusieran variables distintivas dependientes de las condiciones experimentales), siendo la configuración de las mismas: Un tramo recto de carretera; Una bifurcación en dos vías paralelas e equidistantes al centro de la imagen; Y otro tramo recto de vía (ver imagen 1.2).

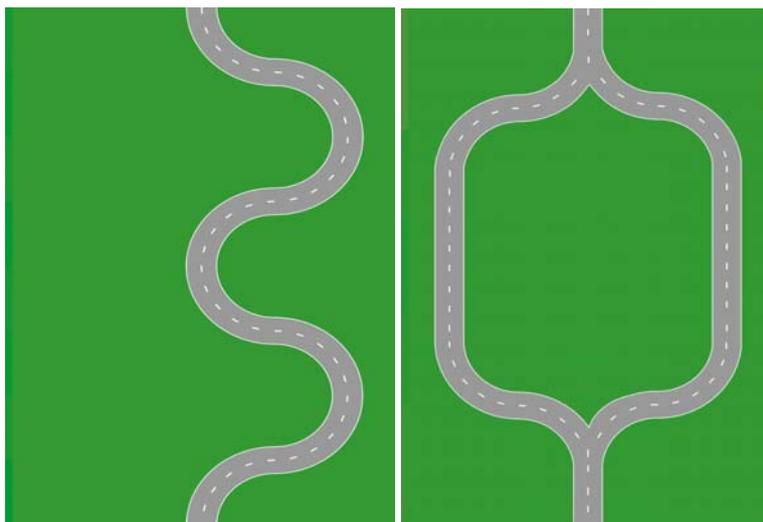


Imagen 1.2. A la izquierda, ejemplo de *imagen no-experimental*. A la derecha, ejemplo de *imagen experimental*.

El sujeto controlaba un *círculo verde*, de 22 píxeles de diámetro, con circunferencia negra y un punto central igualmente negro (ver imagen 1.3).

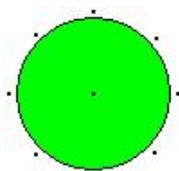


Imagen 1.3. Coche controlado por el sujeto (*círculo verde*).

En las imágenes experimentales se superpusieron *señales endógenas* pertenecientes al Código de Circulación del territorio español (VI); en concreto, 2 *señales de obligación* (una hacia la izquierda y otra hacia la derecha, ver imagen 1.4). Estas *señales de obligación*, al igual que las señales que se pueden encontrar en el contexto real de conducción, consistieron en un círculo azul circunscrito en un cuadrado de 50x50 píxeles de dimensión y en el que había dibujada una flecha blanca, centrada dentro del

círculo, en forma de ángulo recto y orientada tanto a la izquierda como a la derecha (obligación hacia la dirección de la vía de la izquierda o de la derecha).

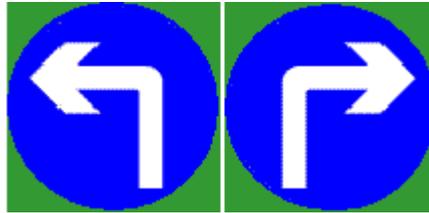


Imagen 1.4. A la izquierda, ejemplo de *señal de obligación hacia la izquierda*. A la derecha, ejemplo de *señal de obligación hacia la derecha*.

Instrumentos y Tarea

Se utilizó un ordenador HP Intel® Core™ 2 T5500 (1.66Ghz@1.66GHz , 0.99 GB de RAM y adaptador de Pantalla Mobile Intel® 945 Express Chipset Family) para la presentación y el registro de las respuestas. El sujeto controlaba el estímulo *círculo verde* con un *volante de conducción* Momo Logitech, conectado por puerto USB al ordenador. Los movimientos del *volante de conducción* modificaban la posición del centro del círculo en el eje de abscisas (X). Su posición en el eje de ordenadas (Y) permanecía siempre fijo en una posición determinada (ver imagen 1.5 como ejemplo) y era la imagen la que iba corriendo por la pantalla, dando sensación de movimiento.

La tarea propia, desarrollada en lenguaje de programación *Squeak*, consistió en el seguimiento de la carretera con el *círculo verde* (tarea de *tracking*). La carretera estaba diseñada con una secuencia de imágenes que eran cargadas en el programa a partir de un fichero en el cual el orden de presentación había sido aleatorizado, aunque el común denominador fue la presentación secuencial de *imagen no-experimental* – *imagen experimental*.

En las *imágenes experimentales*, aproximadamente 123 píxeles antes de la bifurcación de la carretera, aparecía una señal a la izquierda o a la a la derecha de la misma (variable *posición de la señal*), durante 30 píxeles (6 fotogramas registrados cada uno, con una duración de 60 ms aproximadamente), y éstas pudieron significar la toma de la vía de la izquierda o de la derecha (variable *semántica de la señal*, ver imagen 1.5 como referencia).



Imagen 1.5. Ejemplo de cada una de las condiciones experimentales en el experimento 1. De izquierda a derecha y de arriba a abajo: Condición *izquierda-hacia la izquierda*; Condición *izquierda-hacia la derecha*; Condición *derecha-hacia la izquierda*; Y condición *derecha-hacia la derecha*.

Intrabloque, la aparición de las señales estuvo aleatorizada sin reposición, apareciendo, en cada una de las posibles localizaciones (a la izquierda de la carretera o a la derecha), ambas posibilidades (toma de la dirección hacia la vía de la izquierda y toma de la dirección hacia la vía de la derecha, ver imagen 1.5); Quedando 4 condiciones experimentales con jerarquía *posición de la señal-semántica de la señal*: Condición *izquierda-hacia la izquierda*; Condición *izquierda-hacia la derecha*; Condición *derecha-hacia la izquierda*; Y condición *derecha-hacia la derecha*. Interbloque, la secuencia de aparición estuvo igualmente aleatorizada y contrabalanceada por bloque. El número total de bloques fue de 8.

Procedimiento

Una vez colocados los participantes delante del ordenador en una posición cómoda, después del registro y la codificación de los mismos por medio de una ventana de texto que aparecía antes de la presentación de la tarea, se presentaban las siguientes instrucciones:

“Está tomando parte en una investigación del Departamento de Psicología Experimental y Fisiología del Comportamiento.

A continuación se le presentará una carretera con dos líneas blancas continuas, a modo de límites de la misma, y una línea blanca discontinua en el centro de la carretera. Por otra parte, se presentará, igualmente, un círculo verde con ocho puntos periféricos y uno central. Este círculo será controlado, sólo de izquierda a derecha (no podrá ni acelerar ni frenar), por usted por medio del volante que tiene delante.

Su tarea consistirá en seguir, con el centro del círculo verde y con la mayor precisión posible, el centro de la carretera, es decir, tanto los segmentos de línea discontinua como la línea imaginaria que une los diferentes segmentos.

Durante el seguimiento de la carretera, ésta se bifurcará en ocasiones en dos vías. A usted se le indicará cuál de ellas debe tomar con antelación. Se le señalará la vía a tomar con dos señales de obligación (obligación hacia la izquierda u obligación hacia la derecha).

La tarea es complicada, por ello, si se equivoca de dirección, procure continuar por la vía que le quede más cerca del camino que está llevando cuando se dé cuenta de su posible error.

El experimento dura unos 30 minutos, tiempo durante el cual usted deberá permanecer concentrado en la realización de la tarea. Transcurrido dicho tiempo, el programa se detendrá y un cuadro de diálogo aparecerá informándole de la finalización del experimento y recordándole que recoja su participación experimental.

-Si ha comprendido las instrucciones, pulse "OK" para salir de este cuadro de diálogo y "alt+S" para comenzar el experimento, cuando esté listo. Si tiene alguna duda, pregúntele al experimentador-

Gracias por su participación.”

Mientras el sujeto seguía la carretera (durante aproximadamente 20 minutos reales de experimento), dependiente de la secuencia planificada de presentación, las señales de

tráfico aparecían en unas coordenadas tanto a la izquierda (300, 1060) como a la derecha (450, 1060) de la carretera (tomando como punto de referencia la esquina superior izquierda de la imagen y considerando la medición en píxeles). Sabiendo que imágenes experimentales tenían 800x1200 píxeles de dimensiones, el punto medio del centro de la carretera se situaba en la ordenada 400, la carretera tenía 60 píxeles de anchura y las señales estaban circunscritas a un cuadrado de 50x50 píxeles de dimensiones, puede afirmarse que la presentación fue simétrica (ver imagen 1.6).

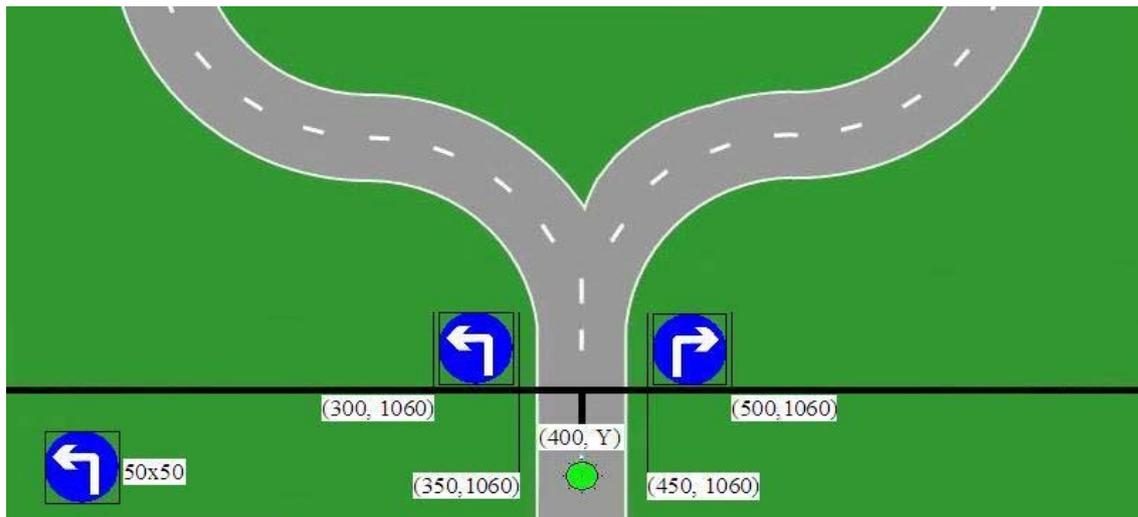


Imagen 1.6. Posición de presentación de la señal endógena a ambos lados de la carretera en dos condiciones experimentales a modo de ejemplo (condición izquierda-hacia la izquierda y condición derecha-hacia la derecha).

Una vez finalizada la presentación, el programa se detenía y al participante se le daba su participación experimental.

Análisis de datos

El número total de filas de datos (o fotogramas registrados) fue exactamente de 17.601 por sujeto. Los campos de datos que el programa registraba y que fueron recodificados posteriormente fueron: "Id", identificador del fotograma, asignado y ordenado por secuencia del recorrido; "Sujeto", número de sujeto experimental; "Codificación color", registro de la tonalidad de gris de una franja situada a la izquierda de cada imagen experimental (invisible para los sujetos experimentales); "Posición X coche", posición abscisa (X) del círculo verde; "Línea media", coordenada X del centro de la carretera en el fotograma por el que el círculo verde estaba circulando en el tramo recto antes de la bifurcación (con un valor constante, por ende); "Error", resta entre la posición real

(“posición X coche”) y la posición ideal (“línea media”); “Fotograma experimental”, codificación diferencial entre fotogramas pertenecientes al momento temporal de la medición *pre-señal* (*As*, del 1-3), *aparición señal* (*Bs*, del 1-6) o *post-señal* (*Cs*, del 1-17); Y “ensayo”, número de ensayo de una condición experimental determinada, junto con sus correspondientes fases *pre* y *post-señal* (ver tabla 1.1).

Id	Sujeto	Codificación Color	Posición X Coche	Línea Media	Error	Fotograma	Ensayo
232	1	Normal	403	402	1		
233	1	Normal	404	402	2		
234	1	Pre-señal	405	402	3	A1	2
235	1	Pre-señal	406	402	4	A2	2
236	1	Pre-señal	407	402	5	A3	2
237	1	RI	408	402	6	B1	2
238	1	RI	409	402	7	B2	2
239	1	RI	410	402	8	B3	2
240	1	RI	411	402	9	B4	2
241	1	RI	410,6	402	8,6	B5	2
242	1	RI	409,6	402	7,6	B6	2
243	1	RI	408,6	402	6,6	C1	2
244	1	RI	407,6	402	5,6	C2	2
245	1	RI	406,6	402	4,6	C3	2
246	1	RI	405,06	402	3,06	C4	2
247	1	RI	404,06	402	2,06	C5	2
248	1	RI	403,06	402	1,06	C6	2
249	1	RI	402,06	402	0,06	C7	2
250	1	RI	401,06	402	-0,04	C8	2
251	1	RI	400,06	402	-1,4	C9	2
252	1	RI	399,6	402	-2,4	C10	2
253	1	RI	398,6	402	-3,4	C11	2
254	1	RI	397,6	402	-4,4	C12	2
255	1	RI	396,6	402	-5,4	C13	2
256	1	RI	395,6	402	-6,4	C14	2
257	1	RI	394,6	402	-7,4	C15	2
258	1	RI	393,6	402	-8,4	C16	2
259	1	RI	392,6	402	-9,4	C17	2
260	1	Normal	391	402	-11		

Tabla 1.1. Ejemplo de registro de datos del programa utilizado.

Los valores de la tonalidad de gris fueron utilizados para renombrar las codificaciones en condiciones experimentales (campo “codificación color”) y para delimitar las fases del proceso de medición circundantes a la introducción de las variables experimentales (campo “fotograma”). Esta tonalidad estaba inserta en el lado izquierdo de las *imágenes experimentales* (de manera invisible para el sujeto experimental, junto con las claves de color utilizadas por el programa para la presentación de cada una de las condiciones

experimentales), al mismo nivel que la primera recta antes de la bifurcación inserta en dichas imágenes. Esta codificación permitió filtrar y seleccionar los datos por condiciones experimentales y por fases de medición de dichas condiciones.

En la primera fase de la medición (y siempre dentro de la recta antes de la bifurcación), se codificó el espacio en el que no se había presentado aún ningún tipo de señal (fase *pre-señal* o fotogramas *As*, ver tabla 1.1) con una tonalidad de gris que representaba la condición en ausencia de señal (es decir, era común a todas las condiciones experimentales) y sirvió de condición *control del movimiento general* que estaba siendo llevado a cabo por los sujetos antes de la presentación de cualquier tipo y forma de exposición de la *señal endógena*.

Durante la segunda fase de la medición (el espacio en el que la señal estaba siendo presentada, fotogramas *Bs*, ver tabla 1.1), la tonalidad de gris dependió de si la señal era presentada a la izquierda o a la derecha de la carretera (codificación con las letras R y L, aparición “Right” o “Left”) y de si indicaba un giro hacia la izquierda o hacia la derecha (codificado con las letras D o I, sentido semántico hacia “Derecha” o “Izquierda”), quedando un diseño experimental 2x2. El espacio restante del primer tramo recto de la carretera hasta la bifurcación, después de la desaparición de la señal, fue codificado de forma dependiente a la señal presentada anteriormente, con el mismo fin de filtrado, selección de los datos y comparación con cada una de sus condiciones experimentales (ver tabla 1.1 como ejemplo).

El error fue calculado restando, a la posición X del *círculo verde*, la posición del centro de la carretera (cuyo valor permaneció constante, dado que el centro de la carretera en dicha línea recta no cambiaba). Se realizó esta operación sustractiva fotograma a fotograma, creando así este nuevo campo “error” que correspondía a la variable dependiente (VD) y al que se realizaría posteriormente un análisis de varianza ANOVA 2x2 de medidas repetidas (ver tabla 1.1 como ejemplo).

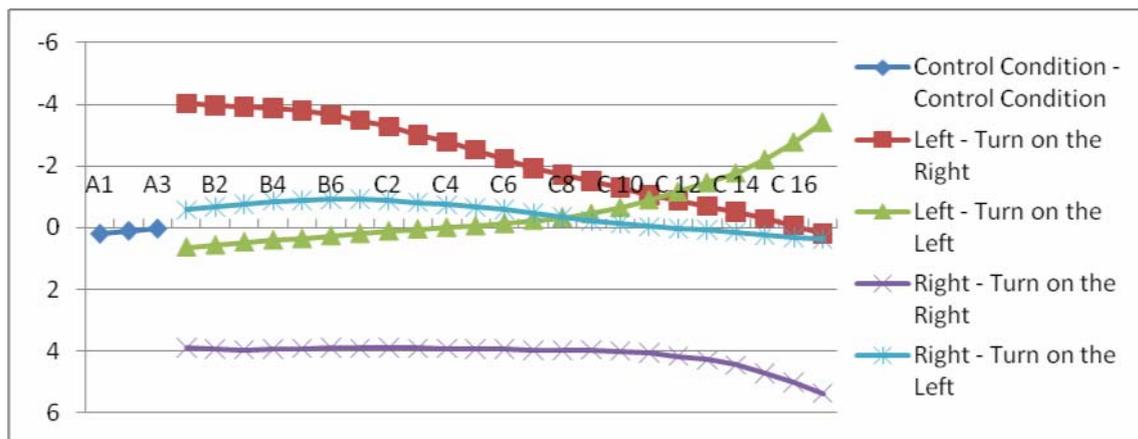
Otro análisis realizado tuvo lugar sobre los fotogramas pertenecientes a las dos posibilidades de vía, en las *imágenes experimentales*, después de la bifurcación de la

misma. Para ello, se creó una copia de la tabla de datos original, a esta copia se le añadió un cierto número de unidades (50) en el campo “Id”. Con una función *join* de programación *SQL* se hizo coincidir los campos con la misma codificación en este campo “Id” (1-1, 2-2, 3-3 y así sucesivamente), quedando un desfase entre ambas tablas de 50 fotogramas, suficiente para constatar el comportamiento del sujeto una vez pasada la bifurcación. Los análisis se centraron en un fotograma concreto (*B1*, el primer fotograma en el que la señal aparecía y que contenía todas las codificaciones de las distintas condiciones experimentales, ya que sólo era necesario un solo fotograma desfasado para conocer el comportamiento del sujeto en cada condición), seleccionando la codificación de las condiciones experimentales en dicho fotograma en la tabla original y seleccionando igualmente el error (VD) de la copia de la tabla original desplazada 50 fotogramas. Se creó una copia del campo “error”, en la copia desplazada de la tabla original y en la tabla original, y se codificó dicho error (entre la posición del coche y el centro de la imagen) dependiente de si era negativo o positivo. Si dicho valor era negativo, la codificación fue “izquierda”, lo cual significaba que el coche estuvo situado a la izquierda del centro de la imagen en ese fotograma (y, por tanto, había escogido la opción de vía hacia la izquierda), y, si era positivo, la codificación fue “derecha” y significó que el coche estaba situado a la derecha del centro de la imagen en esta ocasión (y, por tanto, había escogido la vía de la derecha); a este nuevo campo se le denominó “opción tomada”.

