

DISEÑO DE DISPOSITIVOS INFORMATIVOS VISUALES (DIV) Y SEÑALES DE TRÁFICO. CRITERIOS DE EVALUACIÓN

Cándida Castro

Cándida Castro es profesora titular del Departamento de Psicología Experimental y Fisiología del Comportamiento de la Universidad de Granada (Campus Cartuja, s/n, 18071-Granada). Sus áreas de especialización son Psicología Cognitiva, Factores Humanos, Ergonomía y Seguridad Vial. Especialmente, ha estado trabajando en los procesos de adquisición de información en conducción.

Las señales de tráfico son uno de los *displays* a los que más atención debe prestar el conductor para poder anticipar las maniobras que tiene que realizar. Son información adicional a las claves del entorno que pretenden facilitar la conducción destacando los ele-

mentos del ambiente que el conductor se va a encontrar, regulando el tráfico, aconsejándole sobre cómo y cuándo deberá realizar una u otra maniobra, adelantar, salir de la vía, reducir la velocidad.

Ahora bien, las señales de tráfico están sufriendo un profundo cambio. Mientras que las señales romanas se mantuvieron en uso durante siglos y las normas establecidas en 1963 son todavía válidas, las nuevas tecnologías están revolucionando la señalización. Desde las señales que muestran mensajes variables hasta los sistemas telemáticos en el interior del vehículo, las señales de tráfico son un medio más que poderoso y dinámico de proporcionar información. A tal poder, sin embargo, no le faltan riesgos. La función de las señales es la organización del caos de la información que estimula los sentidos del conductor. Pero, las señales por sí mismas son también estímulos que pueden incrementar la confusión (Castro y Horberry, 2004). Por ejemplo, es fácil encontrarse con Señales de Mensajería Variable (VMS) que atraen la atención del conductor a la salida de una autovía sólo para recordarle que debe renovar su permiso de conducir.

El diseño de nuevas señales (verticales, VMS y sistemas de señalización inteligente) y la elección de los mensajes que deben mostrar ha de tener en cuenta el conocimiento obtenido hasta el momento acerca de las señales actuales para impedir que contribuyan a aumentar el desconcierto informativo y consigan mejorar la seguridad del tráfico, así como debería generar nuevo conocimiento que nos informe sobre las limitaciones del procesamiento humano (Norman, 1988; Wickens, 1992) a la hora de adquirir la información que las señales de tráfico proporcionan.

La Psicología Cognitiva, la teoría de los Factores Humanos o Ergonomía y la propia investigación dentro del área de la Seguridad Vial (Castro y Martos, 2001) pueden guiar la evaluación y el diseño intuitivo de las señales de tráfico, con la finalidad de conseguir que estos dispositivos informativos visuales incrementen su 'usabilidad', ayudando al conductor, como procesador de información limitado, a anticipar las maniobras que debe realizar durante la conducción (Evans, 1991; 2004).

Este trabajo supone un paso adelante en el intento de aglutinar el conocimiento que pueda servir para mejorar el diseño de las señales de tráfico (Elvik y Vaa, 2004). En concreto, a continuación se recogen, desde estas áreas de conocimiento, criterios básicos que pueden extrapolarse al análisis de las señales de tráfico con la finalidad de que alcancen su objetivo básico, es decir, ser capaces de satisfacer una necesidad específica de información del tráfico.

Ergonomía y dispositivos informativos visuales

Según Wickens, Gordon y Liu (2003) desde la Psicología del Procesamiento de la información se puede elaborar una lista con, al menos trece principios, aplicables al diseño de los dispositivos informativos visuales (DIV o *displays*). Estos principios podrían clasificarse dentro de cuatro grandes categorías: a) Principios que reflejan operaciones perceptuales. b) Aquéllos que se derivan del concepto de 'modelo mental'. c) Otros relacionados con la atención humana. d) Por último, aquellos relacionados con la memoria humana.

Principios perceptuales

El primero de los principios perceptuales se refiere a que es preciso evitar los límites en juicios absolutos. Es mejor no pedirle a las personas que juzguen un nivel de una variable que esté representado por una dimensión simple como color, tamaño o sonido, que contenga más de 5 ó 7 posibilidades. Uno de los supuestos básicos, en los factores humanos, es que no pueden retenerse fácilmente más de 6 ó 7 *items*, a no ser que se les proporcione alguna estructura organizativa. Por ejemplo, requerir gran precisión en la estimación de un mapa de color con 9 tonalidades producirá error en los juicios.

También es necesario tener en cuenta, a la hora de diseñar *displays*, el 'procesamiento de arriba-abajo', es decir la función que desempeñan la experiencia previa y las expectativas. Las personas perciben e interpretan las señales de acuerdo con lo que esperan percibir en base a su experiencia previa. Si se presenta una señal que es contraria a sus expectativas, como un peligro o una alarma que son eventos relativamente poco probables, deben presentarse también pruebas físicas de tal señal para garantizar que será interpretada correctamente.

Por otro lado, los *displays* deben diseñarse teniendo en cuenta la ganancia de redundancia. Es decir, cuando un mensaje se expresa más de una vez, es más probable que sea interpretado correctamente. Esto es particularmente verdad si el mensaje se presenta en formas físicas alternativas (p.e., tono y voz, voz y texto, texto y color, color y forma). Por tanto, redundancia no es lo mismo que repetición. Cuando se utilizan formas alternativas para expresar un mismo mensaje, es más probable que los factores que pueden degradar una forma de expresar dicha información (p.e., un ruido ambiental puede degradar el mensaje auditivo) no degraden la otra (p.e., el texto impreso).

Por último, es preciso que los *displays* sean fácilmente discriminables, ya que similitud causa confusión. Señales de apariencia parecida se confunden con mayor probabilidad. De hecho, las señales que son similares se perciben más lentamente, tanto en el caso de que las señales hayan de ser percibidas para realizar una respuesta inmediata, como cuando deben ser retenidas en memoria de trabajo, antes de que la acción sea realizada. Podemos calcular en qué medida dos señales son similares a partir de la razón entre los rasgos similares que comparten divididos entre aquéllos que son distintivos. Por ello, AJB648 es más parecido a AJB658 que 48 a 58, aunque en ambos casos sólo haya un dígito de diferencia. Cuando se diseña una señal, el diseñador debe disminuir el número de rasgos similares que sean innecesarios y destacar los rasgos que la hagan diferente, para aumentar la distintividad de aquellos casos de señales en que se origine un problema serio de confusión.

