

INTEGRACIÓN DE LA INFORMACIÓN Y SEÑALIZACIÓN DE LAS INTERSECCIONES DEL TRÁFICO CON UNA SEÑAL DE OBLIGACIÓN, PROHIBICIÓN O AMBAS

Cristina Vargas, Sergio Moreno-Ríos y Cándida Castro

Facultad de Psicología
Universidad de Granada

INTRODUCCIÓN

La señal de tráfico es un display crucial para incrementar la seguridad en las carreteras, ya que proporciona al conductor información relevante y redundante, que le facilita la toma de las decisiones correctas, anticipando las maniobras y evitando accidentes (Rumar, 1990).

Por ejemplo, imaginémonos una situación de tráfico simple donde un coche se aproxima a una intersección con forma de T (dos posibles alternativas). Hay tres formas de informar al conductor de que se puede girar hacia la vía izquierda pero no hacia la vía derecha, señalizando bien con una señal de “obligatorio girar a la izquierda”, bien con una señal de “prohibido girar a la derecha” o señalizando con ambas señales (“obligatorio girar a la izquierda” y “prohibido girar a la derecha”), proporcionando información redundante. Aunque todas las alternativas producirían una conducta semejante, la investigación acerca del razonamiento sugiere que la representación de dichas señales es diferente. Así que, en esta intersección de dos vías, ¿qué opción sería la más adecuada?

Los teóricos que investigan las señales de tráfico, durante mucho tiempo, han estado de acuerdo en que las señales de prohibición producen TR más lentos y mayores errores que las señales de obligación (entre otros, MacDonald y Hoffman, 1978).

En este contexto, la psicología del pensamiento podría sugerir estrategias más eficientes para tomar decisiones en el área del tráfico, proporcionando un conocimiento más exhaustivo sobre las representaciones mentales inferidas que subyacen a las señales de tráfico.

En la presente investigación las señales de tráfico representan afirmaciones sobre situaciones permitidas o prohibidas. En la primera premisa se mostraba una intersección de dos vías (con forma de T) con una o dos señales de tráfico y un coche aproximándose a la intersección. En la segunda premisa, se mostraba la misma escena con el coche posicionado en alguna de las otras dos vías. A continuación, los participantes evaluaban si el giro simulado por el coche era no-permitido o permitido, de acuerdo a la señal o señales de tráfico que se mostraba en las premisas (obligatorio vs. prohibido vs. redundante). La tarea consistía en combinar la información con los hechos presentados para decidir qué acción tomar. Esta combinación de información podemos concebirla como una tarea de inferencia (por ejemplo, si voy conduciendo en dirección a Granada y hay una señal que indica que el próximo giro es para Madrid, yo no tengo que tomar el próximo giro).

Una de las teorías más relevantes que estudian los mecanismos generales del razonamiento deductivo es la “Teoría de los Modelos Mentales” (Johnson-Laird, 1983; Johnson-Laird y Byrne, 1991). De acuerdo con esta teoría, el razonamiento depende del significado de las afirmaciones y el conocimiento general para construir modelos mentales de las posibilidades compatibles con las premisas. Uno de los principios básicos de esta teoría es conocido

como “Principio de verdad”. En él se señala que las personas tendemos a representar y pensar sobre aquello que es verdad o posible evitando hacerlo sobre lo que es falso o imposible para no sobrecargar la memoria de trabajo. Esto no quiere decir que no podamos representar los modelos mentales correspondientes a lo que es falso, pues existe la posibilidad de crear notas mentales que indican que existen otros modelos o situaciones alternativas pero que no son inmediatamente accesibles. Para acceder a ellas, debemos realizar una operación que requiere tiempo y esfuerzo (Johnson-Laird, 2001; Johnson-Laird y Byrne, 2002).

Retornando al ejemplo anterior, un conductor ante una señal de obligación a la izquierda generaría un modelo mental que representaría un giro compatible con la información contenida en la señal, ya que inicialmente se representan los modelos mentales que las proposiciones sugieren directamente. El modelo mental de un giro a la derecha no se representaría en un primer momento. Sólo más tarde, si fuera necesario, el conductor construiría tal representación a partir de las notas mentales retenidas. Por lo tanto, el modelo mental inicial representaba lo posible o permitido, que sería un giro a la izquierda, pero no representaba la información falsa, que era un giro a la derecha. La teoría de los modelos mentales predice que a las situaciones inicialmente representadas se responderá más rápido y con menos errores (Jonson-Laird, 2001; Moreno-Ríos y García-Madruga, 2002).