Con todo ello, se pudo cuantificar la cuenta de ocasiones en las que los sujetos tomaron una determinada opción en cada una de las condiciones experimentales y constatar si el sujeto había tomado la elección de la vía correcta.

Resultados (I)

Los datos fueron analizados fotograma a fotograma utilizando la codificación mencionada en el apartado anterior. Una gráfica ilustrativa muestra de manera general la evolución del efecto a lo largo de los distintos momentos de medición (ver gráfica 1.1).



Gráfica 1.1. Desviaciones promedio en píxeles (VD, eje Y) en cada una de las condiciones experimentales (“control condition-control condition”, “left-turn on the right”, left-turn on the left”, right-turn on the right” y “right-turn on the left”, condiciones *condición control general*, *izquierda-hacia la derecha*, *izquierda-hacia la izquierda*, *derecha-hacia la derecha* y *derecha-hacia la izquierda*, respectivamente, eje X), a lo largo del proceso de medición (fotogramas *As*, *Bs* y *Cs*, eje X) en el experimento 1.

Un análisis de varianza (ANOVA 2x2 de medidas repetidas) fue realizado a cada uno de los fotogramas experimentales (*Bs*, en donde algún tipo de señal aparecía) y *post-señal* (*Cs*), para comprobar la significación estadística de las diferencias entre las distintas condiciones después de la desaparición de la señal. Los fotogramas controles *pre-señal* (*As*) no entraron dentro de este análisis ya que en ellos no se presentaban las distintas condiciones de los casos anteriores.

Con respecto a los efectos principales, ninguna diferencia significativa fue encontrada entre las variables manipuladas desde el fotograma B1 hasta el fotograma C13. Fotograma B1: variables *posición de la señal*, $F(1,8) = 3.20$, $MCE = 31.56$, $p = 0.11$, y *semántica de la señal*, $F(1,8) = 0.00$, $MCE = 64.96$, $p = 0.97$, no-significativas. Fotograma C13: variables *posición de la señal*, $F(1,8) = 3.20$, $MCE = 31.56$, $p = 0.11$, y *semántica de la señal*, $F(1,8) = 0.00$, $MCE = 64.96$, $p = 0.97$, no-significativas (ver tabla 1.2).

En los fotogramas C14 y C15 encontramos el mismo patrón de resultados. Fotograma C14: *posición de la señal*, $F(1,8) = 4.38$, $MCE = 24.15$, $p = 0.07$, no-significativa y *semántica de la señal*, $F(1,8) = 5.99$, $MCE = 11.61$, $p < 0.05$, significativa. Fotograma C15: *posición de la señal*, $F(1,8) = 4.96$, $MCE = 25.03$, $p = 0.06$, no-significativa y

semántica de la señal, $F(1,8) = 8.91$, $MCE = 10.34$, $p < 0.02$, significativa (ver tabla 1.2).

Los fotogramas C16 y C17 comparten igualmente el mismo patrón pero, en esta ocasión, las dos variables tienen diferencias estadísticamente significativas entre sus distintas condiciones. Fotograma C16: *posición de la señal*, $F(1,8) = 5.74$, $MCE = 26.08$, $p < 0.05$, y *semántica de la señal*, $F(1,8) = 12.35$, $MCE = 9.96$, $p < 0.01$, significativas. Fotograma C17: *posición de la señal*, $F(1,8) = 6.56$, $MCE = 27.49$, $p < 0.04$, y *semántica de la señal*, $F(1,8) = 6.56$, $MCE = 27.49$, $p < 0.04$, con diferencias significativas (ver tabla 1.2).

EXPERIMENTO PRIMERO										
Codificación		Efecto Posición de la Señal			Efecto Semántica de la Señal			Efecto de Interacción		
Fotograma	Curso de la presentación	F	MCE	P	F	MCE	P	F	MCE	P
B1	Aparición Señal	$F(1,8) = 3.20$	31.56	= 0.11	$F(1,8) = 0.00$	64.96	= 0.97	$F(1,8) = 14.21$	13.20	< 0.01
B2	Aparición Señal	$F(1,8) = 3.22$	30.86	= 0.11	$F(1,8) = 0.00$	63.94	= 0.99	$F(1,8) = 14.19$	13.28	< 0.01
B3	Aparición Señal	$F(1,8) = 3.27$	30.45	= 0.11	$F(1,8) = 0.00$	62.74	= 0.95	$F(1,8) = 14.07$	13.27	< 0.01
B4	Aparición Señal	$F(1,8) = 3.15$	30.67	= 0.11	$F(1,8) = 0.01$	60.87	= 0.92	$F(1,8) = 14.15$	13.14	< 0.01
B5	Aparición Señal	$F(1,8) = 3.07$	30.73	= 0.12	$F(1,8) = 0.02$	58.67	= 0.90	$F(1,8) = 14.21$	12.70	< 0.01
B6	Aparición Señal	$F(1,8) = 2.93$	31.26	= 0.12	$F(1,8) = 0.03$	56.08	= 0.86	$F(1,8) = 14.10$	12.18	< 0.01
C1	Post Señal	$F(1,8) = 2.81$	31.44	= 0.13	$F(1,8) = 0.06$	52.99	= 0.82	$F(1,8) = 13.74$	11.82	< 0.01
C2	Post Señal	$F(1,8) = 2.71$	31.81	= 0.14	$F(1,8) = 0.09$	49.04	= 0.77	$F(1,8) = 13.54$	11.08	< 0.01
C3	Post Señal	$F(1,8) = 2.61$	31.49	= 0.14	$F(1,8) = 0.14$	45.43	= 0.72	$F(1,8) = 13.10$	10.42	< 0.01
C4	Post Señal	$F(1,8) = 2.56$	31.21	= 0.15	$F(1,8) = 0.19$	41.18	= 0.67	$F(1,8) = 12.23$	10.16	< 0.01
C5	Post Señal	$F(1,8) = 2.55$	30.03	= 0.15	$F(1,8) = 0.28$	36.87	= 0.61	$F(1,8) = 11.19$	10.00	< 0.02
C6	Post Señal	$F(1,8) = 2.52$	29.01	= 0.15	$F(1,8) = 0.41$	32.51	= 0.54	$F(1,8) = 10.09$	9.78	< 0.03
C7	Post Señal	$F(1,8) = 2.59$	27.89	= 0.15	$F(1,8) = 0.61$	27.89	= 0.46	$F(1,8) = 8.69$	9.79	< 0.02
C8	Post Señal	$F(1,8) = 2.71$	26.65	= 0.14	$F(1,8) = 0.80$	24.11	= 0.40	$F(1,8) = 7.37$	9.91	< 0.03
C9	Post Señal	$F(1,8) = 2.87$	25.56	= 0.13	$F(1,8) = 1.06$	20.65	= 0.33	$F(1,8) = 6.13$	10.04	< 0.04
C10	Post Señal	$F(1,8) = 3.09$	24.54	= 0.12	$F(1,8) = 1.52$	17.80	= 0.25	$F(1,8) = 4.99$	10.28	= 0.06
C11	Post Señal	$F(1,8) = 3.41$	23.59	= 0.11	$F(1,8) = 2.23$	15.72	= 0.17	$F(1,8) = 3.75$	10.91	= 0.09
C12	Post Señal	$F(1,8) = 3.82$	22.94	= 0.09	$F(1,8) = 3.17$	13.80	= 0.11	$F(1,8) = 2.93$	11.44	= 0.12
C13	Post Señal	$F(1,8) = 4.09$	23.34	= 0.08	$F(1,8) = 4.39$	12.65	= 0.07	$F(1,8) = 2.23$	11.94	= 0.17
C14	Post Señal	$F(1,8) = 4.38$	24.15	= 0.07	$F(1,8) = 5.99$	11.61	< 0.05	$F(1,8) = 1.73$	12.14	= 0.22
C15	Post Señal	$F(1,8) = 4.96$	25.03	= 0.06	$F(1,8) = 8.91$	10.34	< 0.02	$F(1,8) = 1.29$	11.57	= 0.29
C16	Post Señal	$F(1,8) = 5.74$	26.08	< 0.05	$F(1,8) = 12.35$	9.96	< 0.01	$F(1,8) = 0.84$	10.88	= 0.39
C17	Post Señal	$F(1,8) = 6.56$	27.49	< 0.04	$F(1,8) = 6.56$	27.49	< 0.04	$F(1,8) = 0.43$	10.27	= 0.53

Tabla 1.2. Significación estadística, en su caso, tanto de los efectos principales de las variables *posición de la señal* y *semántica de la señal* como de su interacción, en cada uno de los fotogramas pertenecientes al proceso de medición (desde la aparición de la señal) en el experimento 1. Datos en rojo: fotogramas con diferencias estadísticamente significativas entre sus condiciones.

Con respecto a la interacción entre ambas variables, desde el fotograma B1, $F(1,8) = 14.21$, $MCE = 13.20$, $p < 0.01$, hasta el fotograma C9, $F(1,8) = 6.13$, $MCE = 10.04$, $p < 0.04$, la interacción entre *posición de la señal* X *semántica de la señal* es significativa.

A partir del fotograma C10, $F(1,8) = 4.99$, $MCE = 10.28$, $p = 0.06$, hasta el fotograma C17, $F(1,8) = 0.43$, $MCE = 10.27$, $p = 0.53$, no se presentaron diferencias significativas entre las condiciones de la interacción (ver tabla 1.2).

Conclusiones (I)

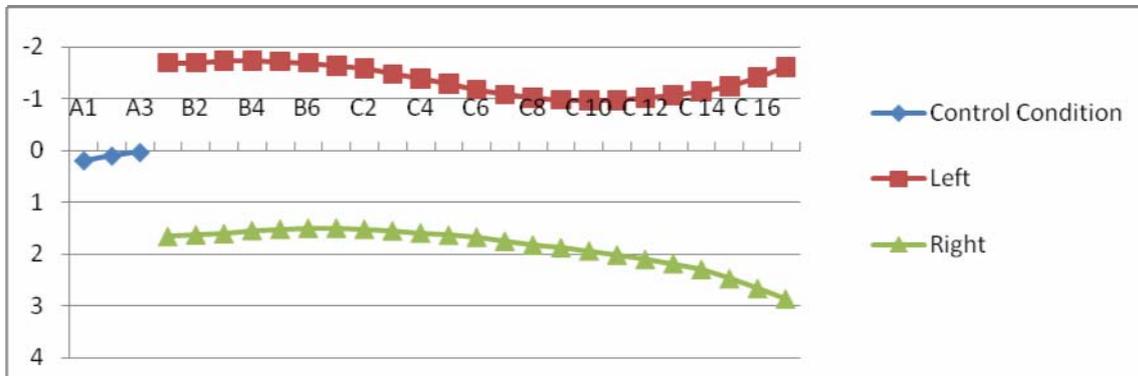
Como era de esperar, el efecto en este experimento 1 es claro y coherente con los resultados de estudios propios realizados, teniendo la particularidad de que al efecto exógeno inicial de la *posición de la señal*, encontrado anteriormente, se le une el efecto endógeno de la representación mental de la *semántica de la señal*, interactuando con él (ver tabla 1.2).

Los resultados muestran una distribución combinada debida a la influencia distintiva de los dos efectos. La interacción entre exógeno-endógeno puede cuantificarse en su tiempo multiplicando los fotogramas totales en los que el efecto es significativo (15, 6 fotogramas Bs y 9 fotogramas Cs) por la duración de dichos fotogramas (60 ms), lo cual nos da una cifra de 900 ms (ver tabla 1.2).

Al final del proceso de medición, aparecen dos efectos principales de *semántica de la señal* (a modo de efecto preparatorio del movimiento), en primer lugar (240 ms antes de la bifurcación, 4 fotogramas x 60 ms), y *posición de la señal*, en segundo lugar (120 ms antes de la bifurcación).

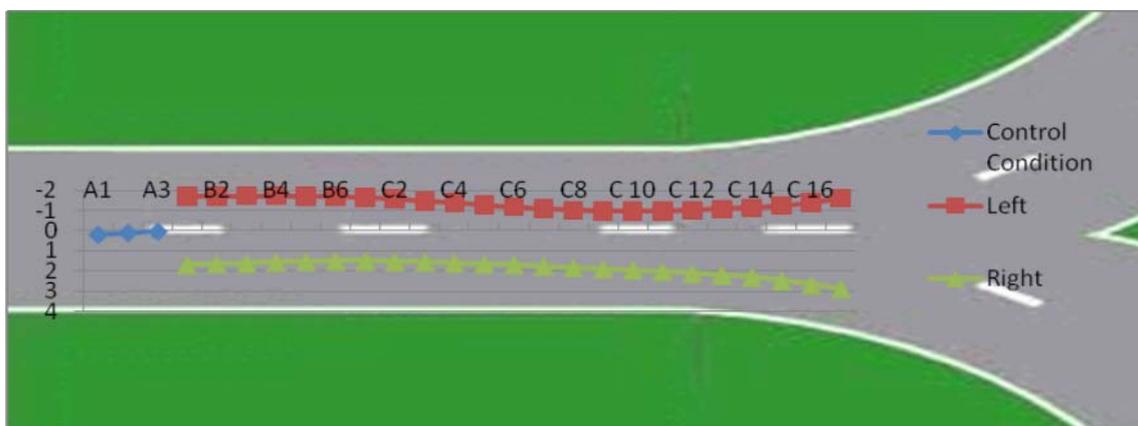
Para una visualización más clara de los datos, se presenta la gráfica 1.2 en la que se representa la distribución de la variable *posición de la señal* (ver gráfica 1.2). En esta gráfica se muestra únicamente la manipulación exógena, los datos están agrupados únicamente en las dos condiciones de *posición de la señal* (*izquierda* y *derecha*). El patrón de resultados muestra que, cuando la señal es presentada a la izquierda de la carretera, la media de las desviaciones al centro de la carretera se sitúan hacia la izquierda (o toma valor más negativo). Por el contrario, cuando la señal es presentada a

la derecha de la carretera, la media de desviación se sitúan hacia la derecha (o toma valor más positivo).



Gráfica 1.2. Desviaciones promedio en píxeles (VD, eje Y) agrupadas en las condiciones experimentales de *posición de la señal* (“control condition”, “left” y “right”, condiciones *control del movimiento general*, izquierda y derecha, respectivamente, eje X), a lo largo del proceso de medición (fotogramas As, Bs y Cs, eje X) en el experimento 1.

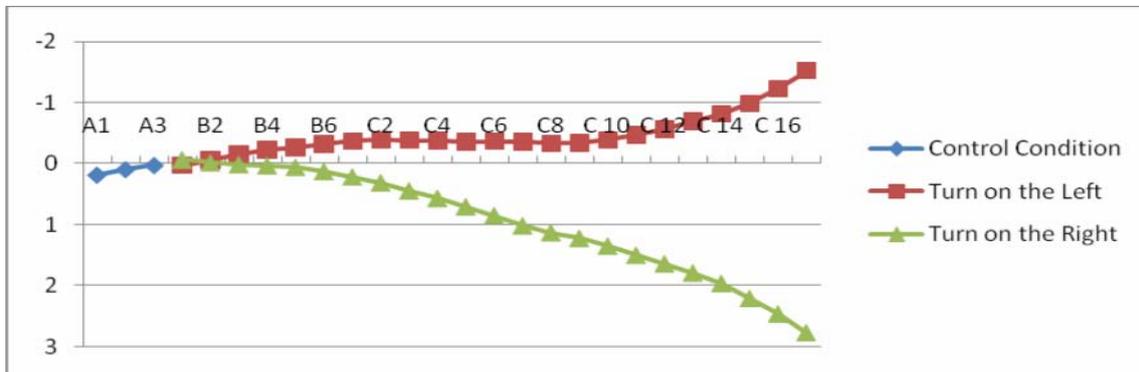
Dicho de otro modo, se puede apreciar que la señal atrae la trayectoria del movimiento hacia sí misma de manera simétrica a ambos lados de la carretera (ver dibujo 1.1).