Principios basados en los 'modelos mentales'

Cuando el operador percibe un display, a menudo interpreta que el *display* tiene una apariencia o se mueve de acuerdo con sus 'expectativas' o 'Modelo Mental' del sistema que está siendo representado. Es conveniente que el formato del *display* capture aspectos del modelo mental del operador, basado en la experiencia previa del uso del sistema acerca de la información que está siendo representada. Si se logra diseñar este tipo de sistemas que no contradicen la forma habitual de pensar del operario se maximizará la precisión de respuesta, disminuirá el tiempo de reacción y en caso de situaciones de estrés, cuando se

disparen los automatismos, el modelo mental del operador coincidirá con los principios básicos con los que se ha diseñado el display.

El principio de realismo pictórico (Roscoe, 1968) consiste en que un *display* debe parecerse a (p.e., ser un dibujo de) la variable que representa. Si el *display* contiene elementos múltiples, estos elementos deben configurarse de tal manera que aparezcan configurados en el ambiente que representan (o como el operador conceptualice el ambiente). En este sentido, podemos definir como una variante del principio de realismo pictórico el principio de *displays* configuracionales (Sanderson, Flach, Buttigieg y Casey, 1989).

Según el principio de partes en movimiento (Roscoe, 1968), él o los elementos en movimiento de un *display* de información dinámica deberían moverse siguiendo un patrón espacial y una dirección compatible con el modelo mental que tiene el operador acerca de cómo se mueven los modelos representados.

Por último, gracias al diseño de interfaces ecológicos (además de por los principios de realismo pictórico y el principio de las partes en movimiento) se pueden crear *displays* que tengan una correspondencia cercana con el ambiente que están representando. A esta adherencia se le denomina 'ecología' para representar el mundo, y estos tipos de *displays* se han referido recientemente como '*interfaces ecológicos*' (Vicente y Rasmussen, 1992; Bennett, Toms. y Woods, 1993; Rasmussen, Pejtersen y Goodstein, 1995).

Principios basados en la atención

Combinar elementos múltiples en un *display* requiere tres componentes del proceso atencional (Parasuraman, Davies y Beatty, 1984). Atención Selectiva puede necesitarse para seleccionar las fuentes de información necesarias para la realización de una tarea. Atención Focalizada permite percibir dichas fuentes sin distracción de fuentes 'vecinas' y Atención Dividida puede permitir procesamiento paralelo de dos (o más) fuentes de información que se requieran para realizar la tarea.

A partir de ahora se proponen distintos principios atencionales que pretenden potenciar la fortalezas de la atención humana y minimizar sus debilidades.

Es preciso minimizar el costo por acceso a la información. Se produce normalmente un coste por el tiempo o esfuerzo para mover la Atención Selectiva desde la localización de un *display* a otro para acceder a información. Un buen diseño será aquel que minimice el costo neto manteniendo las distintas fuentes de información evaluadas en distintas localizaciones de tal manera que el coste por recorrer el espacio entre ellas sea pequeño.

Esto puede lograrse utilizando el principio de proximidad compatible (Wickens y Carswell, 1995): A veces dos o más fuentes de información están relacionadas en la misma la tarea y deben ser 'integradas men-

talmente' para completarla (p.e., las líneas de un gráfico y su leyenda). Es decir, es deseable que se reparta la atención (Atención Dividida) entre las dos fuentes de una tarea. A las fuentes de información que necesitan estar cercanas se las denomina con 'proximidad mental'. El diseño de un buen *display* debe proporcionarles a estas fuentes de información 'proximidad espacial', mostrándolas juntas y cercanas para que el coste por el acceso a dicha información sea bajo (Wickens y Carswell, 1995).

También puede obtenerse proximidad y cercanía mostrando la información de un mismo color, enlazada con líneas o configurando nuevos patrones.

A veces, sin embargo, demasiada proximidad no es buena, particularmente si uno de los elementos debe ser el foco de la atención. En casos de Atención Focalizada, la proximidad puede ser dañina y es mejor representar las distintas fuentes de información de forma separada. 'Proximidad mental baja' en tareas de Atención Focalizada se consigue mejor por medio de *displays* de baja proximidad espacial'. En estos casos, los dos tipos de proximidad, de *display* y mental han de estar 'relacionadas compatiblemente'.

Según el principio de recursos múltiples, a veces, el procesamiento de gran cantidad de información puede verse facilitado dividiendo la información a través de distintas fuentes, presentado información visual y auditiva concurrentemente, por ejemplo, más que presentando toda la información de forma visual o toda auditivamente.

Principios basados en la memoria

La memoria humana es vulnerable. La Memoria de Trabajo (MT) es vulnerable por su capacidad limitada: Sólo podemos mantener un número pequeño de 'unidades mentales' al mismo tiempo. Por ejemplo, olvidamos rápidamente un número de teléfono antes de marcarlo si no lo escribimos. Nuestra Memoria a Largo Plazo (MLP) es también vulnerable porque olvidamos ciertas cosas, o porque, a veces, recordamos 'demasiado bien' otras y somos persistentes, realizándolas cuando no deberíamos (como, por ejemplo, pasa con los errores fosilizados que cometemos cuando hablamos una lengua extranjera). Estos tres principios básicos señalan distintos aspectos del procesamiento de ambas memorias.