Con el propósito de examinar estas predicciones, Castro, Moreno-Ríos y Tornay (*Enviado*) llevaron a cabo una serie experimental donde encontraron que la señal de obligación mostraba una mejor ejecución cuando la maniobra estaba permitida, en cambio, en la de prohibición, la respuesta era más rápida cuando la maniobra estaba no-permitida. Estos efectos son explicables de acuerdo a la “Teoría de los Modelos Mentales” (Johnson-Laird y Byrne, 1991). En el primer caso es

más fácil responder que un giro a la izquierda es permitido, que decir que un giro a la derecha no es permitido, pues el primero ha sido representado inicialmente, mientras que el segundo debería ser construido a posteriori. Lo opuesto debería suceder para la señal de prohibición a la derecha. Por lo que, aunque ambas señales son lógicamente equivalentes, éstas conducen a representaciones mentales completamente diferentes, lo cual puede explicar los diferentes resultados.

En el siguiente experimento, Castro, Moreno-Ríos, Tornay y Vargas (2008), el objetivo fue examinar qué sucede cuando se debe combinar información de dos señales, en lugar de una, para llevar a cabo correctamente la tarea (por ejemplo, dos señales de obligación o dos señales de prohibición). En esta ocasión, observamos un paralelismo, desapareciendo la interacción entre señal y maniobra, y apareciendo una ventaja global de la señal de obligación. Por lo que, la señal de prohibido siempre producía respuestas más lentas que la de obligación, además de presentar tiempos de reacción más rápidos para un giro permitido frente a uno no-permitido. Este resultado es consistente con la hipótesis de que es difícil combinar información sobre situaciones imposibles o no permitidas (prohibidas) pues se incrementaría la carga de memoria (Goldvarg y Johnson-Laird, 2001). Así, en una intersección de cuatro vías (+) con dos señales de prohibición, una a la izquierda y otra a la derecha, se debería transformar la representación inicial en representaciones de giros posibles o permitidos. Es decir, se transformaría en un permitido seguir hacia delante. Dicho proceso de conversión lleva más tiempo y produce peores resultados.

Nuestra siguiente pregunta sería, ¿qué sucederá cuando debemos combinar información posible (o permitida) e imposible (o no permitida), y a la vez redundante? Imaginemos una intersección con forma de T, donde aparezca una señal de obligación a la izquierda y otra de prohibición a la derecha.

Por otra lado, desde la Ergonomía Cognitiva, cuando se quiere garantizar la transmisión de una información importante, se suele utilizar la redundancia. Así, una información se transmite de forma redundante cuando hay más de una dimensión, canal o señal que emite la misma información. Por ejemplo, en una intersección con forma de T mostrando una señal de obligatorio girar a la izquierda y una señal de prohibido girar a la derecha. En esta situación se garantiza la transmisión de la información pero se pierde en eficacia al disminuir la cantidad de información que se podría transmitir. Así que, la redundancia del mensaje, por ejemplo, de una señal, se deberá estimar en función de si se quiere transmitir mucha información o si se pretende que se transmita menor cantidad pero de forma más segura. Si decidimos esta última alternativa, no se dispone de información relevante sobre el efecto que puede tener las dos dimensiones redundantes en la rapidez de la respuesta o en la precisión de las mismas frente a una sola dimensión.

En el presente trabajo se examina como se combina información permitida y no permitida. Así como los efectos que tiene la redundancia en los TR y precisión.

MÉTODO

Participantes

En esta investigación participaron 21 universitarios (16 mujeres) de la Facultad de Psicología de la Universidad de Granada. La edad media de los estudiantes era de 20,32 años. Todos ellos tenían una visión normal o corregida y recibieron créditos por su participación.

Estímulos

En cada ensayo se presentaron 2 pantallas sucesivas con escenas de tráfico que representaban intersecciones de 3 vías con señal de obli-

gación o prohibición (Figura 1). En todas las situaciones se presentaba una señal de tráfico (Figura 2).