Dibujo 1.1. Representación aproximada del comportamiento del sujeto en el tramo en donde aparecía la señal antes de la bifurcación en el experimento 1, en la que se han agrupado los resultados en las condiciones de *posición de la señal* (izquierda y derecha). “Control condition”: condición *control del movimiento general*; “left”: condición izquierda; “Y “right”: condición derecha.

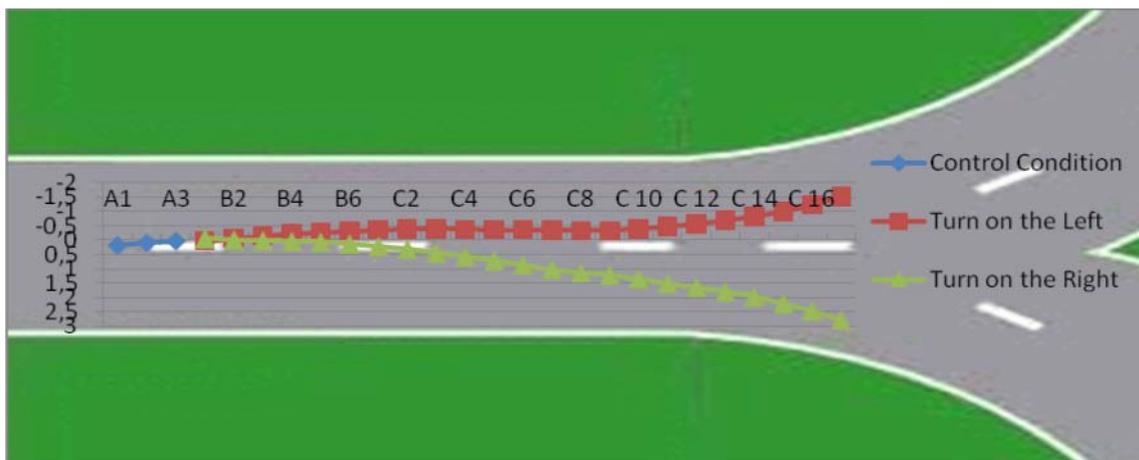
Centrándose en el efecto de la representación mental del significado direccional (*semántica de la señal*), se puede apreciar que el efecto exógeno posicional inicial queda cancelado inicialmente por su interacción con su efecto endógeno (las medias se posicionan próximas al centro de la carretera). Al final del proceso de medición aparece un nuevo efecto, consistente en que, cuando la señal indica un giro hacia la izquierda,

los sujetos se desvían significativamente del centro de la carretera hacia dicha dirección izquierda (o toman valores más negativos) y, cuando la señal indica un giro hacia la derecha, los sujetos se desvían significativamente más hacia la derecha (ver gráfica 1.3).



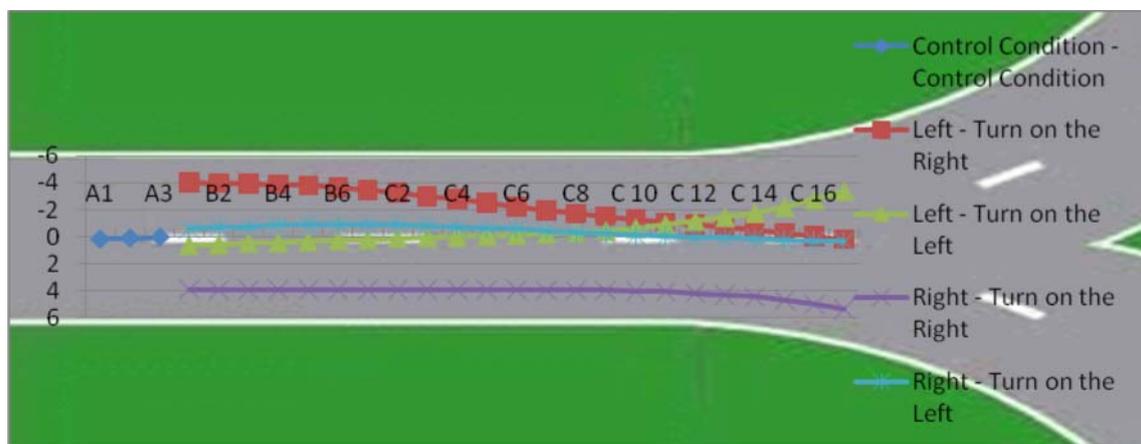
Gráfica 1.3. Desviaciones promedio en píxeles (VD, eje Y) agrupadas en las condiciones experimentales de *semántica de la señal* (“control condition”, “turn to the left” y “turn to the right”, condiciones *control del movimiento general*, *hacia la izquierda* y *hacia la derecha*, respectivamente, eje X), a lo largo del proceso de medición (fotogramas *As*, *Bs* y *Cs*, eje X) en el experimento 1.

Dicho efecto preparatorio final hacia la dirección señalizada por la señal (*semántica de la señal*, ver dibujo 1.2) es patente, lógico, esperable y prepara el movimiento con antelación ya en el fotograma C14 de manera significativa (ver tabla 1.2), de manera más pronunciada cuando dicho significado direccional es de tomar de la vía de la derecha.



Dibujo 1.2. Representación aproximada del comportamiento del sujeto en el tramo en donde aparecía la señal antes de la bifurcación en el experimento 1, en la que se han agrupado los resultados en las condiciones de *semántica de la señal* (*hacia la izquierda* y *hacia la derecha*). “Control condition”: condición *control del movimiento general*; “turn on the left”: condición *hacia la izquierda*; “Y “turn on the right”: condición *hacia la derecha*.

Teniendo en cuenta que el efecto posicional se distribuye de manera atractiva hacia la localización de aparición de la misma, si contemplamos la distribución de todas las condiciones (ver grafica 1.1), podemos apreciar que el efecto semántico de representación mental de la señal se distribuye con un significado cualitativa y cuantitativamente distinto en cada condición. Dicho de otro modo, conociendo que la media de todas las señales que se presentaron en la izquierda de la carretera está situada en torno a -2 en el primer fotograma de presentación de la señal (B1), que servirá como ejemplo (ver gráfica 1.2), podemos apreciar que las medias para las condiciones *izquierda-hacia la derecha* e *izquierda-hacia la izquierda* están situadas respectivamente en -4 y 0 píxeles, es decir, cuando se presenta una señal de giro hacia la dirección de la izquierda, el sujeto se desvía más hacia la derecha (localizándose en las proximidades del centro de la carretera que cuando se presenta una señal de giro hacia la izquierda (situándose, en este caso, completamente en el carril izquierdo), dentro de este mismo caso de presentación de la señal en la izquierda de la carretera (ver dibujo 1.3).



Dibujo 1.3. Representación aproximada del comportamiento del sujeto en el tramo en donde aparecía la señal antes de la bifurcación en el experimento 1, en cada una de las condiciones experimentales. “Control condition”: condición *control del movimiento general*; “left-turn on the left”: condición *izquierda-hacia la izquierda*; “left-turn on the right”: condición *izquierda-hacia la derecha*; “right-turn on the left”: condición *derecha-hacia la izquierda*; Y “right-turn on the right”: condición *derecha-hacia la derecha*.

Parece ser que, en el caso de la condición *izquierda-hacia la derecha*, al efecto exógeno atractivo de la posicional hacia la izquierda (*posición de la señal*), se le añade la representación de giro a la derecha con la nota mental negativa de “todavía no” (*semántica de la señal*), lo que produce que el movimiento se desvíe más hacia la

izquierda. Dentro del mismo caso de localización de aparición de la señal (condición *izquierda*), el efecto exógeno atractivo de la señal hacia la izquierda, es compensado por la representación de giro a la izquierda con la nota mental negativa de “todavía no”, lo que provoca la compensación de los efectos y una desviación leve cercana al centro de la carretera (ver dibujo 1.3).

En cambio, si tomamos todas las condiciones en las que la señal se presentaba en la derecha de la carretera, nos da una media en el fotograma *B1* (que servía como ejemplo, ver gráfica 1.2 como referencia) de aproximadamente 2 píxeles. Se puede apreciar que las medias, para las condiciones *derecha-hacia la izquierda* y *derecha-hacia la derecha*, están situadas respectivamente en torno a 0 y 4 píxeles respectivamente. Teniendo en cuenta que los sujetos circulan normalmente por el carril de la derecha y está disposición tiene un significado de “adecuado” por el sujeto, el efecto es cualitativamente distinto en este caso. En la condición *derecha-hacia la izquierda*, al efecto exógeno atractivo hacia la localización de la señal en la derecha es compensado por la representación de giro hacia la izquierda sin la nota mental negativa de “todavía no”, lo que provoca que el sujeto se localice en posiciones cercanas al centro de la carretera. Por último, cuando se analiza la condición *derecha-hacia la derecha*, al efecto exógeno atractivo hacia la localización de la señal hacia la derecha, se le añade la simple representación mental de giro hacia la derecha sin la nota mental negativa de “todavía no”, ya que, como se ha comentado antes, los sujetos suelen circular por el carril de la derecha y para ellos esta situación es normal, provocando con ello que el sujeto no corrija el movimiento y sea la condición en la que el efecto preparatorio sea el más continuado y pronunciado (ver dibujo 1.3).

Resumiendo, en este experimento se encuentra un efecto exógeno atractivo posicional modulado por un efecto endógeno repulsivo semántico (nota mental “todavía no”), cuando la señal se presenta en la izquierda, y modulado por un efecto endógeno atractivo semántico (ausencia de dicha nota mental), cuando la señal se presenta en la derecha.

Por último, en este análisis de cada condición, se puede afirmar que las condiciones que son coherentes (condiciones *izquierda-hacia la izquierda* y *derecha-hacia la derecha*), la coherencia hace que entre en juego la variable *posición de la señal* (significativa como efecto principal desde el fotograma C16 en adelante, ver tabla 1.2) y que module al efecto semántico preparatorio final únicamente en las condiciones en las que es coherente con la *semántica de la señal* (que, a su vez, es significativa como efecto principal desde el fotograma C14 en adelante, ver tabla 1.2 y dibujo 1.3). Por otro lado, cuando las condiciones no son coherentes (*izquierda-hacia la derecha* y *derecha-hacia la izquierda*) tienen un comportamiento más controlado antes de efectuar el giro (ver dibujo 1.3).

EXPERIMENTO 2

Dado que en el experimento 1 es patente el efecto del significado de la señal en forma de representación mental de la señal (*semántica de la señal*), junto con sus notas mentales accionadas por el sujeto en cada una de las condiciones, quisimos constatar qué comportamiento provoca el procesamiento de la semántica de la señal de manera negativa, es decir, utilizando, además de las señales obligatorias, señales de prohibición de una dirección para significar la toma de la opción contraria (en este caso es equivalente dado que sólo hay dos vías posibles, Castro et al., 2008).

Por tanto, la novedad en este estudio es simplemente la introducción de un nuevo tipo de señalización semántica y, por tanto, de representación mental.

Método (II)

Participantes

Los participantes en este experimento fueron 11 alumnos, con vista normal o corregida, pertenecientes a la Licenciatura de Psicología de la Facultad de Psicología de Granada, con edades comprendidas entre los 18 y 23 años. Los sujetos tomaron parte en este estudio a cambio de una participación experimental, equivalente a 1 punto de prácticas susceptible de ser añadido a la nota de prácticas de cualquier asignatura del área de Psicología Experimental de la Licenciatura de Psicología de la Universidad de Granada.

Estímulos

En una pantalla de ordenador se presentaron las mismas imágenes que en el experimento anterior (ver imagen 1.1, como referencia). La presentación serial de dichas imágenes (secuencia *imagen no-experimental* – *imagen experimental*, ver imagen 1.2 como referencia), hizo que la tarea fuera dinámica.

El sujeto controlaba el mismo *círculo verde*, con las mismas características especificadas anteriormente (ver imagen 1.3 como referencia).

En las imágenes experimentales, en esta ocasión, se superpusieron 4 *señales endógenas* pertenecientes al Código de Circulación del territorio español pertenecientes a los tipos obligatorio y prohibitorio (VI); en concreto, 2 *señales de obligación* (una hacia la izquierda y otra hacia la derecha) y 2 *señales de prohibición* (igualmente, una hacia la izquierda y otra hacia la derecha, ver imagen 2.1). Las *señales de obligación*, al igual que las señales que se pueden encontrar en el contexto real de conducción, consistieron (de la misma manera que en el estudio anterior) en un círculo azul relleno (circunscrito en un cuadrado de 50x50 píxeles de dimensiones) en el que había dibujada una flecha blanca (centrada dentro del círculo), en forma de ángulo recto y orientada tanto a la izquierda como a la derecha (indicando la obligación de tomar la vía de la izquierda o de la derecha). Las *señales de prohibición* (introducidas de manera novedosa en este experimento segundo) consistieron en un círculo (circunscrito, al igual que las de obligación, en un cuadrado de 50x50 píxeles) con una circunferencia (de color rojo y 5 píxeles de anchura) en su periferia y una flecha (en forma de ángulo recto y de color negro) centrada en la imagen y orientada tanto a la izquierda (prohibiendo la toma de vía de la izquierda) como a la derecha (prohibiendo la toma de la vía de la derecha). Esta flecha estaba localizada sobre un círculo blanco y, sobre ella, hubo situada una línea recta (igualmente, de color rojo y 5 píxeles de anchura) perpendicular de izquierda a derecha, de arriba abajo, al cuadrado en el que la señal estaba circunscrita (cuando la flecha señalaba la izquierda) y perpendicular de derecha a izquierda, de arriba abajo, al cuadrado (cuando la flecha estaba orientada a la derecha); en forma de tachado de la flecha negra (ver imagen 2.1).

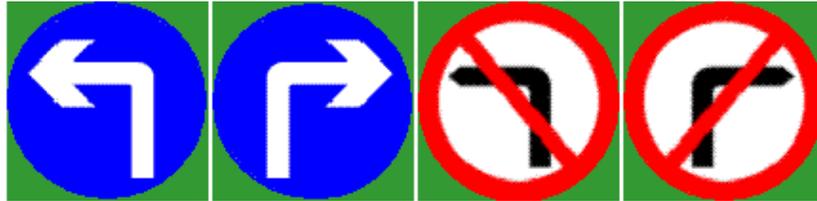


Imagen 2.1: De izquierda a derecha, ejemplos de *señal de obligación hacia la izquierda*, *señal obligación hacia la derecha*, *señal de prohibición hacia la izquierda* y *señal de prohibición hacia la derecha*.

Instrumentos y Tarea

Las características de los instrumentos utilizados, tanto el ordenador como el *volante de conducción*, quedaron remanentes en este experimento 2, con respecto al experimento 1.

La tarea propia, especificada en el apartado metodológico anterior, consistió en el seguimiento de la carretera con el *círculo verde* (tarea de *tracking*). El orden de presentación de imágenes fue nuevamente aleatorizado pero conservó la secuencia de imágenes (*imagen no-experimental – imagen experimental*).

En las *imágenes experimentales*, al mismo nivel aproximado de 123 píxeles antes de la bifurcación de la carretera, aparecía una señal a la izquierda de la carretera o a la derecha de la misma (variable *posición de la señal*), durante los mismos 30 píxeles (6 fotogramas registrados cada uno, con la misma duración aproximada de 60 ms), e, igualmente, éstas pudieron significar la toma de la vía de la izquierda o de la derecha (variable *semántica de la señal*), siendo, en esta ocasión, señalizado el sentido semántico con una señal obligatoria o prohibitoria (introduciendo así una nueva VI, variable *tipo de señal*, ver imagen 2.2 como ejemplo).

Intrabloque, la aparición de las señales estuvo nuevamente aleatorizada sin reposición, apareciendo, en cada una de las posibles localizaciones (a la izquierda de la carretera o a la derecha), las distintas posibilidades de señalización semántica (toma de la dirección hacia la vía de la izquierda señalizada con obligación o prohibición y toma de la dirección hacia la vía de la derecha señalizada con obligación o prohibición, ver imagen 2.2). Quedando 8 condiciones experimentales, con jerarquía *posición de la señal-semántica de la señal-tipo de señal*: Condición *izquierda-hacia la izquierda-obligación*; Condición *izquierda-hacia la izquierda-prohibición*; Condición *izquierda-hacia la derecha-obligación*; Condición *izquierda-hacia la derecha-prohibición*; Condición

derecha-hacia la izquierda-obligación; Condición *derecha-hacia la izquierda-prohibición*; Condición *derecha-hacia la derecha-obligación*; Y condición *derecha-hacia la derecha-prohibición* (ver imagen 2.2). Interbloque, la secuencia de aparición de las condiciones estuvo igualmente aleatorizada y contrabalanceada por bloque, siendo el número total de bloques 4.