Según el principio de 'ayuda predictiva' los humanos no somos demasiado buenos prediciendo el futuro. En parte esta limitación puede deberse a que la predicción es una tarea cognitiva difícil, que depende mucho de la MT. Es preciso pensar en las condiciones actuales, las condiciones futuras posibles y las reglas con las que plantear generalizaciones posteriores. Cuando se consumen nuestros recursos mentales en la realización de otras tareas, la predicción falla estrepitosamente, y nos volvemos 'reactivos', respondiendo a lo que está sucediendo de inmediato, más que 'proactivos', o sea, respondiendo anticipando el futu-

ro. Normalmente la conducta 'proactiva' es más efectiva que la reactiva, por ello los *displays* deberían predecir explícitamente (o lo más probablemente) lo que generalmente debería ser una ejecución humana más efectiva. Un *display* predictivo disminuye las demandas de recursos de las tareas cognitivas y reemplaza estas tareas con otras tareas perceptivas más simples.

También es importante tener en cuenta el principio de 'conocimiento en el mundo'. Norman (1988) se refirió a que las personas tienen dos tipos de conocimiento cuando se enfrentan e interaccionan con los sistemas (hombre-entorno-máquina). El 'conocimiento en la cabeza' es lo que llamamos coloquialmente conocimiento. Las personas solemos tener buena memoria para recordar tareas rutinarias, pero nuestra memoria no es tan buena cuando se realizan tareas más complejas, recientemente aprendidas o aquéllas que nos han explicado poco. El 'conocimiento en el mundo', por otro lado, implica la localización de recordatorios visibles y explícitos o frases de qué es lo que se supone que hay que hacer, en qué momento y en qué lugar.

Está claro que cuando el conocimiento que se coloca en el mundo, no se olvida, mientras que si sólo se puede acceder a él a través de la cabeza, el olvido siempre es posible.

Ahora bien, también es posible que demasiado 'conocimiento en el mundo' conduzca a problemas de aglomeración de estimulación. El diseño de sistemas se basa en que el 'conocimiento en la cabeza' no es necesariamente malo. Por ejemplo, al usar un sistema de ayuda de un ordenador, el experto suele ser capaz de recordar la información por medio de comandos directos ('conocimiento en la cabeza') más que siguiendo todos los pasos del menú ('conocimiento sobre el mundo'). Un buen diseño debe contrabalancear estos dos tipos de conocimiento.

Sin embargo, gracias al principio de consistencia, y en el caso en que nuestra memoria funcione 'demasiado' bien, es posible que se sigan disparando acciones que ya no son apropiadas. Esta tendencia humana es muy instintiva y automática. Los viejos hábitos son difíciles de extinguir. Dado que no es fácil evitar este sesgo de nuestra memoria, los buenos diseños deberían intentar aceptarlo y 'seguir con la tendencia' por medio del diseño de *displays* consistentes, en cierta manera, con otros *displays* que el usuario percibe de forma concurrente (p.e., el usuario que alterna el uso de dos ordenadores) o con la que recibió en el pasado reciente. Por tanto, la codificación del color debe ser consistente a través de los distintos sistemas (p.e., el rojo siempre debe expresar la misma cosa, normalmente peligro). Otro ejemplo, un conjunto de paneles distintos de un *display* deberían estar organizados consistentemente y, por ende, el aprendizaje a través de ellos, reducirá el coste por acceso a la información, cada vez que el operario se encontrara un nuevo conjunto de ellos.

Por último, y a modo de conclusión, es preciso destacar que, aparentemente, algunos de los principios pueden entrar en conflicto. Por ejemplo, haciendo los *displays* más consistentes podría ocurrir que fueran menos compatibles. Igualmente, al poner demasiado 'conocimiento sobre el mundo' o incorporar demasiada redundancia se pueden crear *displays* muy abarrotados haciendo que sea más difícil dividir nuestra atención entre los mismos. No existe una solución fácil para decidir qué principios son más importantes cuando entran en conflicto.

Sin embargo, es posible crear diseños inteligentes y creativos basándose en ciertos principios elegidos para servir de forma efectiva sin violar los demás.

Teoría de las Señales de Tráfico

El principal requisito de una señal de tráfico es que sea capaz de satisfacer una necesidad específica de información del tráfico.

Según Max Lay (1998; 2004), una vez que su contenido informativo está claramente definido, el que llegue a poder transmitir su mensaje depende del uso que se haga de: A. Su leyenda. B. Sus elementos pictóricos: detección y lectura de la señal. C. Comprensión de la señal y D. Su actuación: debe ser creíble, correcta, apropiada y presentada a tiempo. A continuación detallaremos cada uno de estos principios.

Otros criterios a tener en cuenta según Wickens *et al.* (2003) en el diseño de señales de tráfico son: Minimizar la aglomeración visual de señales que sean innecesarias, localizar las señales de forma consistente con el peligro, identificar los tipos de señales de forma distintiva (un rasgo importante puede ser la utilización de forma redundante de color, forma y código verbal, como, por ejemplo, ocurre en la señal de Stop), permitir que las señales verbales se lean de forma eficiente proporcionándoles atención por parte del conductor, adjudicándoles suficiente contraste de color, e impidiendo el deslumbramiento.

Visibilidad

El primer requisito para que sea detectada una señal es que sea visible.

Dentro de los requisitos geométricos está su posición y orientación. Es preciso que la señal se posicione y se oriente de tal manera que su tamaño y altura hagan geoméricamente posible que sea vista por el usuario. Esto puede evaluarse mediante estudios de campo. También es necesario que se satisfagan los requisitos legales locales acerca de dónde y por quién puede ser colocada la señal.

En zonas urbanas, es necesario colocar las señales lo suficientemente altas para que sean vistas por encima de algunos objetos del entorno, como otros vehículos aparcados. También debe evitarse la

distracción que podrían producir otras señales y anuncios publicitarios colocados en el entorno de la señal.

Otros factores a tener en cuenta a la hora de colocar la señal son, por ejemplo, que la señal debe posicionarse a un mínimo de 3 metros de la vía por la que se viaje para garantizar que el vehículo no colisionará con la señal, que la señal debe estar hecha de un material sólido pero relativamente frágil para evitar graves daños en caso de colisionar con el vehículo (Lay, 1998).

Otro requisito, un tanto polémico, es que los ojos del conductor deben permanecer observando la escena que tiene enfrente. La máxima agudeza visual sólo se consigue en los 10º de visión central, siendo ésta la única zona de nuestro campo visual que maximiza la búsqueda de estímulos.