Figura 1. Un ensayo formado por dos escenas de tráfico consecutivas que representan una intersección de dos vías con una señal de obligación

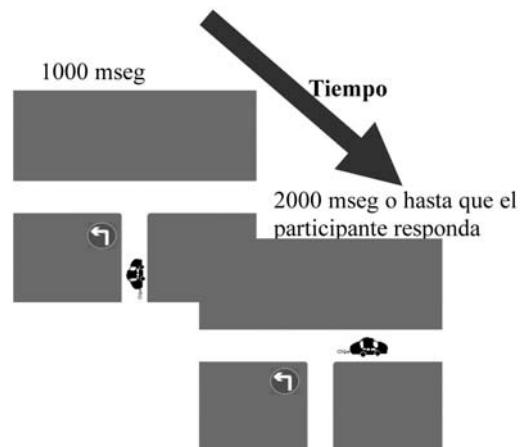
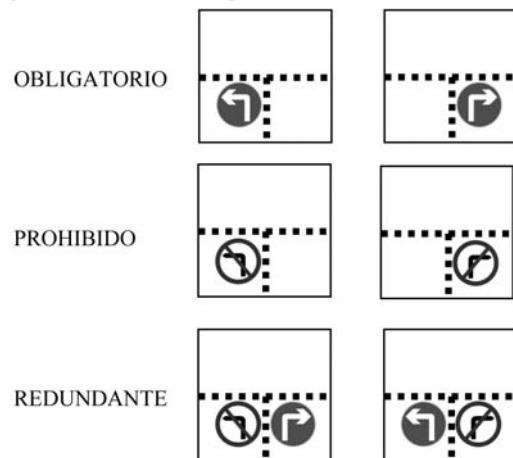


Figura 2. Condiciones experimentales



Procedimiento

Los participantes realizaron el experimento individualmente. Cada uno de ellos se sentó en una silla en frente de la pantalla del ordenador y realizó la tarea. En cada ensayo se presentaron 2 pantallas sucesivas: a) La primera escena mostró un coche situado en la parte inferior de la pantalla y varios caminos que puede seguir. También se encontraba en

esta escena una o dos señales de tráfico que obligaban o prohibían determinadas trayectorias. Esta escena se presentó durante 1000 mseg; b) La segunda escena, que aparecía a continuación de la primera, mostraba al mismo coche llegando a uno de los dos caminos permitidos. Esta escena duraba hasta que el participante daba la respuesta o un máximo de 2000 mseg. El programa E-Prime, Version 1.1. (Schneider, 2003) Software controló ambas presentaciones de estímulos y el registro de las respuestas.

La respuesta que se solicitaba a los participantes era simple e implicaba la presión de una de dos teclas, dependiendo si la maniobra estaba no-permitida o permitida. Se contrabalanceó el orden de presentación de la respuesta siendo “Z” permitido y “M” no permitido y a la inversa para otros participantes. El experimento comprendió un bloque de ensayos de práctica y 3 bloques de ensayos experimentales espaciados con descansos. Se aleatorizó el orden de presentación de estímulos, dentro de cada bloque y para cada participante. En cada bloque, los participantes realizaron un total de 36 ensayos experimentales. Se recogieron 18 observaciones por cada condición experimental.

RESULTADOS

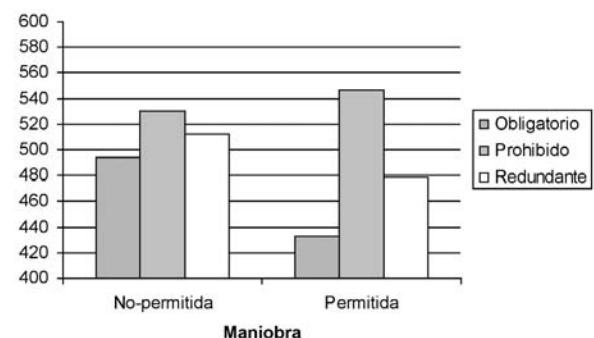
Se eliminaron del análisis las puntuaciones extremas que superaban en 3 desviaciones típicas la media en los tiempos de reacción (un total de 0,82%). Se realizaron dos ANOVAs de medidas repetidas 3x2, una de los tiempos de reacción obtenidos para las respuestas correctas y otra de los porcentajes de respuestas incorrectas. Las variables manipuladas y sus niveles fueron los siguientes: tipo de señal (obligatorio vs. prohibido vs. redundante) y maniobra del vehículo (no-permitida vs. permitida) (Tabla 1). Antes de realizar cada ANOVA, el supuesto de esfericidad fue eva-

luado con la prueba de esfericidad de Mauchly. Cuando este supuesto era violado, los grados de libertad eran modificados con la corrección epsilon de Greenhouse-Geisser.