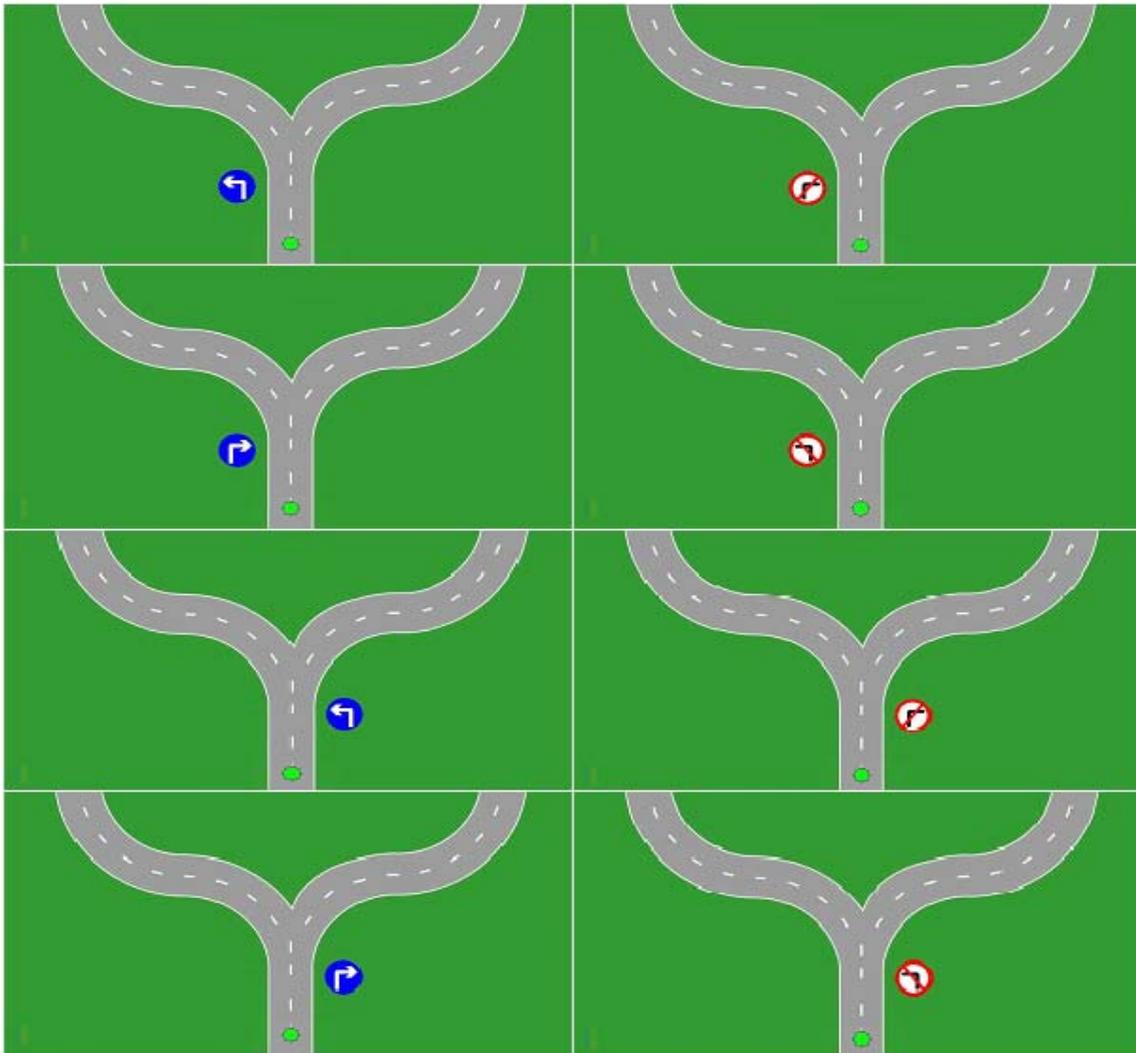


Imagen 2.2. Ejemplo de cada una de las condiciones experimentales en el experimento 2. De izquierda a derecha y de arriba a abajo: Condición *izquierda-hacia la izquierda-obligación*; Condición *izquierda-hacia la izquierda-prohibición*; Condición *izquierda-hacia la derecha-obligación*; Condición *izquierda-hacia la derecha-prohibición*; Condición *derecha-hacia la izquierda-obligación*; Condición *derecha-hacia la izquierda-prohibición*; Condición *derecha-hacia la derecha-obligación*; Y condición *derecha-hacia la derecha-prohibición*.

Procedimiento

Una vez colocados los participantes delante del ordenador en una posición cómoda, después del registro y la codificación de los mismos por medio de una ventana de texto

que aparecía antes de la presentación de la tarea, se presentaban instrucciones similares a las aparecidas en el experimento primero, con la única salvedad de que, en esta ocasión, se informaba al sujeto de que la indicación de la vía a tomar podría ser por medio de 2 opciones: Una positiva, con la obligación del camino a tomar; Y otra negativa, por medio de la prohibición del camino contrario al que se deseaba que el sujeto tomase.

Mientras el sujeto seguía la carretera (durante los mismos 20 minutos aproximados de experimento), dependiente de la secuencia planificada de presentación, las señales de tráfico aparecían en las mismas coordenadas que en el experimento anterior tanto a la izquierda (300, 1060) como a la derecha (450, 1060) de la carretera (tomando, de la misma manera, como punto de referencia la esquina superior izquierda de la imagen y considerando la medición en píxeles). Sabiendo nuevamente que las imágenes experimentales tenían 800x1200 píxeles de dimensiones, el punto medio del centro de la carretera se situaba en la ordenada 400, la carretera conservaba los mismos 60 píxeles de anchura y las señales estaban circunscritas a un cuadrado de 50x50 píxeles de idénticas dimensiones, la presentación fue de nuevo simétrica (ver imagen 2.3).

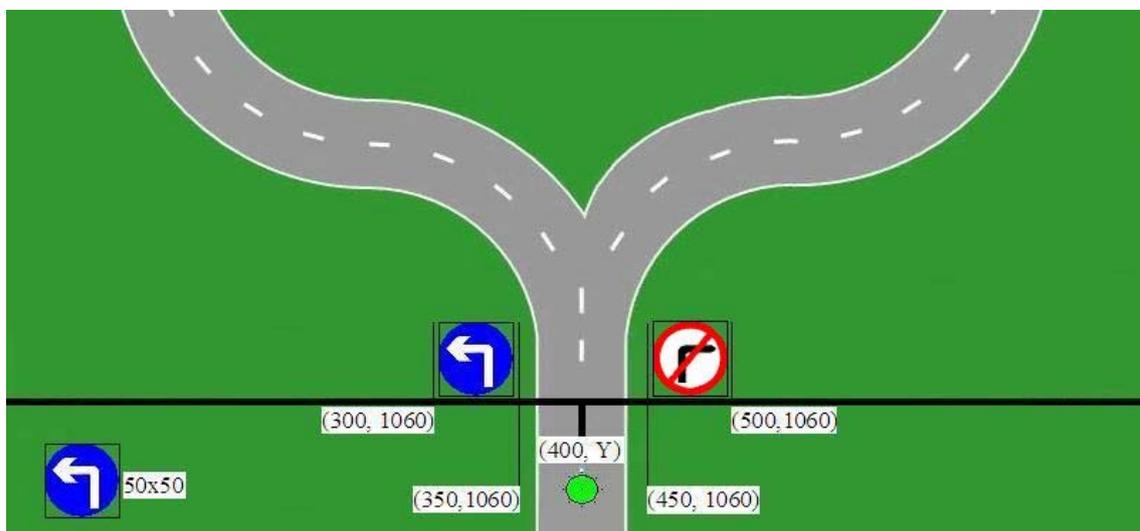


Imagen 2.3. Posición de presentación de la *señal endógena* a ambos lados de la carretera en dos condiciones experimentales a modo de ejemplo (condición *izquierda-hacia la izquierda-obligación* y condición *derecha-hacia la izquierda-prohibición*).

Una vez finalizada la presentación, el programa se detenía y al participante se le daba de nuevo su participación experimental.

Análisis de datos

El número total de filas de datos (o fotogramas registrados), al igual que en el experimento 1, fue exactamente de 17.601 por sujeto.

De manera similar al estudio anterior, los valores de la tonalidad de gris fueron utilizados para delimitar las fases del proceso de medición circundantes a la introducción de las variables experimentales y sirvió para filtrar y seleccionar los datos por condiciones experimentales y por fases de medición de dichas condiciones (fotogramas *As*, *Bs* y *Cs*).

Durante la segunda fase de la medición (fotogramas *Bs*) hubo diferencias en la codificación, introduciendo nuevas tonalidades para registrar las nuevas condiciones experimentales. La tonalidad de gris siguió dependiendo de si la señal era presentada a la izquierda o a la derecha de la carretera (codificación con las letras R y L, aparición “Right” o “Left”) y de si indicaba un giro hacia la izquierda o hacia la derecha (codificado con las letras D o I, sentido semántico hacia “Derecha” o “Izquierda”) pero, a diferencia del estudio anterior, se incluyó una nueva población de tonalidades para determinar si esta dirección, en esta ocasión, había sido señalizada con una obligación o una prohibición (codificado con las letras O y P, señal “Obligation” o “Prohibition”), quedando un diseño experimental 2x2x2. El espacio restante del primer tramo recto de la carretera hasta la bifurcación (fotogramas *Cs*), después de la desaparición de la señal, fue codificado de forma dependiente a la codificación en los fotogramas *Bs* (ver tabla 2.1 como ejemplo).

El error fue calculado, como se ha comentado anteriormente, restando, a la posición X del *círculo verde*, la posición del centro de la carretera, fotograma a fotograma, creando así este nuevo campo “error” que correspondía a la variable dependiente (VD) y al que se realizaría posteriormente el mismo análisis de varianza ANOVA 2x2x2 de medidas repetidas (ver tabla 2.1).

Id	Sujeto	Codificación Color	Posición X Coche	Línea Media	Error	Fotograma	Ensayo
232	1	Normal	403	402	1		
233	1	Normal	404	402	2		
234	1	Pre-señal	405	402	3	A1	2
235	1	Pre-señal	406	402	4	A2	2
236	1	Pre-señal	407	402	5	A3	2
237	1	RDO	408	402	6	B1	2
238	1	RDO	409	402	7	B2	2
239	1	RDO	410	402	8	B3	2
240	1	RDO	411	402	9	B4	2
241	1	RDO	410,6	402	8,6	B5	2
242	1	RDO	409,6	402	7,6	B6	2
243	1	RDO	408,6	402	6,6	C1	2
244	1	RDO	407,6	402	5,6	C2	2
245	1	RDO	406,6	402	4,6	C3	2
246	1	RDO	405,06	402	3,06	C4	2
247	1	RDO	404,06	402	2,06	C5	2
248	1	RDO	403,06	402	1,06	C6	2
249	1	RDO	402,06	402	0,06	C7	2
250	1	RDO	401,06	402	-0,04	C8	2
251	1	RDO	400,06	402	-1,4	C9	2
252	1	RDO	399,6	402	-2,4	C10	2
253	1	RDO	398,6	402	-3,4	C11	2
254	1	RDO	397,6	402	-4,4	C12	2
255	1	RDO	396,6	402	-5,4	C13	2
256	1	RDO	395,6	402	-6,4	C14	2
257	1	RDO	394,6	402	-7,4	C15	2
258	1	RDO	393,6	402	-8,4	C16	2
259	1	RDO	392,6	402	-9,4	C17	2
260	1	Normal	391	402	-11		

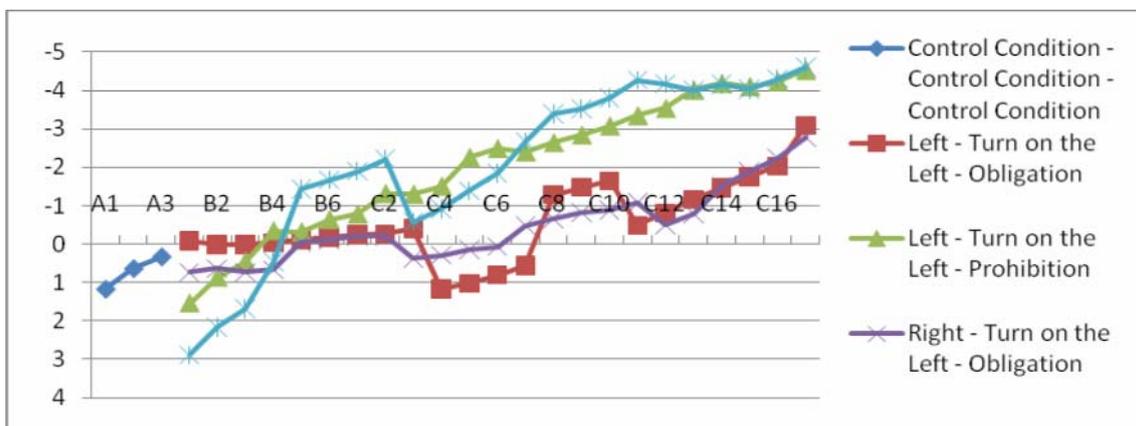
Tabla 2.1: Ejemplo de registro de datos del programa utilizado.

El análisis de la “opción tomada” se llevó a cabo metodológicamente de igual manera que en el experimento 1, pudiéndose cuantificar igualmente la cuenta de ocasiones en las que los sujetos tomaron una determinada opción en cada una de las condiciones experimentales y si ésta fue una opción correcta o no.

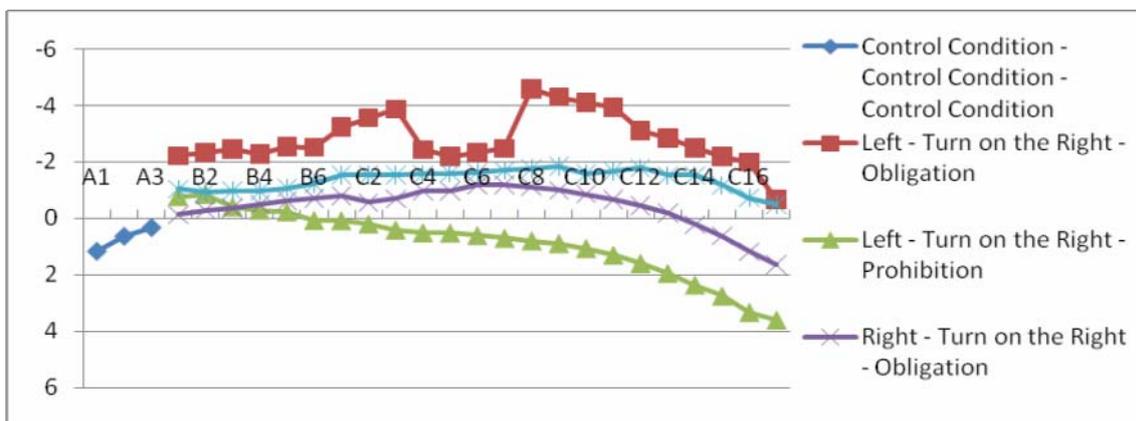
Resultados (II)

Los datos fueron analizados fotograma a fotograma, gracias a la codificación realizada a los mismos bajo el concepto de proceso de medición. Los primeros 3 fotogramas pertenecieron a la condición en ausencia de ningún tipo de señal (fase *pre-señal*) quedaron fuera de los análisis dado que en ellos no estuvieron presentes las distintas condiciones experimentales.

La gráficas 2.1 y 2.2 muestran la evolución del efecto a lo largo de los fotogramas correspondientes al proceso de medición. A diferencia de gráficas anteriores, éstas han sido divididas en base al efecto principal encontrado, esto es, el efecto de la variable *semántica de la señal* (ver tabla 2.2, como referencia, y gráficas 2.1 y 2.2).



Gráfica 2.1. Desviaciones promedio en píxeles (VD, eje Y) en cada una de las condiciones experimentales de las variables *posición de la señal* y *tipo de señal*, fijadas en la condición *hacia la izquierda* de la variable *semántica de la señal* (“control condition-control condition-control condition”, “left-turn on the left-obligation”, left-turn on the left-prohibition”, right-turn on the left-obligation” y “right-turn on the left-prohibition”, condiciones *control del movimiento general*, izquierda-hacia la izquierda-obligación, izquierda-hacia la izquierda-prohibición, derecha-hacia la izquierda-obligación y derecha-hacia la izquierda-prohibición, respectivamente, eje X), a lo largo del proceso de medición (fotogramas As, Bs y Cs, eje X) en el experimento 2.



Gráfica 2.2. Desviaciones promedio en píxeles (VD, eje Y) en cada una de las condiciones experimentales de las variables *posición de la señal* y *tipo de señal*, fijadas en la condición *hacia la derecha* de la variable *semántica de la señal* (“control condition-control condition-control condition”, “left-turn on the right-obligation”, left-turn on the right-prohibition”, right-turn on the right-obligation” y “right-turn on the right-prohibition”, condiciones *control del movimiento general*, izquierda-hacia la derecha-obligación, izquierda-hacia la derecha-prohibición, derecha-hacia la derecha-obligación y derecha-hacia la derecha-prohibición, respectivamente, eje X), a lo largo del proceso de medición (fotogramas As, Bs y Cs, eje X) en el experimento 2.

El fotograma B1 fue, igualmente, el primer fotograma en el que, en todas las condiciones experimentales, se presentaba el estímulo *señal de endógena*. A este primer fotograma experimental, se le realizó un análisis ANOVA 2x2x2 de medidas repetidas (centrado en los efectos principales de las VIs), dándose diferencias significativas entre las dos condiciones de la variable *semántica de la señal*, $F(1,10) = 5.50$, $MCE = 14.96$, $p < 0.05$. No hubo, sin embargo, diferencias significativas en las comparaciones dentro de las variables *posición de la señal* y *tipo de señal*, $F(1,10) = 0.76$, $MCE = 27.89$, $p = 0.40$ y $F(1,10) = 1.20$, $MCE = 11.24$, $p = 0.30$, respectivamente. En el fotograma B2, se mantuvo el mismo patrón de resultados, hubo diferencias significativas en la variable *semántica de la señal*, $F(1,10) = 7.30$, $MCE = 9.63$, $p < 0.03$, y, por el contrario, las diferencias entre los niveles de las variables *posición de la señal* y *tipo de señal* no fueron estadísticamente significativas, $F(1,10) = 0.76$, $MCE = 27.89$, $p = 0.40$ y $F(1,10) = 1.20$, $MCE = 11.24$, $p = 0.30$, respectivamente (ver tabla 2.2).