Sólo debe expresarse un mensaje por señal. El tiempo de lectura y de reacción del conductor es de 2.5 seg. Esto significa que las señales deben separarse al menos 70 m. para ser vistas cuando se circula a 100 km/h.

Una consecuencia de establecer la regla de 'sólo un mensaje por señal' es la extendida tendencia de resolver los problemas del tráfico colocando más señales cerca. Por ello habría que modificar la regla 'sólo un mensaje por señal' por otra regla que rezara: 'separación entre señales de al menos 2.5 seg. o de 70 m.

Dentro de los requisitos ópticos, es preciso que la luz que emana la señal hacia el conductor sea suficiente para permitirle recibir las señales visuales adecuadas, aparte del resto de señales que está recibiendo de otras fuentes del entorno que le circunda.

'Llamatividad'

Además de ser visible la señal debe ser 'llamativa'. La 'llamatividad' de una señal está relacionada con efectos sensoriales, como el efecto de los rasgos de la señal que fuerzan al observador a darle mayor o menor prominencia.

'Llamatividad' Atencional es la capacidad de la señal para atraer la atención del conductor cuando no está preparado para su ocurrencia. La 'llamatividad' atencional de la señal está relacionada con: 1. La luminancia y la razón de contraste de luminancia. La probabilidad de detectar una señal visual incrementará con el incremento en la razón de contraste de luminancia y, por extensión, con su luminancia absoluta. La luminancia necesaria para que se produzca 'llamatividad' es mayor que la necesaria para que se produzca visibilidad, siendo necesarios valores de 1.7 Vd./m² en áreas urbanas iluminadas, e incluso estos niveles podrían llegar a ser insuficientes con luz solar fuerte (Bryant, 1980). 2. El tamaño es uno de los primordiales determinantes de la 'llamatividad' de una señal. El ojo tiende a favorecer objetos cercanos que adoptan un tamaño visual grande (Cole y Jenkins, 1982). 3. El contraste y definición

de bordes con respecto al entorno. Amplios bordes-contorno son particularmente efectivos. 4. El color no contribuye demasiado a la 'llamatividad' de una señal, posiblemente porque la propiedad del color no hace mucho más que compensar la pérdida de luminancia asociada con el uso de cualquier color que no sea el blanco. 5. Otros rasgos como la superficie de las luces, la forma, el relieve gráfico y la colocación con respecto a la línea de mirada del conductor (Cole y Jenkins, 1982). 6. La relevancia para el conductor de hacerse consciente de su actual estado cognitivo (Lay, 1998).

Una señal con buena 'llamatividad' atencional dispondrá también de buena 'llamatividad' de Búsqueda, aunque lo contrario no siempre sea cierto (Hughes y Cole, 1984).

'Llamatividad' de búsqueda es necesaria cuando el objeto buscado no tiene 'llamatividad' atencional y se ha iniciado la búsqueda visual. Un conductor puede tardar 300 mseg. en 'echar un vistazo' (o mirar) a la escena visual y cerca de 500 mseg. para darse cuenta de los rasgos de la escena (Lay, 1998). Por tanto, la búsqueda visual de una señal consume porciones significativas del tiempo del conductor.

Una medida de la 'llamatividad' de búsqueda es el ángulo máximo desde la línea de mirada a que un objeto puede ser detectado con un 90% de probabilidad en 250 mseg. (Cole y Jenkins, 1980; 1982). De hecho, una práctica común, en la ingeniería del tráfico, con respecto a la colocación de la señal, es que la señal debe colocarse dentro de unos 8 ó 10° de la línea visual para asegurar que está en la zona visual que proporciona agudeza visual razonable y está de acuerdo con las expectativas del conductor (Lay, 1998). En conclusión, la 'llamatividad' de la búsqueda debe ser fijada en 8° o menos.

La visión periférica de una persona, normalmente opera en torno a los 90° a cada lado de la línea de visión. La detección de algo en movimiento o visualmente interesante en la periferia del campo visual producirá apropiados movimientos oculares. Estos movimientos oculares tardarán menos de 500 mseg. y las señales periféricas provocarán respuestas rápidas automáticas (Lay, 1998). Además, la visión periférica desciende con el aumento de velocidad a unos 50° a 30 km/h, 40° a 60 km/h y a 20° a 100 km/h, y con ello la visión de los colores de las señales.

Los instrumentos de control del tráfico no son particularmente llamativos. En una serie de estudios los observadores localizaban sólo el 50% de estos dispositivos, habiéndosele dado la instrucción de que los buscaran, aunque llegaron a detectar en el 96% de los casos señales de prohibición como 'Stop', 'Ceda el Paso', y 'Reducción de velocidad' (Hughes y Cole, 1984).

Existen también grandes diferencias en la 'llamatividad' de señales comunes. Por ejemplo, la señal de 'Ceda el Paso' tiene una 'llamatividad' relativamente pobre, mucho menos 'llamatividad' que la señal de

Stop. Una de las razones que explica esto es que la palabra STOP se muestra en una leyenda más negrita y es la única que se muestra en mayúscula. La señal de 'Ceda el Paso' también produce un menor ángulo visual. También se ha sugerido que el fondo blanco de la señal produce un contraste relativamente bajo con el azul del cielo (Cole y Jenkins, 1982).

Normalmente sólo se puede percibir una señal a la vez. Por ello, el uso de más de una señal en el mismo campo visual útil del conductor da lugar a una señalización ineficaz. Además, proporcionarle al conductor más tiempo de observación no incrementa necesariamente el número de señales que serán vistas, porque los conductores podrán gastar el tiempo extra disponible obteniendo más información de la primera señal que percibieron (Cole y Jenkins, 1982).

Los anuncios publicitarios cercanos a la señal causan pequeñas, pero estadísticamente significativas, distracciones. En general, el efecto no es de gran magnitud, aproximadamente de un accidente cada 6 años por señal por kilómetro, por 10.000 veh./día. Los conductores se ven indefensos ante ellos. Sin embargo, los anuncios aparecen en los entornos de las vías mucho mejor iluminados que las señales y siendo más novedosos, sensuales, intermitentes (con flash), con dispositivos en movimiento, con gran cantidad de contenido informativo, llamando la atención vía visión periférica (Lay, 1998), por lo que no deberían colocarse cerca de las vías. Otros factores estéticos y/o económicos, en vez de la seguridad, tienen que ver con la colocación de los anuncios cerca de las señales.