Tabla 1. Medias de TR para respuestas correctas (en mseg) y porcentaje de errores entre paréntesis de cada condición experimental

	Obligatorio	Prohibido	Redundante
No-permitida	494,32 (15,80%)	530,54 (8,23%)	511,98 (10,36%)
Permitida	432,96 (12,98%)	546,47 (19,50%)	478,15 (6,08%)

Se obtuvieron los siguientes resultados (Figura 3):



La interacción de primer orden entre los dos factores fue significativa, $F(1,26, 25,31)= 6,69$, $MSE = 3807,63$, $p < 0,05$. El efecto principal tanto del tipo de señal como de la maniobra del vehículo fueron significativos también, $F(2,40)= 21,75$, $MSE = 2728,63$, $p < 0,001$ y $F(1,20)= 4,37$, $MSE = 5038,37$, $p < 0,05$ respectivamente.

Para analizar la interacción de primer orden se realizó un análisis posterior para las condiciones de la variable tipo de señal. Esta variable produjo resultados significativos en el análisis de la condición de obligatorio, $F(1,20)= 13,71$, $MSE = 2884,95$, $p < 0,001$ y en la condición de redundancia, $F(1,20)= 5,23$, $MSE = 2297,67$, $p < 0,05$.

En el análisis del porcentaje de las respuestas incorrectas (Tabla 1) la interacción de primer orden entre los dos factores fue significativa, $F(2, 40)= 14,85$, $MSE = 52,15$, $p < 0,001$. El efecto principal del tipo de se-

nal fue significativo, $F(2,40) = 7,08$, $MSE = 69,29$, $p < 0,01$.

Para analizar la interacción de primer orden se realizó un análisis posterior para las condiciones de la variable tipo de señal. Esta variable produjo resultados significativos en el análisis de la condición prohibido, $F(1,20) = 24,81$, $MSE = 53,76$, $p < 0,001$ y para la condición redundante, $F(1,20) = 5,05$, $MSE = 38,05$, $p < 0,05$.

CONCLUSIONES

El patrón de resultados obtenidos cuando se mostraba una señal, en general, corrobora los encontrados en anteriores investigaciones tanto para tiempos de reacción como para porcentaje de respuestas incorrectas (por ejemplo, Castro *et al.*, 2008). Cuando se presenta una señal de obligación se obtiene mejores resultados si la maniobra es permitida. Lo contrario sucede con una señal de prohibición, donde la ejecución es mejor cuando la maniobra es no-permitida. En la situación donde se presentan dos señales, con información redundante y es necesario integrarla, la maniobra permitida tiene ventajas sobre la no-permitida.

Los resultados obtenidos pueden explicarse a partir de la teoría de los Modelos Mentales. De acuerdo con las predicciones de esta teoría, las situaciones inicialmente representadas se responderá más rápido y con menos errores (Jonson-Laird, 2001; Moreno-Ríos y García-Madruga, 2002). El modelo mental que se generaría inicialmente cuando se presenta una señal de obligación es un giro compatible con la información mostrada en la señal. Es decir, ante una señal de obligación a la izquierda, el participante representaría mentalmente un giro a la izquierda. Lo inverso sucede cuando se presenta una señal de prohibición a la derecha. En esta ocasión, el participante representaría un giro no-permitido a la derecha, compatible con la información que origina la señal de tráfico.

Cuando se muestran dos señales, una señal de obligación y otra de prohibición, el patrón que se obtiene es consistente con la hipótesis de que es difícil integrar información imposible (Goldvarg y Johnson-Laird, 2001). La representación de una señal prohibida va acompañada de una nota mental que representa una situación imposible. Esta condición complica la combinación de información, en este caso la proporcionada por una señal de obligación. Por tanto, representar de forma aislada una señal de prohibición puede llegar a ser igual de eficiente que representar una de obligación. Sin embargo, combinar información cuando se presenta una señal de prohibición es difícil porque sería necesario incluir las notas mentales. Resultados similares se han obtenido cuando se tenía que integrar información procedente de dos señales de tráfico, desapareciendo la ventaja de no-permitida (Castro *et al.*, 2008). En esa ocasión se usaba una intersección de cuatro vías (+), por lo que la información no era redundante. Las cuestiones inmediatas que nos podemos plantear es si el patrón encontrado en el presente trabajo se mantiene cuando incrementamos el número de vías, por lo que la situación no proporcionaría información redundante. Tal vez los participantes hayan usado algún tipo de estrategia para facilitar la ejecución de la tarea. Así que estas incógnitas deberían de ser evaluadas en posteriores trabajos.