Ninguna diferencia significativa se da entre las condiciones de las variables *posición de la señal*, *semántica de la señal* y *tipo de señal* desde el fotograma B3 hasta el C12 (pasando por el fotograma B6 en donde la señal desaparecía). Fotograma B3: *posición de la señal*, $F(1,10) = 0.57$, $MCE = 22.35$, $p = 0.47$, *semántica de la señal*, $F(1,10) = 4.41$, $MCE = 14.29$, $p = 0.06$, y *tipo de señal*, $F(1,10) = 0.67$, $MCE = 12.79$, $p = 0.43$, no-significativas. Fotograma C12: *posición de la señal*, $F(1,10) = 0.13$, $MCE = 21.65$, $p = 0.73$, *semántica de la señal*, $F(1,10) = 3.92$, $MCE = 14.06$, $p = 0.08$, y *tipo de señal*, $F(1,10) = 1.11$, $MCE = 13.15$, $p = 0.32$, igualmente no-significativas (ver tabla 2.2).

Es en el fotograma C13 (perteneciente a los fotogramas posteriores a la desaparición de cualquier tipo de señal y dependientes de la misma, fase *post-señal* del proceso de medición) en donde las diferencias significativas vuelven a aparecer en la misma dimensión que en el fotograma B1 y B2, *semántica de la señal*, $F(1,10) = 6.70$, $MCE = 15.55$, $p < 0.03$. Se repite el mismo patrón de resultados ya que las otras dos dimensiones del estímulo no presentan diferencias significativas entre sus condiciones: *posición de la señal*, $F(1,10) = 0.03$, $MCE = 19.49$, $p = 0.87$, y *tipo de señal*, $F(1,10) = 1.19$, $MCE = 11.62$, $p = 0.30$, no significativas (ver tabla 2.2).

EXPERIMENTO SEGUNDO: EFECTOS PRINCIPALES										
Codificación		Efecto Posición de la Señal			Efecto Semántica de la Señal			Efecto Tipo de Señal		
Fotograma	Curso de la presentación	<i>F</i>	<i>MCE</i>	<i>P</i>	<i>F</i>	<i>MCE</i>	<i>P</i>	<i>F</i>	<i>MCE</i>	<i>P</i>
B1	Aparición Señal	$F(1,10) = 0.76$	27.89	= 0.40	$F(1,10) = 5.50$	14.95	< 0.05	$F(1,10) = 1.20$	11.24	= 0.30
B2	Aparición Señal	$F(1,10) = 0.98$	23.03	= 0.35	$F(1,10) = 7.30$	9.63	< 0.03	$F(1,10) = 0.67$	11.66	= 0.43
B3	Aparición Señal	$F(1,10) = 0.57$	22.35	= 0.47	$F(1,10) = 4.41$	14.29	= 0.06	$F(1,10) = 0.67$	12.79	= 0.43
B4	Aparición Señal	$F(1,10) = 0.60$	19.55	= 0.46	$F(1,10) = 2.32$	14.35	= 0.16	$F(1,10) = 0.22$	12.46	= 0.65
B5	Aparición Señal	$F(1,10) = 0.20$	20.27	= 0.66	$F(1,10) = 1.54$	13.02	= 0.24	$F(1,10) = 0.15$	18.44	= 0.70
B6	Aparición Señal	$F(1,10) = 0.09$	17.31	= 0.77	$F(1,10) = 0.97$	14.29	= 0.35	$F(1,10) = 0.12$	16.97	= 0.73
C1	Post Señal	$F(1,10) = 0.08$	16.08	= 0.78	$F(1,10) = 0.90$	15.75	= 0.36	$F(1,10) = 0.12$	17.20	= 0.74
C2	Post Señal	$F(1,10) = 0.23$	15.79	= 0.64	$F(1,10) = 0.41$	19.72	= 0.54	$F(1,10) = 0.04$	17.17	= 0.84
C3	Post Señal	$F(1,10) = 0.92$	13.09	= 0.36	$F(1,10) = 0.89$	19.33	= 0.37	$F(1,10) = 0.26$	13.20	= 0.62
C4	Post Señal	$F(1,10) = 0.01$	29.08	= 0.92	$F(1,10) = 0.86$	19.95	= 0.37	$F(1,10) = 0.06$	25.95	= 0.81
C5	Post Señal	$F(1,10) = 0.00$	25.40	= 0.95	$F(1,10) = 0.34$	18.26	= 0.57	$F(1,10) = 0.19$	27.51	= 0.67
C6	Post Señal	$F(1,10) = 0.01$	26.10	= 0.90	$F(1,10) = 0.12$	17.05	= 0.73	$F(1,10) = 0.26$	23.85	= 0.62
C7	Post Señal	$F(1,10) = 0.28$	20.96	= 0.61	$F(1,10) = 0.05$	14.36	= 0.83	$F(1,10) = 0.30$	21.57	= 0.60
C8	Post Señal	$F(1,10) = 0.10$	15.58	= 0.76	$F(1,10) = 0.23$	17.55	= 0.64	$F(1,10) = 0.07$	16.76	= 0.80
C9	Post Señal	$F(1,10) = 0.05$	15.08	= 0.82	$F(1,10) = 0.67$	17.29	= 0.43	$F(1,10) = 0.01$	16.26	= 0.93
C10	Post Señal	$F(1,10) = 0.06$	15.71	= 0.81	$F(1,10) = 1.52$	17.70	= 0.25	$F(1,10) = 0.00$	16.84	= 0.98
C11	Post Señal	$F(1,10) = 0.11$	15.95	= 0.74	$F(1,10) = 1.68$	19.00	= 0.22	$F(1,10) = 0.34$	15.06	= 0.57
C12	Post Señal	$F(1,10) = 0.13$	21.65	= 0.73	$F(1,10) = 3.92$	14.06	= 0.08	$F(1,10) = 1.11$	13.15	= 0.32
C13	Post Señal	$F(1,10) = 0.03$	19.49	= 0.87	$F(1,10) = 6.70$	15.55	< 0.03	$F(1,10) = 1.19$	11.62	= 0.30
C14	Post Señal	$F(1,10) = 0.09$	18.80	= 0.78	$F(1,10) = 9.85$	17.03	< 0.02	$F(1,10) = 1.20$	10.69	= 0.30
C15	Post Señal	$F(1,10) = 0.12$	17.95	= 0.73	$F(1,10) = 12.23$	18.62	< 0.01	$F(1,10) = 0.59$	11.01	= 0.46
C16	Post Señal	$F(1,10) = 0.13$	14.39	= 0.72	$F(1,10) = 14.59$	23.52	< 0.01	$F(1,10) = 0.32$	10.74	= 0.59
C17	Post Señal	$F(1,10) = 0.32$	12.54	= 0.58	$F(1,10) = 20.18$	28.53	< 0.01	$F(1,10) = 0.15$	21.99	= 0.37

Tabla 2.2. Significación estadística, en su caso, de los efectos principales de las variables *posición de la señal*, *semántica de la señal* y *tipo de señal*, en cada uno de los fotogramas pertenecientes al proceso de medición (desde la aparición de la señal) en el experimento 2. Datos en rojo: fotogramas con diferencias estadísticamente significativas entre sus condiciones.

Este patrón se repite hasta el último fotograma registrado, número C17, que coincide con el comienzo de la bifurcación de la carretera. Fotograma C17, dimensión *semántica de la señal* significativa, $F(1,10) = 6.70$, $MCE = 15.55$, $p < 0.03$, dimensiones *posición de la señal* y *tipo de señal* no-significativas, $F(1,10) = 0.76$, $MCE = 27.89$, $p = 0.40$ y $F(1,10) = 1.20$, $MCE = 11.24$, $p = 0.30$, respectivamente (ver tabla 2.2).

Con respecto a efectos interactivos primarios (pertenecientes al emparejado 2-2 de las tres variables independientes, ver tabla 2.3), desde el fotograma experimental B1 hasta el fotograma C5 no se desvela ninguna diferencia estadísticamente significativa entre

los pares de las VIs. Fotograma B1: *posición de la señal X semántica de la señal*, $F(1,10) = 0.07$, $MCE = 19.18$, $p = 0.79$, *posición de la señal X tipo de señal*, $F(1,10) = 0.34$, $MCE = 36.36$, $p = 0.57$, y *semántica de la señal X tipo de señal*, $F(1,10) = 0.00$, $MCE = 28.86$, $p = 0.99$, no significativas. Fotograma C5: *posición de la señal X semántica de la señal*, $F(1,10) = 0.07$, $MCE = 22.00$, $p = 0.8$, *posición de la señal X tipo de señal*, $F(1,10) = 0.24$, $MCE = 11.17$, $p = 0.63$, y *semántica de la señal X tipo de señal*, $F(1,10) = 4.5$, $MCE = 14.64$, $p = 0.06$, igualmente no significativas.

EXPERIMENTO SEGUNDO: INTERACCIONES PRIMARIAS										
Codificación		Interacción Posición-Semántica			Interacción Posición-Tipo			Interacción Semántica-Tipo		
Fotograma	Curso de la presentación	F	MCE	P	F	MCE	P	F	MCE	P
B1	Aparición Señal	$F(1,10) = 0.07$	19.18	= 0.79	$F(1,10) = 0.34$	36.36	= 0.57	$F(1,10) = 0.00$	28.86	= 0.99
B2	Aparición Señal	$F(1,10) = 0.03$	27.03	= 0.87	$F(1,10) = 0.13$	45.72	= 0.72	$F(1,10) = 0.04$	29.37	= 0.84
B3	Aparición Señal	$F(1,10) = 0.03$	23.30	= 0.86	$F(1,10) = 0.29$	43.75	= 0.60	$F(1,10) = 0.20$	23.93	= 0.67
B4	Aparición Señal	$F(1,10) = 0.02$	22.53	= 0.90	$F(1,10) = 0.31$	35.75	= 0.59	$F(1,10) = 0.72$	23.38	= 0.42
B5	Aparición Señal	$F(1,10) = 0.11$	32.48	= 0.75	$F(1,10) = 0.27$	57.52	= 0.62	$F(1,10) = 0.74$	31.97	= 0.41
B6	Aparición Señal	$F(1,10) = 0.04$	36.11	= 0.85	$F(1,10) = 0.29$	62.53	= 0.60	$F(1,10) = 0.98$	28.80	= 0.35
C1	Post Señal	$F(1,10) = 0.11$	39.07	= 0.75	$F(1,10) = 0.49$	61.94	= 0.50	$F(1,10) = 1.75$	25.40	= 0.21
C2	Post Señal	$F(1,10) = 0.11$	37.58	= 0.74	$F(1,10) = 0.65$	55.25	= 0.44	$F(1,10) = 1.58$	28.13	= 0.24
C3	Post Señal	$F(1,10) = 0.05$	21.07	= 0.83	$F(1,10) = 0.96$	26.83	= 0.35	$F(1,10) = 3.45$	10.14	= 0.09
C4	Post Señal	$F(1,10) = 0.04$	23.29	= 0.85	$F(1,10) = 0.29$	11.10	= 0.60	$F(1,10) = 5.59$	11.10	= 0.06
C5	Post Señal	$F(1,10) = 0.07$	22.00	= 0.80	$F(1,10) = 0.24$	11.17	= 0.63	$F(1,10) = 4.50$	14.64	= 0.06
C6	Post Señal	$F(1,10) = 0.09$	21.67	= 0.77	$F(1,10) = 0.40$	10.70	= 0.54	$F(1,10) = 5.03$	15.33	< 0.05
C7	Post Señal	$F(1,10) = 0.01$	23.52	= 0.91	$F(1,10) = 1.27$	9.06	= 0.29	$F(1,10) = 6.01$	15.18	< 0.04
C8	Post Señal	$F(1,10) = 0.07$	16.76	= 0.80	$F(1,10) = 0.16$	17.89	= 0.70	$F(1,10) = 6.06$	12.74	< 0.03
C9	Post Señal	$F(1,10) = 0.06$	16.20	= 0.80	$F(1,10) = 6.93$	11.01	< 0.03	$F(1,10) = 6.33$	16.94	< 0.04
C10	Post Señal	$F(1,10) = 0.05$	15.80	= 0.83	$F(1,10) = 9.48$	8.21	< 0.02	$F(1,10) = 6.11$	18.92	< 0.04
C11	Post Señal	$F(1,10) = 0.16$	21.71	= 0.70	$F(1,10) = 9.73$	5.60	< 0.02	$F(1,10) = 4.75$	30.52	= 0.05
C12	Post Señal	$F(1,10) = 0.01$	20.02	= 0.91	$F(1,10) = 9.36$	6.20	< 0.02	$F(1,10) = 4.53$	28.05	= 0.06
C13	Post Señal	$F(1,10) = 0.19$	14.29	= 0.67	$F(1,10) = 5.81$	8.26	< 0.04	$F(1,10) = 3.77$	33.93	= 0.08
C14	Post Señal	$F(1,10) = 0.23$	14.67	= 0.64	$F(1,10) = 6.08$	8.79	< 0.04	$F(1,10) = 3.16$	33.48	= 0.11
C15	Post Señal	$F(1,10) = 0.27$	12.58	= 0.62	$F(1,10) = 4.97$	10.58	< 0.05	$F(1,10) = 2.58$	31.89	= 0.14
C16	Post Señal	$F(1,10) = 0.16$	12.87	= 0.70	$F(1,10) = 4.71$	13.36	= 0.05	$F(1,10) = 2.82$	32.19	= 0.12
C17	Post Señal	$F(1,10) = 0.88$	8.96	= 0.37	$F(1,10) = 3.24$	19.61	= 0.10	$F(1,10) = 1.40$	33.09	= 0.26

Tabla 2.3. Significación estadística, en su caso, de las interacción primarias entre los pares *posición de la señal X semántica de la señal*, *posición de la señal X tipo de señal* y *semántica de la señal X tipo de señal*, en cada uno de los fotogramas pertenecientes al proceso de medición (desde la aparición de la señal) en el experimento 2. Datos en rojo: fotogramas con diferencias estadísticamente significativas entre sus condiciones.

En el Fotograma C6, las interacciones *posición de la señal X semántica de la señal*, $F(1,10) = 0.09$, $MCE = 21.67$, $p = 0.4$, y *posición de la señal X tipo de señal*, $F(1,10) = 0.4$, $MCE = 10.7$, $p = 0.54$, no son estadísticamente significativas, siendo la interacción entre *semántica de la señal X tipo de señal*, por el contrario, significativa, $F(1,10) = 5.03$, $MCE = 15.33$, $p < 0.05$ (ver tabla 2.3).

Este patrón se repite hasta el fotograma C8, en el que las interacciones entre *posición de la señal X semántica de la señal*, $F(1,10) = 0.07$, $MCE = 16.76$, $p = 0.8$, y *posición de la señal X tipo de señal*, $F(1,10) = 0.16$, $MCE = 17.89$, $p = 0.7$, no son estadísticamente significativas e interacción *semántica de la señal X tipo de señal*, $F(1,10) = 6.06$, $MCE = 12.74$, $p < 0.03$, es significativa (ver tabla 2.3).

En el fotograma C9 el patrón de resultados cambia, la interacción entre *posición de la señal X semántica de la señal*, $F(1,10) = 0.06$, $MCE = 16.20$, $p = 0.8$, permanece como no-significativa y, en este caso, la significación estadística tiene lugar entre los pares de variables *posición de la señal X tipo de señal*, $F(1,10) = 6.93$, $MCE = 11.01$, $p < 0.03$, y *semántica de la señal X tipo de señal*, $F(1,10) = 6.33$, $MCE = 16.94$, $p < 0.04$, siendo las diferencias entre sus distintas condiciones significativas (ver tabla 2.3).

El patrón de resultado en el fotograma C10 es idéntico al del fotograma C9, la interacción *posición de la señal X semántica de la señal*, $F(1,10) = 0.05$, $MCE = 15.8$, $p = 0.83$, es no-significativa y las interacciones *posición de la señal X tipo de señal*, $F(1,10) = 9.48$, $MCE = 8.21$, $p < 0.02$, y *semántica de la señal X tipo de señal*, $F(1,10) = 6.11$, $MCE = 16.94$, $p < 0.04$, son significativas (ver tabla 2.3).

En el fotograma C11 hay variaciones en la distribución de la significación interactiva, el par *posición de la señal X semántica de la señal*, $F(1,10) = 0.16$, $MCE = 21.71$, $p = 0.7$, permanece como no-significativa. En la interacción *posición de la señal X tipo de señal*, $F(1,10) = 9.73$, $MCE = 5.6$, $p < 0.02$, las diferencias estadísticas permanecen significativas pero en la interacción *semántica de la señal X tipo de señal*, $F(1,10) = 4.75$, $MCE = 30.52$, $p = 0.05$, las diferencias pasan a ser en este momento no-significativas (ver tabla 2.3).

El patrón, dado en el fotograma C11, se repite hasta el fotograma C15: *posición de la señal X semántica de la señal*, $F(1,10) = 0.27$, $MCE = 12.58$, $p = 0.62$, no-significativa, *posición de la señal X tipo de señal*, $F(1,10) = 4.97$, $MCE = 10.58$, $p < 0.05$, significativa y *semántica de la señal X tipo de señal*, $F(1,10) = 2.58$, $MCE = 31.89$, $p = 0.14$, no-significativa (ver tabla 2.3).