Detección de detalles

Además de hacer la señal visible, su mensaje debe ser legible. Como dijimos más arriba, por un lado es preciso que sea visible a cierta distancia y dentro de un determinado tiempo. Estos requisitos definen los criterios de los atributos físicos del mensaje de la señal. Ahora bien la legibilidad depende también de la capacidad de los ojos del observador para discriminar los detalles de la luz de la señal (Lay, 1998).

Algunas señales, como la de Stop y Ceda el Paso, transmiten su mensaje por medio de su forma y color, siendo la forma el factor determinante de la legibilidad de la señal. Por ello, se hace tanto hincapié en los bordes de la señal como definitorios de su forma. Sin embargo, si el mensaje de la señal debe ser leído (como las señales de dirección) la legibilidad del mensaje se convierte en el factor de mayor importancia.

Es imprescindible tener en cuenta la distancia de legibilidad. El primer paso es determinar qué detalles de la señal deben ser legibles (suelen ser, frecuentemente, los detalles más pequeños que deben percibirse dentro de la señal). El siguiente paso consiste en determinar la distancia máxima a que los detalles pueden ser vistos.

El espaciamiento entre las letras también es relevante así como los contornos de las letras individuales. Sin embargo, su efecto es relativamente insignificante y en casos prácticos el espaciamiento de las letras suele venir determinado por consideraciones estéticas (Anderton, Johnston y Cole, 1974). Sin embargo, un espaciamiento entre letras, de 0,3 veces su altura, es el óptimo para maximizar la legibilidad.

La anchura de las letras ideal es, aproximadamente, 0,9 veces la altura de la letra. Por tanto, una letra y el espacio de su alrededor ha de ocupar cerca de 1,25 veces su altura. Algunos valores numéricos (como, el 3, 5 y 8 o letras S, P, B, R) pueden potencialmente confundirse, por lo que sus formas deben ser elegidas cuidadosamente (Hind, Tritt y Hoffmann, 1976).

Las fuentes utilizadas, de letras y números, en tráfico son seleccionadas en laboratorio, a través de prototipos y la evaluación de su servicio en estudios de campo para asegurar que proporcionan legibilidad máxima. Muchos países utilizan un conjunto original de letras producidas en EE.UU. por el 'Bureau of Public Road'. Las 'E series modificadas' del Bureau son particularmente populares.

Utilizar amplios bordes para definir los contornos aumenta la 'llamatividad' de la señal. Sin embargo, se puede producir interacción entre el contorno y los detalles de dentro de la señal, que causen un empeoramiento en su legibilidad. Por tanto, es necesario establecer un balance (trade-off) entre el aumento de la 'llamatividad' de las señales, al resaltar los gráficos por un lado, y la necesidad de legibilidad de la leyenda por el otro. Además, se facilita la legibilidad con bordes rectos.

La letras iluminadas en fondos oscuros (contraste positivo) son más legibles que las letras oscuras en fondos iluminados (contraste negativo), ya que las regiones iluminadas con mayor iluminación tienen menor probabilidad de invadir los bordes por la irradiación de las letras (Lay, 1998). Sin embargo, en el caso de la luz uniforme de día, la mayoría de los observadores prefieren letras negras sobre fondos iluminados.

También es preciso proporcionarle, tanto a la leyenda como a su fondo, suficiente retro-refractancia para que la señal pueda transmitir cualquier mensaje codificado en color, de noche. Igualmente, se obtendrá menor legibilidad de la señal disminuyendo el contraste de luminancia entre la leyenda y el fondo.

Detectando las palabras como todos

La eficacia de la distancia de legibilidad depende obviamente de la distancia a que determinado mensaje puede ser leído. Esto no siempre depende, necesariamente, de los detalles de las letras individuales vistas, ya que la legibilidad también es función de la forma de la palabra o del símbolo y de la familiaridad que tengan para el lector. Existe redundancia en las palabras escritas. Esto quiere decir que los observadores pueden reconocer una palabra sin distinguir totalmente cada detalle de

la misma. Esto ocurre, particularmente, en casos de mensajes familiares. Por ejemplo: 'Pr cau ci n, o-ras en m-rch '. Por tanto, la distancia de legibilidad es mayor que lo que se podría predecir del conocimiento sobre la anchura de las letras y la agudeza visual.

Este efecto es aún más pronunciado si se evitan las letras mayúsculas y se escriben los mensajes con letras minúsculas siempre que se pueda. Se debe a que las minúsculas le dan a las palabras diferentes contornos, mientras que todas las palabras mayúsculas tienen una forma rectangular.

A pesar de que está demostrado que los mensajes escritos con letras mayúsculas son mucho más difíciles de leer, se siguen encontrando mensajes escritos así, por ejemplo, los mensajes de alarma y emergencia de las VMS se escriben sólo con este tipo de letras. Esto puede ocurrir porque se le da más valor a estas letras, por su importancia percibida, que al contenido del mensaje.

Además, la distancia de legibilidad está claramente determinada por pruebas sobre el mensaje específico o de la señal en cuestión. Teniendo en cuenta esto, la distancia de legibilidad típica en buenas condiciones de luz es de 60 m. para una señal de detalles finos (detalles del tamaño de un dedo), 80 m. para señales complejas, 124 m. para leyendas y 250 m. para símbolos y señales de fibra óptica (Bryant, 1982 y Jacobs, Johnston y Cole, 1975). Sin embargo, estas distancias pueden reducirse por factores como: 1. La distracción causada por la actividad de conducción. 2. Los bajos niveles de luminancia durante la noche o en condiciones meteorológicas adversas (lluvia, nieve o niebla) disminuyen las distancias de legibilidad en más del 50% (Hills, 1972). 3. La distancia de alumbrado de los faros, desde los 30 m. hasta, como mucho, los 90 m., aunque las hojas refractantes pueden recuperar parte de esta pérdida de visibilidad causada por la conducción nocturna (Lay, 1998). 4. El que las señales estén sucias o viejas, causa pérdidas de hasta el 30% ó 5. Conducir cuando disminuye la alerta (p.e., bajo los efectos del alcohol, fatiga, falta de sueño, medicinas o drogas).