De acuerdo con la Ergonomía Cognitiva, cuando una información se transmite de forma redundante, garantizamos la transmisión pero disminuye la eficacia. Los datos obtenidos nos permiten incrementar el conocimiento sobre las consecuencias que tiene la redundancia en TR y precisión. En general, se ha encontrado una mayor precisión cuando se usa señales redundantes frente a una señal de obligación o de prohibición, garantizando así la transmisión de la información. Estos resultados van asociados con unos mejores TR cuando el giro es permitido frente al uso de una única señal de tráfico, si consideramos el promedio de actuación ante señales de obligatorio (más rápidas) y prohibido (más lentas).

En conclusión, los resultados obtenidos corroboran los encontrados en previas investigaciones (Castro, Tornay, Moreno-Ríos, Vargas y Molina, 2005; Castro *et al.*, 2008). Una señal de obligación es mejor para indicar que la maniobra es correcta que para indicar que es incorrecta. Lo contrario ocurre para la señal de prohibición. Cuando integramos información permitida y no permitida, y a la vez redundante, se encontró mejores resultados en la situación permitida vs. no permitida. Lo cual ponía de manifiesto la dificultad de combinar situación no permitida.

Estos datos nos proporcionan información de cómo interpretamos y actuamos ante señales de obligación, prohibición o redundante, explicando las diferencias que existen en la ejecución. Aunque la tarea utilizada en este estudio es de evaluación de situaciones de tráfico y no es una tarea propiamente de conducción, contiene elementos cognitivos comunes relativos a la interpretación de señales. Por ello, creemos que estos resultados deben de tenerse en cuenta a la hora de diseñar la mejor forma de transmitir información al conductor. Ello podría orientar en la colocación de las señales o en la creación de sistemas de señalización más potentes que aporten información más compleja pero fácilmente comprensible.

AGRADECIMIENTOS

Esta investigación ha sido posible gracias a una beca postdoctoral (EX2005-0038) y dos Proyectos I+D (SEJ2007-61843 y SEJ2007-61042) concedidos por el Ministerio de Educación y Ciencias.

REFERENCIAS

- Castro, C., Moreno-Ríos, S. & Tornay, F.J. (*Enviado*). Cognitive representations of obligatory and prohibitory signs in simple traffic environments. *Spanish Journal of Psychology*.
- Castro, C., Moreno-Ríos, S., Tornay, F. J. & Vargas, C. (2008). Mental representations of obligatory and prohibitory traffic signs. *Acta Psychologica*, 129(1), 8-17.
- Castro, C., Tornay, F.J., Moreno-Ríos, S., Vargas, C. & Molina, E. (2005). Mental Representations of Traffic Signs. Role of sign complexity and semantic information. En G. Underwood (Ed.). *Traffic and Transport Psychology: Theory and Application* (pp. 419-429). Oxford: Elsevier.
- Goldvarg, E. & Johnson-Laird, P.N. (2001). Naïve causality: a mental model theory of causal meaning and reasoning. *Cognitive Science*, 25, 565-610.
- Johnson-Laird, P.N. (1983). *Mental Models: Towards a Cognitive Science of Language, Inference and Consciousness*. Cambridge, Cambridge University Press.
- Johnson-Laird, P.N. (2001). Mental models and deduction. *Trends in Cognitive Sciences*, 10, 434-442.
- Johnson-Laird, P.N. & Byrne, R.M. (1991). *Deduction*. Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
- Johnson-Laird, P.N. & Byrne, R.M. (2002). Conditionals: A theory of meaning, pragmatics and inferences. *Psychological Review*, 109, 646-678.
- Macdonald, W.A. & Hoffmann, E.R. (1978). Information coding on turn restriction signs. *Proceedings of the 9th ARRB Conference*, 9(5), 361-82.
- Moreno-Ríos, S. & García-Madruga, J.A. (2002). Priming in mental models: A spatial arrangement task. *Memory & Cognition* 30, 1118-1127.
- Rumar, K. (1990). The basic driver error: Late detection. *Ergonomics*, 33(10-11), 1281-1290.
- Schneider, W. (2003). *Psychology Software Tools*, Inc. <http://www.pstnet.com/>