En el fotograma C16 desaparece cualquier tipo de significación estadística de las diferencias entre las condiciones experimentales, siendo *posición de la señal X semántica de la señal*, $F(1,10) = 0.16$, $MCE = 12.87$, $p = 0.7$, *posición de la señal X tipo de señal*, $F(1,10) = 4.71$, $MCE = 13.36$, $p = 0.05$, y *semántica de la señal X tipo de señal*, $F(1,10) = 2.82$, $MCE = 32.19$, $p = 0.12$, no-significativas (ver tabla 2.3).

En el último fotograma analizado C17, los resultados son equivalentes al fotograma anterior, no dándose ninguna diferencia significativa entre los distintos pares, *posición de la señal X semántica de la señal*, $F(1,10) = 0.88$, $MCE = 8.96$, $p = 0.37$, *posición de la señal X tipo de señal*, $F(1,10) = 3.24$, $MCE = 19.61$, $p = 0.1$, y *semántica de la señal X tipo de señal*, $F(1,10) = 1.4$, $MCE = 33.09$, $p = 0.26$ (ver tabla 2.3).

Con respecto a las interacciones secundarias, desde el fotograma experimental B1, $F(1,10) = 0.50$, $MCE = 20.72$, $p = 0.49$, hasta el fotograma C17, $F(1,10) = 2.07$, $MCE = 22.39$, $p = 0.18$, las diferencias entre los distintos niveles de la interacción *posición de la señal X semántica de la señal X tipo de señalización* no son estadísticamente significativas (ver tabla 2.4).

EXPERIMENTO SEGUNDO: INTERACCIONES SECUNDARIAS				
Codificación		Interacción Posición-Semántica-Tipo		
Fotograma	Curso de la presentación	<i>F</i>	<i>MCE</i>	<i>P</i>
B1	Aparición Señal	$F(1,10) = 0.50$	20.72	= 0.49
B2	Aparición Señal	$F(1,10) = 0.96$	13.84	= 0.35
B3	Aparición Señal	$F(1,10) = 0.66$	18.01	= 0.44
B4	Aparición Señal	$F(1,10) = 0.77$	18.53	= 0.40
B5	Aparición Señal	$F(1,10) = 1.50$	9.53	= 0.25
B6	Aparición Señal	$F(1,10) = 1.89$	8.26	= 0.20
C1	Post Señal	$F(1,10) = 2.68$	7.64	= 0.13
C2	Post Señal	$F(1,10) = 2.95$	10.32	= 0.12
C3	Post Señal	$F(1,10) = 2.39$	15.64	= 0.15
C4	Post Señal	$F(1,10) = 2.22$	16.99	= 0.17
C5	Post Señal	$F(1,10) = 2.28$	18.71	= 0.16
C6	Post Señal	$F(1,10) = 2.12$	17.76	= 0.18
C7	Post Señal	$F(1,10) = 1.67$	20.03	= 0.22
C8	Post Señal	$F(1,10) = 2.35$	15.44	= 0.16
C9	Post Señal	$F(1,10) = 2.64$	13.02	= 0.13
C10	Post Señal	$F(1,10) = 2.64$	11.47	= 0.13
C11	Post Señal	$F(1,10) = 2.62$	19.48	= 0.14
C12	Post Señal	$F(1,10) = 1.67$	21.96	= 0.22
C13	Post Señal	$F(1,10) = 2.21$	22.64	= 0.17
C14	Post Señal	$F(1,10) = 3.01$	20.91	= 0.11
C15	Post Señal	$F(1,10) = 2.72$	23.56	= 0.13
C16	Post Señal	$F(1,10) = 3.24$	22.31	= 0.10
C17	Post Señal	$F(1,10) = 2.07$	22.39	= 0.18

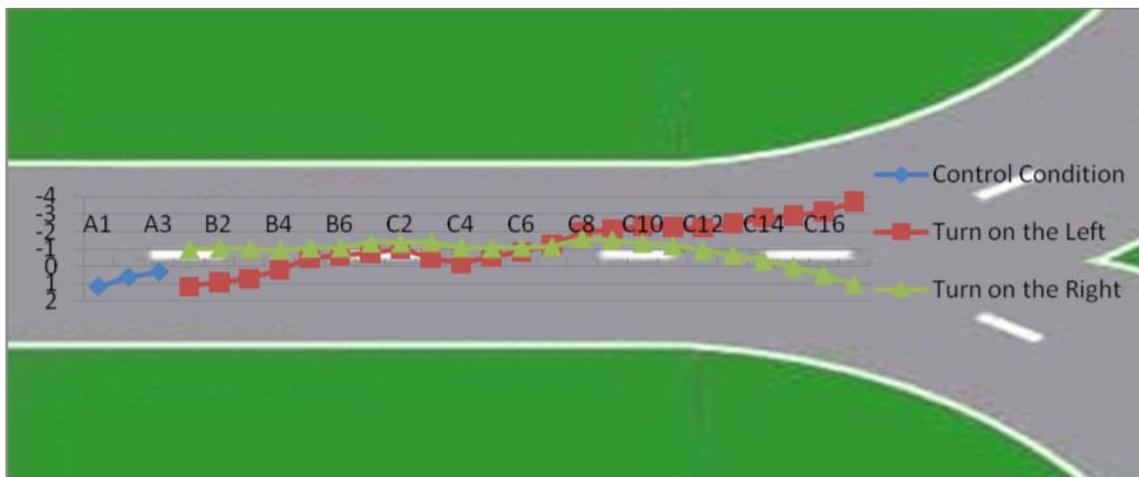
Tabla 2.4. Significación estadística, es su caso, de la interacción secundaria entre *posición de la señal X semántica de la señal X tipo de señal*, en cada uno de los fotogramas pertenecientes al proceso de medición (desde la aparición de la señal) en el experimento 2.

Conclusiones (II)

Como se puede apreciar, en un contexto complejo (como es el caso del contexto de este experimento en el que la información semántica puede expresarse de dos posibles formas, una positiva y otra negativa, obligatoria y prohibitoria respectivamente), se ha encontrado un efecto inicial (fotogramas B1 y B2, con una duración total de 120 ms) de repulsión semántica más potente, ya que estadísticamente lo cancela, que el efecto exógeno posicional encontrado en estudios anteriores (variable *semántica de la señal* en los fotogramas iniciales indicados, ver tabla 2.2). Específicamente, cuando la señal indicaba giro hacia la izquierda, los sujetos se desviaban, como promedio, más hacia la derecha (o el promedio de desviaciones tomaba valores más positivos) que cuando el

sentido semántico de la señal era de giro hacia la derecha (en el que la media desviación se situaba más hacia la izquierda o tomaba valores más negativos, ver gráficas 2.1 y 2.2), de manera coherente con nuestro concepto de nota mental negativa de “todavía no”.

Dicho de otro modo, los sujetos, de manera general, se desvían hacia la dirección contraria de la dirección que la señal indica que se ha de tomar (de manera independiente a dónde ésta aparezca, *posición de la señal*, y del modo en que se haga, *tipo de señal*, ver dibujo 2.1 en el que se muestran los resultados agrupados en las dos condiciones de *semántica de la señal*).

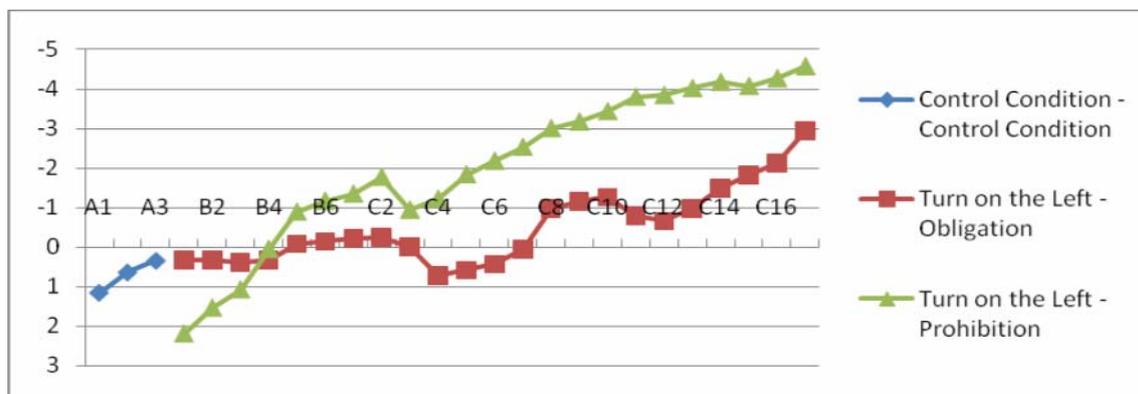


Dibujo 2.1. Representación aproximada del comportamiento del sujeto en el tramo en donde aparecía la señal antes de la bifurcación en el experimento 2, en la que se han agrupado los datos en las condiciones de *semántica de la señal* (*hacia la izquierda y hacia la derecha*). “Control condition”: condición *control del movimiento general*; “turn on the left”: condición *hacia la izquierda*; “Y “turn on the right”: condición *hacia la derecha*.

Este efecto de repulsión inicial contrasta con los resultados primigenios obtenidos en esta línea de investigación, dado que se encontró en dichos experimentos el mismo efecto repulsivo pero con una *señal exógena* y desde la posición de aparición de ésta pero, en esta ocasión se podría afirmar que es repulsiva a la representación de la dirección que posteriormente tomará (debido a la nota mental “todavía no” anteriormente postulada).

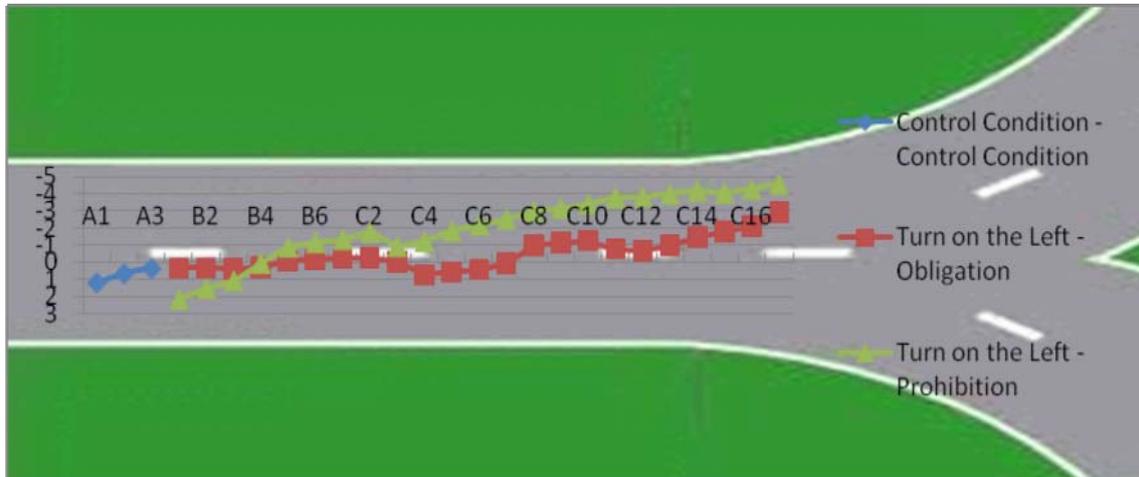
Siguiendo en el efecto principal (*semántica de la señal*), se ha encontrado, al igual que en el experimento 1, un efecto semántico preparatorio significativo y opuesto al repulsivo inicial (desde el fotograma C13 hasta el fotograma C17, que era el fotograma inmediatamente anterior a la bifurcación, con una duración, por tanto, de 300 ms) hacia la dirección correcta de toma de la vía. Los sujetos, de manera significativa, se sitúan en esta fase y en todas las condiciones, más hacia la izquierda del centro de la carretera (o sus desviaciones a la misma toman valores más negativos), cuando el sentido semántico era de giro hacia la izquierda, y, más hacia la derecha (o toman valores más positivos), cuando el sentido semántico era de giro hacia la derecha, como es lógico y era de esperar (ver gráficas 2.1 y 2.2, como referencia, y dibujo 2.1).

Se ha encontrado una modulación del efecto de la *semántica de la señal* por el *tipo de señal* (durante los fotogramas del C6 al C10, con duración total de 300 ms, ver tabla 2.3), en el sentido de que cuando la señal indicaba giro hacia la izquierda y dicha dirección hubo sido indicada con una señal de prohibición, independientemente de la *posición de la señal*, la desviación promedio al centro de la carretera se desvía más hacia la izquierda (o toma valor más negativo) que cuando se señala dicha dirección con una señal de obligación (ver gráfica 2.3).



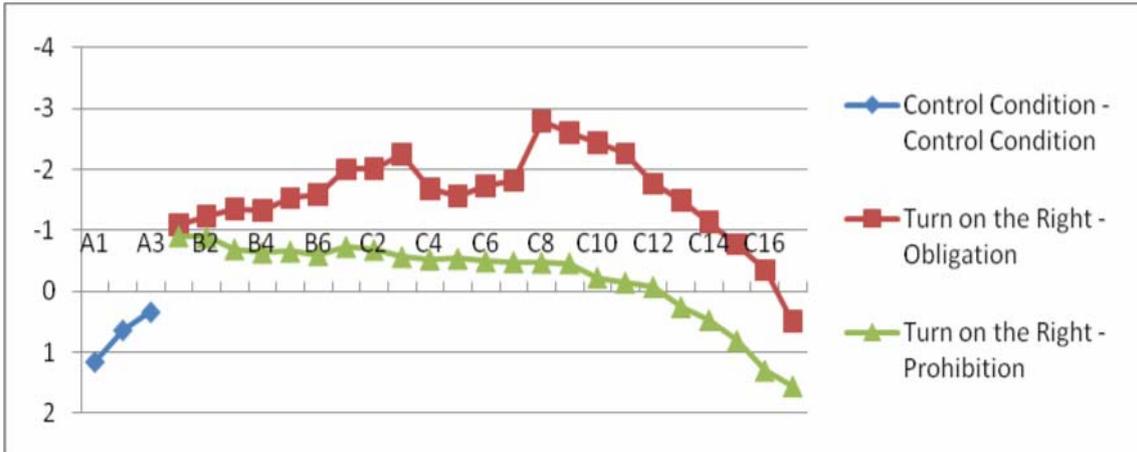
Gráfica 2.3. Desviaciones promedio en píxeles (VD, eje Y) agrupados en cada una de las condiciones experimentales de la variable *tipo de señal* (*obligación* y *prohibición*), fijadas en la condición *hacia la izquierda* de la variable *semántica de la señal* (“control condition-control condition”, “turn on the left-obligation” y “turn on the left-prohibition”, condiciones *control del movimiento general*, *hacia la izquierda-obligación* y *hacia la izquierda-prohibición*, respectivamente, eje X), a lo largo del proceso de medición (fotogramas *As*, *Bs* y *Cs*, eje X) en el experimento 2.

Dicho de otro modo, siendo el sentido semántico el mismo (giro hacia la izquierda), las señales de prohibición provocan más efecto preparatorio que las señales de obligación, seguramente provocado por la sobrecompensación del mayor desvío del centro de la carretera en las fases iniciales de proceso (ver dibujo 2.2).



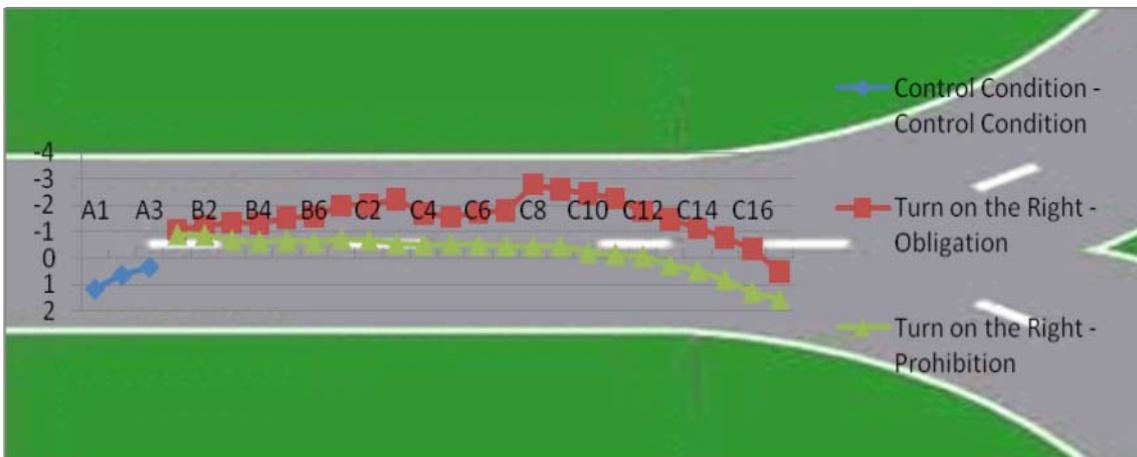
Dibujo 2.2. Representación aproximada del comportamiento del sujeto en el tramo en donde aparecía la señal antes de la bifurcación en el experimento 2, en la que se han agrupado los datos en las condiciones de *tipo de señal* en la condición *hacia la izquierda* de *semántica de la señal* (*hacia la izquierda-obligación* y *hacia la izquierda-prohibición*). “Control condition”: condición *control del movimiento general*; “turn on the left-obligation”: condición *hacia la izquierda-obligación*; Y “turn on the left-prohibition”: condición *hacia la izquierda-prohibición*.