Legibilidad

Tiempo de Legibilidad

Es preciso que haya tiempo suficiente para que la señal pueda ser leída. Hasta ahora se ha hablado de la distancia a la que la señal debe estar colocada para ser legible. Sin embargo, otro factor que afecta a la legibilidad de una señal está relacionado con la posibilidad de disponer de tiempo suficiente para leer la señal, o sea, que el conductor sea capaz de leer la señal durante períodos de exposición breves. El tiempo que tiene el conductor para leer la señal se ve restringido por la longitud

y complejidad del mensaje que pueda extraerse. De acuerdo con los estudios sobre visión periférica, la máxima longitud de leyenda, que se puede obtener, partiendo de cierta resolución, es de 500 mseg. por mirada (Lay, 1998).

De una simple mirada el conductor puede descifrar y leer una palabra nueva, o seis caracteres (Cole y Jacobs, 1978).

Es decir, unas tres palabras por segundo (Jacobs y Cole, 1978a y Lay, 1998). Sin embargo, es posible que, con sólo leer varias palabras, cuando se trata de un mensaje familiar, el conductor 'lea' todo el mensaje. Por tanto, si la señal tiene un mensaje familiar o un contexto relevante, puede asumirse que se leerán dos palabras extra que se añadan, por ejemplo, cerca de cinco palabras por segundo.

La memoria a corto plazo puede retener cerca de siete palabras o información similar (series, dígitos,...)

El proceso de lectura mejorará a medida que las palabras caigan dentro de la zona central del campo visual. Además, la zona de mayor agudeza visual para el conductor está usualmente localizada a tan solo un grado, a cada lado de la línea de visión (Lay, 1998). Obviamente, al incrementar el tamaño de la señal aumentará su distancia de legibilidad y se les darán a los conductores más oportunidades para observarla. Sin embargo, se producirá una pérdida de datos de lectura en cada observación (o mirada) al ser más grande la señal y ser vistas algunas partes por medio de la retina periférica, donde la agudeza decae y la susceptibilidad de interacción de los contornos incrementa (Anderton y Cole, 1982). Por ello, señales demasiado grandes pueden llegar a ser visualmente ineficientes.

Por otro lado, el proceso de lectura se verá degradado si la atención del conductor se divide entre otras demandas de la conducción, en casos de tráfico denso o amenazante.

Por lo que debería disponerse sólo una señal de un tipo particular en un único poste.

Atención y señalización

No existe duda acerca de que una señalización pobre hace que los conductores se distraigan, se confundan, se frustren o se irriten. En estas circunstancias es probable que lleven a cabo maniobras inesperadas por otros conductores, les falte información crucial para evitar maniobras peligrosas y tengan problemas para ver, 'Miren pero no vean' (*'Fail to See'*) en el sentido cognitivo, a otros usuarios.

Estaría mejor empleado el tiempo que dedica el conductor a explorar la escena visual para recuperar la información perdida o para corregir mensajes malinterpretados, que el que gasta en conflictos con otros conductores.

Ahora bien, las señales pueden también aumentar los peligros del tráfico cuando desconciertan a vehículos errantes. Las señales localiza-

das en posiciones de exposición deberían ser relativamente frágiles y rompibles (Lay, 1998). No es posible evitar que la colocación de la señal suponga un peligro potencial. Sus soportes deberían aislarse del tráfico por medio de sistemas de barreras. La colocación de estos soportes y el diseño de barreras de seguridad está bien documentado en los manuales de ingeniería del tráfico (Lay, 1998) y no hay ninguna razón justificable por la cual la señales de tráfico sigan siendo un peligro.

Comprensión de la señal

La señal debe ser comprensible. Detectar una señal no sólo depende de procesos sensoriales, sino que también depende del criterio de decisión que adopte el observador, en función de sus motivaciones, experiencias y conocimiento previo.

La comprensión es uno de los factores de que dependerá la detección de la señal y vendrá determinada por: 1. Su significado (p.e., para un conductor que no circula normalmente por dichas vías o es forastero). 2. Su comprensión correcta. 3. Su interpretación no-ambigua y 4. Su respuesta de acuerdo al mensaje que emite.

La señal debe ser no-ambigua y precisa. Cuando se evalúa si el mensaje de la señal es comprensible o no, es importante comprender: a) La naturaleza exacta del mensaje que la señal pretende transmitir. b) El contexto en el que se está usando y c) La población a quien va dirigida.

Una vez que se obtengan las repuestas a estos tres puntos, es necesario responder si el mensaje será interpretado de forma no ambigua y conducirá a la respuesta apropiada.

La respuesta a estas cuestiones puede implicar la realización de estudios de laboratorio y de campo con muestras representativas de la población conductora.

La comprensión puede medirse tanto en términos de velocidad, como de efectividad de respuesta. En algunos casos no se requiere una respuesta inmediata, la mejor evaluación es la retención del mensaje en memoria a corto plazo (MCP, de duración máxima de 2 seg., a no ser que la información se repase de forma continua, ésta decae).

La evaluación de estos aspectos es especialmente importante para las señales simbólicas.

También las señales blancas o inactivas, por ejemplo, las VMS, producen confusión en los conductores. Lay (1998) afirmaba que probablemente sea mejor mostrar siempre algún mensaje en las VMS. Sin embargo, otros autores como Lucas-Alba y Montoro (2004) destacan que hay dos escuelas, con puntos de vista diferentes al respecto. Una opina que sólo se muestren los mensajes cuando las condiciones de la carretera lo requieran. La otra cree que siempre se deben mostrar mensajes en las señales. Hitchins, Brown, McCoy, Quinton, O'Halloran y Plewes (2001) afirman que ambas políticas conllevan riesgos, la primera porque los conductores pueden pensar que el sistema no funciona y la

última, porque existe el riesgo de proporcionar información poco importante o innecesaria que lleve a la distracción.