Cuando el giro es hacia la derecha, el patrón de resultados se mantiene simétricamente hablando. De manera opuesta al caso anterior, el valor de la media de desviaciones al centro de la carretera se desplazan más hacia la derecha (o toma valor más positivo) cuando la señal es prohibitoria que cuando es obligatoria durante los mencionados fotogramas (ver gráfica 2.4).



Gráfica 2.4. Desviaciones promedio en píxeles (VD, eje Y) agrupadas en cada una de las condiciones experimentales de la variable *tipo de señal* (obligación y prohibición), fijadas en la condición *hacia la derecha* de la variable *semántica de la señal* (“control condition-control condition”, “turn on the right-obligation” y “turn on the right-prohibition”, condiciones *control del movimiento general*, *hacia la derecha-obligación* y *hacia la derecha-prohibición*, respectivamente, eje X), a lo largo del proceso de medición (fotogramas *As*, *Bs* y *Cs*, eje X) en el experimento 2.

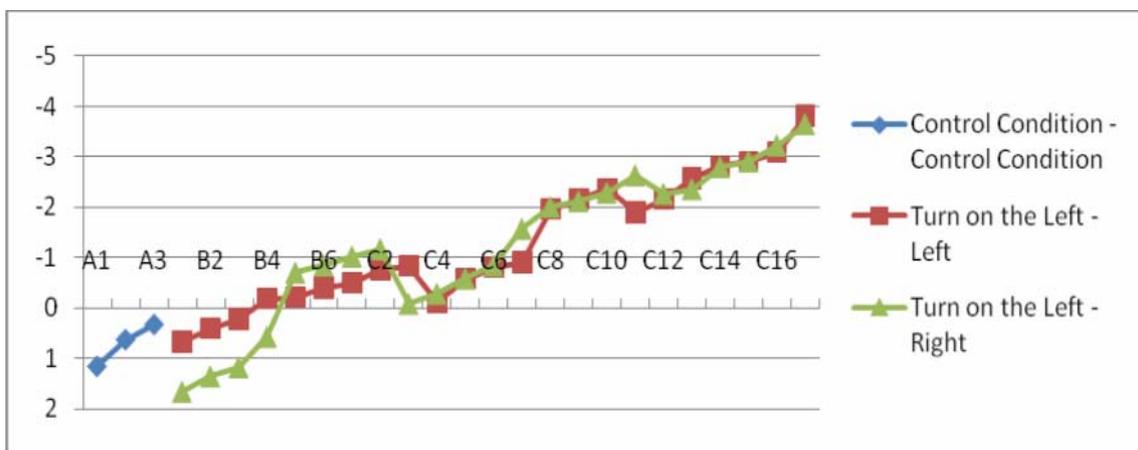
El efecto preparatorio, por tanto, también en este caso, es mayor (se desplaza más hacia el lado a tomar adecuado) utilizando la prohibición que la obligación (ver dibujo 2.3).



Dibujo 2.3. Representación aproximada del comportamiento del sujeto en el tramo en donde aparecía la señal antes de la bifurcación en el experimento 2, en la que se han agrupado los datos en sólo las condiciones de *tipo de señal* (obligación y prohibición) en la condición *hacia la derecha* de *semántica de la señal*. “Control condition”: condición *control del movimiento general*; “turn on the right-obligation”: condición *hacia la derecha-obligación*; Y “turn on the right-prohibition”: condición *hacia la derecha-prohibición*.

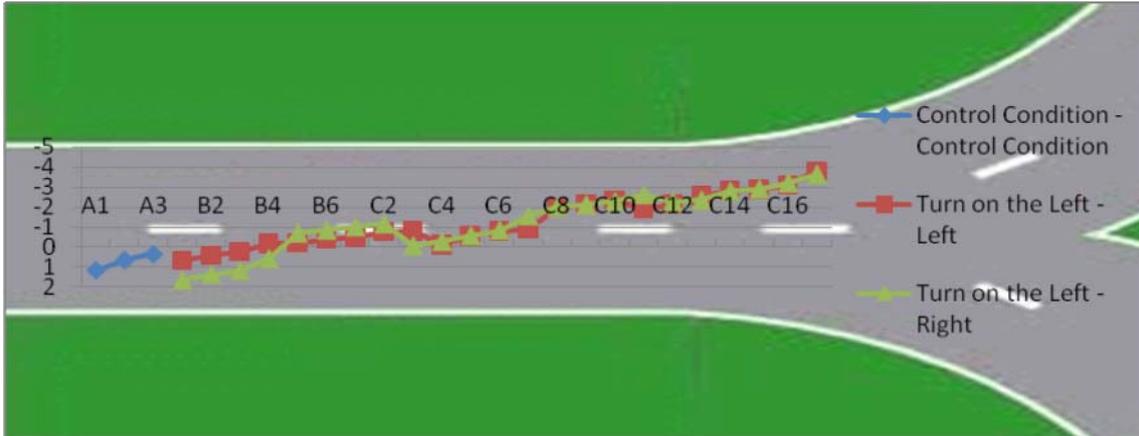
Se desvela otro efecto interactivo primario y es el correspondiente a la interacción entre la *posición de la señal* y la *semántica de la señal* (desde el fotograma C9 hasta el C15,

con duración de 420 ms, ver tabla 2.3, como referencia). La *semántica de la señal* es modulada por la *posición de la señal* en el sentido de que (dado el sentido semántico de giro hacia la izquierda y durante los mencionados fotogramas), cuando la señal fue presentada en la izquierda de la carretera, la desviaciones promedio se localizaron en posiciones más en la izquierda (o tomaron valores más negativos) que cuando la señal fue presentada a la derecha de la carretera, desvelándose una modulación del efecto del significado por el efecto atractivo exógeno hacia la localización de aparición de la señal (ver gráfica 2.5).



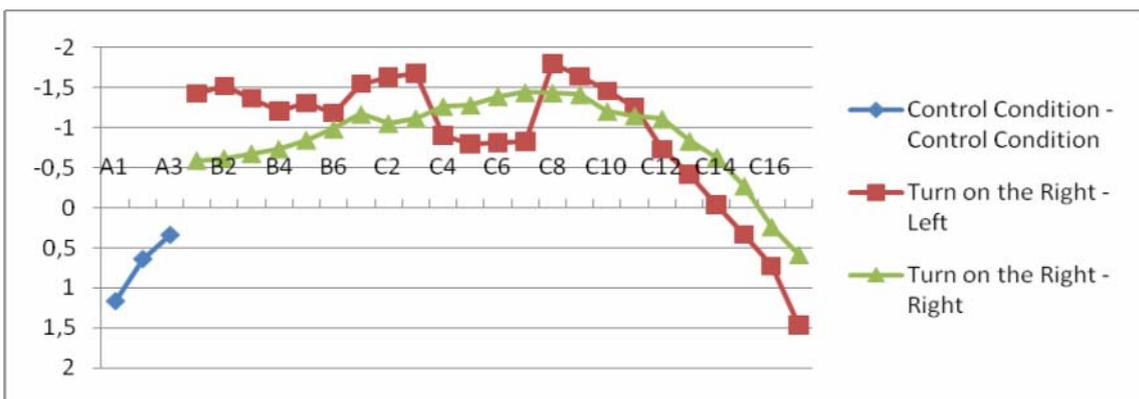
Gráfica 2.5. Desviaciones promedio en píxeles (VD, eje Y) agrupadas en cada una de las condiciones experimentales de la variable *posición de señal* (*izquierda y derecha*), fijadas en la condición *hacia la izquierda* de la variable *semántica de la señal* (“control condition-control condition”, “turn on the left-left” y “turn on the left-right”, condiciones *control del movimiento general, hacia la izquierda-izquierda y hacia la izquierda-derecha*, respectivamente, eje X), a lo largo del proceso de medición (fotogramas *As, Bs y Cs*, eje X) en el experimento 2.

Dicho de otro modo, las señales localizadas en la izquierda, provocaron más efecto preparatorio que las señales localizadas en la derecha para este significado semántico de giro hacia la izquierda (ver dibujo 2.4).



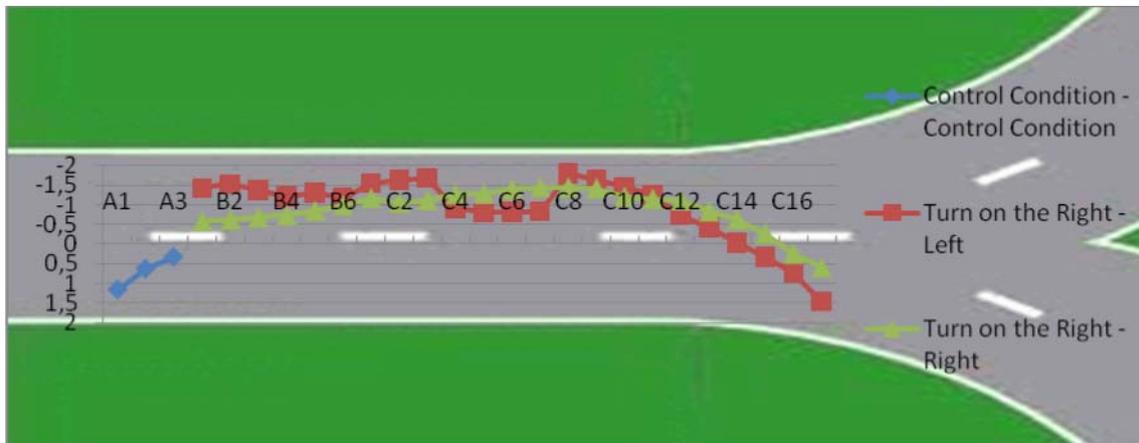
Dibujó 2.4. Representación aproximada del comportamiento del sujeto en el tramo en donde aparecía la señal antes de la bifurcación en el experimento 2, en la que se han agrupado los datos en sólo las condiciones de *posición de señal* (izquierda y derecha) en la condición *hacia la izquierda* de *semántica de la señal*. “Control condition”: condición *control del movimiento general*; “turn on the left-left”: condición *hacia la izquierda-izquierda*; Y “turn on the left-right”: condición *hacia la izquierda-derecha*.

Por otro lado, dentro del mismo caso de interacción primaria *posición de la señal X semántica de la señal* (para un giro hacia la derecha, de manera simétrica al caso anterior y en los fotogramas mencionados), cuando la señal aparecía a la izquierda de la carretera, en este caso, las medias de desviación al centro de la misma se posicionaban más en la derecha (o tomaba valores más positivos) que cuando la señal había aparecido en la derecha de la carretera (ver gráfica 2.6).



Gráfica 2.6. Desviaciones promedio en píxeles (VD, eje Y) agrupados en las condiciones experimentales de la variable *posición de señal* (izquierda y derecha), fijadas en la condición *hacia la derecha* de la variable *semántica de la señal* (“control condition-control condition”, “turn on the right-left” y “turn on the right-right”, condiciones *control del movimiento general*, *hacia la derecha-izquierda* y *hacia la derecha-derecha*, respectivamente, eje X), a lo largo del proceso de medición (fotogramas *As*, *Bs* y *Cs*, eje X) en el experimento 2.

Lo que es lo mismo, el efecto preparatorio es mayor, en este sentido semántico de giro hacia la derecha, cuando la señal aparecía en la izquierda de la carretera que cuando lo hacía en la derecha (ver dibujo 2.5).



Dibujos 2.5. Representación aproximada del comportamiento del sujeto en el tramo en donde aparecía la señal antes de la bifurcación en el experimento 2, en la que se han agrupado los datos en sólo las condiciones de *posición de la señal (izquierda y derecha)* en la condición *hacia la derecha* de *semántica de la señal*. “Control condition”: condición *control del movimiento general*; “turn on the right-left”: condición *hacia la derecha-izquierda*; Y “turn on the right-right”: condición *hacia la derecha-derecha*.

Conclusiones Generales

Siguiendo nuestro modelo de activación de respuesta dependiente del significado, se ha podido constatar, analizando los resultados de estos 2 experimentos de manera general, que el significado inherente que tienen las señales puede ser modificado por el contexto en el que se presenten. En el experimento 1 ya se puede apreciar cómo el efecto exógeno atractivo hacia la posición de aparición del estímulo es modulado por la representación mental del significado de la señal dependiente del contexto. Cuando el efecto exógeno produce una atracción hacia el lado izquierdo de la carretera (posición no-habitual ni “adecuada”), se activa una nota mental negativa de “todavía no”, contrarrestando el efecto exógeno atractivo en la condición *izquierda-hacia la izquierda* (situándose la desviación cercana al centro de la carretera) y potenciándolo en la condición *izquierda-hacia la derecha* (provocando una mayor desviación hacia la izquierda que el efecto exógeno atractivo solo, teniendo en cuenta la media de desviaciones al centro de la carretera fijando el efecto en la condición *izquierda*). En el caso en el que la señal se localiza en su presentación en la derecha de la carretera, al efecto exógeno posicional atractivo hacia dicha dirección se le une, en la mencionada

adecuación del movimiento (ya que el carril derecho es por donde se suele circular), en la condición *derecha-hacia la derecha*, la representación del giro hacia la derecha (sin la nota negativa de “todavía no”), provocando una desviación más pronunciada hacia el sentido de la desviación exógena, y, en la condición *derecha-hacia la izquierda*, se le une la representación de giro hacia la izquierda (igualmente si la nota mental negativa de “todavía no”, compensando, en este caso, el movimiento y situándose la desviación final cercana al centro de la carretera.

Es en el experimento 2 (en el que se propiciaba un ambiente complejo con dos posibles maneras de comunicación semántica, prohibición y obligación) donde el cambio y reestructuración del significado por el contexto es más patente que nunca, anulando todo efecto exógeno y prevaleciendo la semántica construida en dicho contexto complejo. Dicho de otro modo, en esta ocasión, el efecto semántico con la nota mental negativa de “todavía no” provoca un efecto semántico repulsivo que ensombrece a los posibles efectos secundarios que puedan darse.

Como conclusión principal, los resultados aquí relatados apoyan las premisas de nuestro modelo de partida y de construcción propia (modelo de activación de respuesta dependiente del significado), principalmente la premisa segunda que aboga por que es el significado que la señal tiene per se, y el que le da el sujeto en un contexto determinado, lo que provoca los efectos diferenciales de la atención sobre el movimiento.

Capítulo 8

Conclusiones Generales

Conclusiones Generales

Durante esta línea experimental se ha comprobado la ineficacia de modelos actuales de implementación del funcionamiento del cerebro en relación a las explicaciones referentes a la influencia de la atención sobre el movimiento. Estos modelos se basan en poblaciones de neuronas que codifican direcciones del movimiento distintas, solapamiento de dichas codificaciones (de cierta población de neuronas compartidas por codificaciones distintas) y explican los efectos diferenciales (atractivo y repulsivo) que la atención provoca sobre el movimiento con dos razonamientos distintos.

El modelo de vector de respuesta (Tipper et al., 1997), propone que los efectos diferenciales se deben a la actuación de dos mecanismos inhibitorios diferentes. La activación del mecanismo inhibitorio principal y potente, daría como resultado la inhibición total de la población de neuronas solapadas entre las codificaciones de dos movimientos particulares, provocando una desviación desde la dirección del movimiento que ha sido inhibido. El mecanismo inhibitorio secundario y débil, dejaría cierta actividad de las neuronas solapadas y, como consecuencia, provocaría un efecto atractivo hacia la dirección del movimiento que ha sido inhibido débilmente. La activación de uno u otro mecanismo estaría dada por la saliencia de los estímulos presentados (definida como la capacidad de activación que provocan dichos estímulos en el sistema).

Nosotros hemos encontrado que un mismo estímulo (el cual debería tener la misma saliencia) provoca un efecto distinto en contextos distintos. Un *punto rojo*, en un contexto de aparición sorpresivo, provoca un efecto repulsivo desde la posición de aparición del mismo (experimentos 1 y 2 del capítulo II). Por el contrario, el mismo estímulo *punto rojo*, provoca un efecto atractivo hacia la posición de aparición del mismo en un contexto de presentación del estímulo no-sorpresiva (experimento 1 del capítulo III). Por tanto, es patente que no es la saliencia del estímulo per se lo que provoca los efectos diferenciales, ya que las características del estímulo fueron conservadas en estos experimentos; postulando que es el cambio de contexto lo que determina el significado que se le dé al estímulo y siendo éste el que determina el tipo de codificación que se le proporcione y, por tanto, el tipo de efecto que produce.

El modelo de activación de respuesta (Welsh y Elliott, 2004), proponía que el mecanismo de inhibición es único y que los efectos diferenciales sobre el movimiento se debían a las fases de medición del proceso de inhibición, producida por este mecanismo, en las que se había medido el efecto. De esta manera, se postula que cuando se da tiempo a que la inhibición se complete, las bases neuronales que codificaban dicho movimiento ahora inhibido, no pueden utilizarse para codificar un segundo movimiento, dando como resultado que el movimiento resultante fuese repulsivo desde la posición de presentación del estímulo inhibido. Cuando no se da el suficiente tiempo para que la inhibición se complete, por el contrario, las bases neurales que codifican el movimiento “a inhibir” conservan cierta actividad, lo que produce que el movimiento resultante se acerque parcialmente a la dirección de aparición de dicho estímulo.