Además, la localización de la señal en el contexto también debería tener en cuenta las características y limitaciones que presentan algunos conductores, como los mayores, con peor capacidad de memoria y mayores tiempos de respuesta, o aquéllos que conducen fuera de su área local.

Motivación: Actuando a partir de la señal

Se requiere la realización de una acción correcta. Las secciones anteriores abordaron en qué medida el conductor puede leer el mensaje de la señal. Se discute si el conductor responde a tal mensaje. Lo cual puede deberse bien a su deseo cognitivo o motivación para actuar, bien a su capacidad física de reaccionar o actuar.

Respuesta Cognitiva

Se requiere una acción apropiada. Partimos de que el mensaje de cada señal tiene un significado. El mensaje de la señal requiere atención cognitiva, lo que supone la recepción, por parte del cerebro del conductor, del estímulo sensorial con cierta prioridad cognitiva, si tiene relevancia, importancia o es novedoso. Las características de relevancia e importancia normalmente están relacionadas con que: (a.) El conductor tenga que actuar a partir de la señal. (b.) El mensaje afecte directamente al conductor, y/o (c.) Se hayan percibido como útiles señales previas.

Por otro lado, un conductor que detecta una señal 'llamativa', pero irrelevante, le dará poca o ninguna prioridad, a no ser que posea alto grado de novedad. Además, existen datos que demuestran la poca atención que los conductores prestan a muchas señales (Bryant, 1980). Esto ocurre en particular para el caso de señales que sólo se obedecen cuando existe probabilidad de ser multado. Los estudios sobre VMS demuestran que sólo un tercio de los conductores que deberían utilizar la información de la señal, realmente lo hacen.

Otro gran tema a discusión denominado 'Causas-consecuencias de las señales' está relacionado con la interpretación que los conductores hacen del mensaje. Es posible entender el significado de la señal y, sin embargo, que no se llegue a un acuerdo, por parte de los conductores, en cuanto a la respuesta que dicho mensaje requiere. Por ejemplo, la señal de peligro por derrumbamiento puede llegar a ser entendida y, no obstante, dar lugar a comportamientos dispares de los conductores, desde acelerar para salir corriendo, hasta frenar y decelerar para pasar con precaución por la zona (Montoro, Lucas-Alba y Blanch, 2004). El capítulo de Fuller (2004) aborda también la influencia de los aspectos motivacionales en la percepción de señales de tráfico.

Respuesta Motora

También es preciso realizar la acción a tiempo. Si un conductor actúa en función del mensaje proporcionado por la señal, la señal debe localizarse lo suficientemente antes para permitir que sea detectada, leída, comprendida y emitida una respuesta a su mensaje. El conductor que se acerca debe ser capaz de parar antes de llegar al peligro. Conocemos distancia de frenado del vehículo (Lay, 1998) y, por tanto, podemos localizar dicho punto, para conseguir parar antes de llegar al peligro venidero.

Normalmente, la respuesta de frenado del vehículo es de 0.4 seg. y la respuesta simple del conductor de 1.7 seg. (Lay, 1998). Como dijimos anteriormente, una señal de dos palabras requerirá 0.5 seg. para ser leída. Recordemos que hay que tomar la precaución de que la lectura de palabras nuevas le añadirá otros 0.5 seg. Esta es una buena razón para mantener inmodificables los mensajes de las señales. De hecho, 2.6 seg. suponen un tiempo suficiente para manipular la información de la señal y la cifra de 2.5 seg. se utiliza en muchos códigos de diseño. Un incremento de luminancia también disminuiría el tiempo que el conductor tiene para reaccionar ante la señal.

Por supuesto, estos son casos extremos, ya que muchos mensajes no requieren que el conductor del vehículo se pare. Aunque, por ejemplo, las señales que indican cambios de carril, en tráfico denso, exigirán incluso distancias mayores que la de parada. Si tomamos en cuenta que el conductor tardará más de un segundo por cada lectura de una señal, para tomar la decisión adicional que la señal requiere. Por tanto, las señales turísticas se podrán leer mejor a velocidad baja, en carriles especialmente diseñados para ello.

Además, existen algunos requisitos que debe cumplir la colocación de la señal: 1. Debe localizarse antes del peligro, para no confundir al conductor. 2. Pero no demasiado lejos del peligro porque si no se podría considerar irrelevante, dadas las limitaciones de nuestra memoria a corto plazo (menos de 400 m. a 100 Km/h). 3. La señal debe ser suficientemente grande para ser legible desde la distancia, aunque, existe el dilema acerca de si se incrementa la distancia de legibilidad se logrará haciendo la señal más grande, a costa de que algunas porciones de la señal sean tan grandes que caigan fuera de los 10º de visión central y se reduzca la agudeza visual de nuestra visión y la visión de detalle fino, y del color que proporcionan los conos.

Conclusión

Consideramos que el trabajo actual compila importante información disponible, sin sobre-simplificaciones, sobre los criterios necesarios para evaluar la señalización vial. Después de leerlo es posible plantearse recomendaciones y mejoras en el diseño y reelaboración de las señales

de tráfico actual, teniendo en cuenta fuentes de información que, a veces, se hallaron dispersas. Se trata de elaborar nuevas ideas y claras directrices desde las fuentes originales relevantes que aportaron el conocimiento: Psicología Cognitiva y Factores Humanos o Ergonomía.

Este trabajo traspasa los ámbitos académicos logrando aplicabilidad en ámbitos tecnológicos. Para lograr una adecuada implementación de la Señalización Viaria, no bastan perspectivas basadas en el conocimiento de la Ingeniería Civil, es preciso tener en cuenta las limitaciones del usuario. Esto es sólo posible mirando de frente y sin complejos el conocimiento que durante las últimas décadas se ha venido aglutinando en las áreas de conocimiento de la los Factores Humanos, la Psicología Cognitiva, la Psicología Social, el diseño Visual y analizando el comportamiento del conductor.