Por nuestra parte, hemos encontrado, en todos los experimentos realizados, efectos constantes, es decir, en ningún caso se ha revertido, durante el proceso de medición continua, el efecto principal que ha provocado las señales utilizadas, en el efecto opuesto. Dicho de otro modo, las señales presentadas han producido un efecto que o ha sido corregido hacia posiciones correctas (como el centro de la carretera, experimento 1 del capítulo II, como ejemplo) o se han mantenido en el efecto provocado (experimento 3 del capítulo III, como ejemplo) o han sido modificados por un efecto distinto al inicial (como la actuación del efecto preparatorio, experimento 1 del capítulo IV, como ejemplo). Estos datos son incapaces de ser explicados desde el punto de vista de un mecanismo inhibitorio que actúe de manera cualitativamente distinta durante su proceso de actuación.

Es por ello que postulamos un nuevo modelo denominado, como ya se ha comentado anteriormente, “modelo de activación de respuesta dependiente del significado”.

Este modelo comparte con los anteriores (como bien apuntábamos en el capítulo III) su concepto de codificaciones del movimiento basadas en poblaciones de neuronas pero no creemos necesario el concepto de solapamiento de dichas poblaciones, dada la no-reversión de los efectos encontrados.

Se postula que el tipo de efecto depende del contexto en el que el estímulo aparezca y, por tanto, de la confluencia del significado que el estímulo tenga per se y del que el sujeto le dé. Sirva como ejemplo de esta premisa el experimento 1 del capítulo III en donde se dejó patente que la *señal exógena punto rojo* tenía cierto significado social (aportado por el sujeto), dado que producía efectos atractivos posicionales significativos, frente a la no-provocación de dichos efectos significativos, en el experimento 3 del mismo capítulo, de la *señal exógena punto blanco* en posiciones cercanas (ya que, en esta situación, este estímulo no tiene un significado intrínseco y tampoco se le aporta uno). Es obvio que la *señal exógena punto rojo* debe tener un significado, aunque fuese asociado a él (si no, los sujetos no se acercarían a ella como ocurre con una señal con un significado claro como el de *señal de gasolinera*, experimento 2 del capítulo III) pero, cuando dicho estímulo *punto rojo* cambia de contexto (como en el experimento 1 y 2 del capítulo II), es igualmente posible la reestructuración de su significado, hacia el de “peligroso”, como en este caso. Sirva igualmente de ejemplo el experimento 3 del capítulo III, en esta ocasión, el mismo estímulo en el mismo experimento tiene un significado distinto en 2 contexto distintos del mismo; el punto blanco provocaba un efecto atractivo leve y estadísticamente insignificante (por su significado “neutro”) en el contexto de aparición cercano a la carretera y un efecto repulsivo hacia el centro de la misma, cuando aparecía en un contexto lejano de la carretera y su significado era el de “peligro”.

Este efecto del significado es más potente que el efecto posicional del estímulo, es decir, su entidad es superior en el procesamiento ya que en los experimentos relatados en el capítulo IV, dicho efecto posicional, era ensombrecido por el efecto de la representación mental de su significado (giro a la derecha o giro a la izquierda). En este caso, su significado de un determinado tipo de giro más, en algunos casos, el significado de la nota mental de “todavía no”, modulaba el efecto exógeno en el experimento 1 (potenciándolo o contrarrestándolo) y lo anulaba en el experimento 2 (contrarrestándolo totalmente en todas las condiciones).

Por último, con respecto a las premisas de nuestro modelo, se postula la existencia de un mecanismo inhibitorio no totalmente efectivo, dado que los efectos son significativos (estadísticamente hablando) y procedimentalmente involuntarios (se les preguntó declarativamente a los sujetos si habían notado algún efecto y la respuesta fue negativa en todos los casos). Lo que provoca pensar que el mecanismo inhibitorio requiere tiempo para actuar, como es lógico, y no logra anular dichos efectos totalmente.

De manera gráfica, podría hacerse un paralelismo entre este modelo y la representación utilizada en la introducción general de este trabajo (dibujo 1.1). En ella se ejemplifican movimientos codificados hacia direcciones pero podría conceptuarse que dicha dirección no fuese posicional sino semántica. En este sentido, poblaciones de neuronas distintas codificarían movimientos distintos. Dichas codificaciones serían el resultado del vector suma de la excitación de la población de neuronas (cogiendo este concepto del modelo de vector de respuesta propuesto por Tipper et al., 1997). Cuando confluyen dos codificaciones, el vector semántico del movimiento resultante también es igual al vector suma de los dos vectores semánticos de dichas codificaciones. Por tanto, lo que provocaría los efectos diferenciales sería el sentido (el significado) de dicho vector, teniendo la misma dirección semántica (como algo relevante), podrían tener dos sentidos distintos (atractivo o repulsivo).

Desde nuestro nuevo prisma de implementación pueden explicarse igualmente los resultados de Welsh y Elliott (2004). Sólo cuando el no-objetivo aparecía antes del objetivo era cuando dicho estímulo tenía un significado (pre-señalizaba al objetivo) y, por tanto era cuando tenía efecto (comparadas con las condiciones en las que el no-objetivo aparecía después del objetivo, en las cuales podríamos afirmar que el no-objetivo tenía un significado “neutro”, como nuestro *punto blanco* en aparición cercana a la carretera). Dentro de que tuviese significado y produjese efecto, en -750 ms de aparición del no-objetivo antes que el objetivo, el sujeto puede discernir que el no-objetivo es realmente el no-objetivo y se le da un significado de “alejarse de”, por tanto, el movimiento hacia el objetivo debe compensar este otro movimiento repulsivo, resultando en que el movimiento final se aleja del no-objetivo parcialmente. Siguiendo con nuestro paralelismo de vectores, se podría decir que el vector del movimiento final

es el resultado de la suma de los vectores que codifican el no-objetivo y el objetivo con sentidos distintos (ya que tienen significados distintos), teniendo en cuenta que la dirección del movimiento era la misma puesto que tanto el no-objetivo como el objetivo aparecían en línea.

En -250 ms de aparición antes del no-objetivo que el objetivo, el sujeto no discierne bien el significado del no-objetivo, dándole un significado de objetivo y de “atrayente”, por tanto, el movimiento final contiene la codificación atrayente del objetivo más la codificación atrayente del no-objetivo, resultando en que el movimiento final se acerca parcialmente hacia el no-objetivo. Igualmente, utilizando el paralelismo de vectores, en este caso, el vector del movimiento resultante es la suma de los vectores que codifican el no-objetivo y el objetivo con el mismo sentido (significado atractivo para los dos), teniendo igualmente en cuenta que los estímulos aparecían en la misma línea.

De manera accesoria a la presentación y argumentación de este modelo de nueva creación, se han de comentar los resultados accesorios al mismo. Es patente que los efectos dependen tanto del significado, generado por el sujeto o per se del estímulo, como de la potencia del mismo, dado que en todos los experimentos realizados las interferencias entre condiciones y el curso temporal de los efectos cambia: Los experimentos 1 y 2 del capítulo II presentan un efecto exógeno posicional repulsivo con una duración en el primero de 440 ms y en el segundo sin poder determinarse; El experimento 1 del capítulo III presenta un efecto exógeno posicional atractivo con una duración de 900 ms; El experimento 2 del capítulo III presenta un efecto posicional atractivo con duración de 540 ms con una modulación del mismo por la aproximación en la aparición de la señal durante 350 ms; El experimento 3 del capítulo III presenta un efecto de protección hacia la izquierda del centro de la carretera de al menos 1020 ms (cuando aparece en posiciones lejanas e independientemente de la posición de aparición de la señal); El experimento 1 del capítulo IV presenta principalmente un efecto interactivo entre el efecto posicional atractivo y el efecto semántico repulsivo durante 900 ms; Y, por último, el experimento 2 del capítulo IV presenta principalmente un efecto de repulsión semántica durante 120 ms.

Igualmente de manera secundaria, es interesante y destacable la determinación de la vía escogida por el sujeto cuando a la señal hay que aportarle significado, como es el caso del *punto rojo* y el *punto blanco* en los experimento 1 y 3 del capítulo III. En estos contextos, cuando el significado era atractivo (*punto rojo*) la probabilidad se distribuye coherentemente a la distancia a la vía seleccionada y a la posición de aparición del estímulo, es decir, a una aparición más en la derecha, mayor probabilidad de escoger la vía de la derecha y a una aparición más en la izquierda, mayor probabilidad de escoger la vía de la izquierda. Cuando el significado es peligroso (*punto blanco* en posiciones de aparición lejanas), se provoca un desplazamiento hacia la izquierda de protección y, posteriormente se escoge con mayor probabilidad la vía contraria de dicho desplazamiento en este contexto de peligro, esto es, en este caso, escoger con mayor probabilidad la vía de la derecha. Todo ello contrastado con la no-determinación de vía cuando el significado era claro como el de *señal de gasolinera* del experimento 2 del capítulo III.

Con respecto a la trascendencia ergonómica de esta investigación, se ha demostrado como esencial el estudio profundo y detallado, desde la psicología cognitiva y con esta metodología desarrollada cercana a contextos reales, del diseño y mejora de los elementos insertos en la carretera para la potenciación de la Seguridad Vial, por sus consecuencias económicas y, ante todo, personales-emocionales.

Volviendo al prefacio de este trabajo, y como conclusión final, en relación a las sensaciones del movimiento atractivas hacia la atención a algo, al circular por la carretera, que fueron el punto de partida de esta investigación, podemos aseverar que sí hay “efecto bicicleta” o, como se ha denominado de nuevo durante esta investigación, efecto “perdone, ¿cómo dice?” pero los estudios aquí relatados, los resultados obtenidos y el modelo creado añadirían “pero depende”. Se puede afirmar, en el nivel de investigación alcanzado, que el “efecto bicicleta” se da cuando atendemos a algo que proporciona información (como la *señal de gasolinera*), o creemos que lo hace (como el *punto rojo*), en un ambiente no-complejo (cuanto más complejo se hace el contexto, más elementos con significado y posible efecto intervienen) y cuya información no sea

direccional (cuando hay que representarse una dirección, se ha constatado un efecto de repulsión semántica que puede llegar a ser más potente que el posicional atractivo).

Referencias

Referencias

- Bashinski, H. S. y Bacharach, V. R. (1980). Enhancement of perceptual sensitivity as the result of selectively attending to spatial locations. *Perception and Psychophysics*, 28(3), 241–248.
- Braine, M. D. S. y O'Brien, D. (1998). *Mental logic*. Mahwah, NJ: Erlbaum.
- Broadbent, D. E. (1958). *Perception and communication*. London: Pergamon Press.
- Castillo, A. y Paternina, A. (2006). Redes atencionales y sistema visual selectivo. *Universitas Psychologica*, 5(2), 305–325.
- Castro, C., Moreno-Ríos, S., Tornay, F. y Vargas, C. (2008). Mental representations of obligatory and prohibitory traffic signs. *Acta Psychologica*, 129, 8-17.
- Cheal, M. L. y Lyon, R. D. (1991). Importance of precue location in directing attention. *Acta Psychologica*, 76(3), 201–211.
- Clark, H. H. y Chase, W. G. (1972). On the process of comparing sentences against pictures. *Cognitive Psychology*, 3, 472–517.
- Egeth, H. E. y Yantis, S. (1997). Visual attention: control, representation, and time course. *Annual Review of Psychology*, 48, 269–297.
- Eimer, M., Foster, B., Van Velzen, J. y Prabhu, G. (2004). Covert manual response preparation trigger attentional shifts: ERP evidence for the premotor theory of attention. *Neuropsychologica*, 43(6), 957–966.
- Georgeopoulos, A. P. (1990). Neurophysiology of reaching. En M. Jeannerod (Ed.), *Attention and performance XIII* (pp. 227–263). Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates, Inc.
- Georgeopoulos, A. P. (1995). Current issues in directional motor control. *Trends in Neurosciences*, 18, 506–510.

Ghez, C., Favilla, M., Ghilardi, M. F., Gordon, J., Bermejo, R. y Pullman, S. (1997). Discrete and continuous planning of hand movements and isometric force trajectories. *Experimental Brain Research*, 115(2), 217–233.

Howard, L. A., Lupiáñez, J. y Tipper, S. P. (1999). Inhibition of return in a selective reaching task: An investigation of reference frames. *Journal of General Psychology*, 126(4), 421–442.

Irwin, D. E. y Gordon, R. D. (1998). Eye movements, attention, and transsaccadic memory. *Visual Cognition*, 5(1-2), 127–155.

Houghton, G. y Tipper, S. P. (1999). Attention and the control of action: An investigation of the effects of selection on population coding of hand and eye movement. En D. Heinke, G. W. Humphreys y A. Olsen (Eds.), *Connectionist models in cognitive neuroscience (Proceedings of the 5th neural computational and psychological workshop)*. New York: Springer-Verlag.

James, W. (1890). *The principles of psychology*. Macmillan/Harvard University Press.

Johnson-Laird, P. N. (1983). *Mental models: Towards a cognitive science of language, inference and consciousness*. Cambridge: Cambridge University Press.

Johnson-Laird, P. N. y Byrne, R. M. (2002). Conditionals: A theory of meaning, pragmatics and inferences. *Psychological Review*, 109, 646–678.

Jonides, J. (1981). Voluntary versus reflexive control of the mind's eye's movement. En J. B. Long y A. D. Baddeley (Eds.), *Attention and performance IX* (pp. 187–203). Hillsdale, NJ: Erlbaum.

Kahneman, D., (1973). *Attention and effort*. Englewoods Cliffs, N.J.: Prentice-Hall Inc.

Klein, R. M. (2000). Inhibition of return. *Trends in Cognitive Science*, 4(4), 138–147.

- LaBerge, D. (1995). Computational and anatomical models of selective attention in object identification. En M. S. Gazzaniga (Ed). *The cognitive neurosciences* (pp. 649-663).
- Lee, D. (1999). Effects of exogenous and endogenous attention on visually guided hand Movements. *Cognitive Brain Research*, 8(2), 143–156
- Macdonald, W. A. y Hoffmann, E. R. (1978). Information coding on turn restriction signs. *Proceedings of the 9th ARRB Conference*, 9(5), 361–382.
- Milán, E. y Tornay, F. J. (2001). Spotlight failure effect in exogenous orienting. *Acta Psychologica*, 108, 209–218.
- Posner, N. I. (1978). *Chronometric explorations of mind*. Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates Inc.
- Posner, M. I. (1980). Orienting of attention. *The Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 32, 3–25.
- Posner, M. I. y Cohen, Y. (1984). Components of visual orienting. En H. Bouma y D. Bowhuis (Eds.), *Attention and performance X* (pp. 531–556). Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- Posner, N. I. y Dehaene, S. (1994). Attentional networks. *Trends in Neurosciences*, 17, 75–79.
- Posner, N. I. y Petersen, S. E. (1990). The attention system of the human brain. *Annual Review of Neurosciences*, 13, 25–42.
- Posner, N. I. y Raichle, M. E. (1994). *Images of mind*. New York: Scientific American Library.
- Rizzolatti, G., Riggio, L., Dascola, I. y Umiltà, C. (1987). Reorienting attention across the horizontal and vertical meridians: evidence in favor of a promotor theory of attention. *Neuropsychologia*, 25, 31–40.

- Rizzolatti, G., Riggio, L. y Sheliga, B. (1994). Space and selective attention. En C. Umiltà y M. Moscovitch (Eds.), *Attention and performance XV* (pp. 231–265). Cambridge, MA: MIT Press.
- Ruz, M. y Lupiáñez, J. (2002). A review of attentional capture: On its automaticity and sensitivity to endogenous control. *Psicológica*, 23(2), 283–369.
- Sheliga, B. M., Riggio, L. y Rizzolatti, G. (1995). Spatial attention and eye movements. *Experimental Brain Research*, 105(2), 261–275.
- Tipper, S. P., Howard, L. A. y Houghton, G. (1999). Behavioral consequences of selection from neural population codes. En S. Monsell y J. Driver (Eds.), *Attention and performance XVIII* (pp. 223–245). Cambridge, MA: MIT Press.
- Tipper, S. P., Howard, L. A. y Jackson, S. R. (1997). Selective reaching to grasp: Evidence for distractor interference effects. *Visual Cognition*, 4, 1–38.
- Tipper, S. P., Lortie, C. y Baylis, G. C. (1992). Selective reaching: Evidence for action-centred attention. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 18(4), 891–905.
- Tresilian, J. R. (1999). Selective attention in reaching: When is an object not a distractor? *Trends in Cognitive Sciences*, 3, 407–408.
- Tucker, M. y Ellis, R. (1998). On the relations between seen objects and components of potential actions. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 24(3), 830–846.
- Tudela, P. (1992). Atención. En J. L. Fernández-Trespalacios y P. Tudela (Coords.), *Atención y percepción Vol. 3* (pp. 119-163). En J. Mayor y J. L. Pinillos (Eds.), *Tratado de Psicología General*. Madrid: Alhambra.

Weir, P. L., Weeks, D. J., Welsh, T. N., Elliott, D., Chua, R., Roy, E. A. y Lyons, J. (2003). Action-centred distractor effects in discrete control selection. *Experimental Brain Research*, 149, 207-213.

Welsh, T. N. y Elliott, D. (2004). Movement trajectories in the presence of a distracting stimulus: Evidence for a response activation model of selective reaching. *The Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 57A (6), 1031–1057.

Welsh, T. N., Elliott, D. y Weeks, D. J. (1999). Hand deviations toward distractors: Evidence for response competition. *Experimental Brain Research*, 127, 207–212.

Wickens, C. D. y Hollands, J. G. (2000). *Engineering psychology and human performance*. Upper Saddle River, NJ: Prentice Hall.