Se trata de un campo fértil por la necesidad de dedicar esfuerzos, no sólo al rediseño y mejora de la señalización actual, sino también de optimizar el desempeño de las nuevas tecnologías implementadas en las carreteras, el reto de los sistemas de información inteligentes dentro y fuera del vehículo, y/o la mensajería variable (VMS) en las que hasta ahora el desconcierto está siendo todavía mayor, e intereses políticos, publicitarios y/o económicos están imperando.

Por tanto, auguramos un gran futuro a este campo de trabajo e insistimos en la necesidad de estos intentos de documentación, evaluación y análisis partiendo siempre de los hallazgos de la literatura previa interdisciplinar.

Referencias

- Anderton,P.J.-Cole,B.L.(1982): Contour separation and sign legibility. *Australian Road Research*, 12(2), 103-9.
- Anderton,P.J.-Johnston A.W.-Cole,B.L.(1974): The effect of letter spacing on the legibility of direction and information signs. *Australian Road Research*, 5(5), 100-2.
- Austroroads(1989): *Guide to the geometric design of rural roads*. NAS-62, Austroroads: Sydney.
- Bennett,K.B.-Toms,M.L.-Woods,D.D.(1993): Emergent features and graphical elements: Designing more effective configural displays. *Human Factors*, 35(1), 71-98.
- Blake,P.(1964): *God's own junkyard*. New York: Holt Reinhardt.
- Bryant,J.F.(1980): Signs of high brightness. *Proceedings of the 10th ARRB Conference*, 10(4), 252-62.
- Bryant,J.F.(1982): The design of symbolic signs to ensure legibility. *Proceedings of the 11th ARRB Conference*, 11(5), 161-71.
- Castro,C.-Horberry,T.(2004): *The Human Factors of Transport Signs*. Boca Raton: FL: CRC Press.
- Castro,C.-Horberry,T.-Tornay,F.J.-Martos,F.J.(2001): Eficacia de las señales de tráfico. Factores que influyen en su percepción. Boca Raton: FL: CRC Press.

- Cole, B.L.-Jacobs, R.J. (1978): A resolution limited model for the prediction of information retrieval from extended alphanumeric messages. *Proceedings of the 9th ARRB Conference*, 9(5), 383-89.
- Cole, B.L.-Jenkins, S.E. (1982): Conspicuity of traffic control devices. *Australian Road Research*, 12(4), 223-38.
- Cole, B.L.-Jenkins, S.E. (1980): The nature and measurement of conspicuity. *Proceedings of the 10th ARRB Conference*, 10(4), 99-107.
- Commission Internationale de L'Eclairage (1978): *Light as a true visual quantity: principles of measurement*. CIE Pub. No. 41 TC-1.4. CIE: Paris.
- Elvik, R.-Vaa, T. (2004): *The handbook of road safety measures*. Amsterdam: Elsevier.
- Evans, L. (2004): *Traffic Safety*. Bloomfield Hills, MI: Science Service Society.
- Evans, L. (1992) *Traffic Safety and the Driver*. New York: Van Nostrand Reinhold.
- Fuller, R. (2004): Attentional and motivational factors involved in recognition of transport signs. Capítulo 9. En: C. Castro, C. y T. Horberry, T. *The Human Factors of Transport Signs*. Boca Raton: FL: CRC Press.
- Hills, B.L. (1972): Measurements of the night-time visibility of signs and delineators on an Australian rural road. *Australian Road Research*, 4(10), 38-57.
- Hills, B.L.-Freeman, K.D. (1970): An evaluation of the luminance contrast requirements of highway signs. *Proceedings of the 5th ARRB Conference*, 5(3), 57-94.
- Hind, P.R.-Tritt, B.H.-Hoffmann, E.R. (1976): Effects of level of illumination: stroke width: visual angle and contrast on the legibility of numerals of various fonts. *Proc. 8th ARRB Conf.* 8(5), Session, 25, 46-55.
- Hoffmann, E.R.-MacDonald, W.A. (1977): A comparison of stack and diagrammatic advance direction signs. *Australian Road Research*, 7(4), 21-26.
- Hoffmann, E.R.-MacDonald, W.A. (1980): Short-term memory for stack and diagrammatic advance direction signs. *Proceedings of the 10th ARRB Conference*, 10(4), 17-22.
- Hughes, P.K.-Cole, B.L. (1984): Search and attention conspicuity of road traffic control devices. *Australian Road Research*, 14(1), 1-9.
- Jacobs, R.J.-Cole, B.L. (1978a): Acquisition of information from alphanumeric road signs. *Proceedings of the 9th ARRB Conference*, 9(5), 390-95.
- Jacobs, R.J.-Cole, B.L. (1978b): Searching vertical stack direction signs. *Proceedings of the 9th ARRB Conference*, 9(5), 396-400.
- Jacobs, R.J.-Johnston, A.W.-Cole, B.L. (1975): The visibility of alphabetic and symbolic traffic signs. *Australian Road Research*, 5(7), 68-86.
- Lay, M. (2004): Design of traffic signs. Capítulo 3. En: C. Castro, C. y T. Horberry, T. *The Human Factors of Transport Signs*. Boca Raton: FL: CRC Press.
- Lay, M.G. (1998): *Handbook of road technology*. Vol 2, 3rd Edition, New York: Gordon and Breach.
- Lucas-Alba, A.-Montoro, L. (2004): Some Critical Remarks on a new Traffic System. VMS: Part II. Capítulo 13. En: C. Castro, C. y T. Horberry, T. *The Human Factors of Transport Signs*. Boca Raton: FL: CRC Press.
- Montoro, L.-Lucas-Alba, A.-Blanch, M.T. (2004): Specific Design Parameters: VMS: Part I. Capítulo 12. En: C. Castro, C. y T. Horberry, T. *The Human Factors of Transport Signs*. Boca Raton: FL: CRC Press.
- Macdonald, W.A.-Hoffmann, E.R. (1978): Information coding on turn restriction signs. *Proceedings of the 9th ARRB Conference*, 9(5), 361-82.
- NAASRA (1988): *Traffic control devices. Guide to traffic engineering practice. Part 8*. National Association of State Road Authorities (NAASRA), Sydney.
- Norman, D. (1990): *La Psicología de los objetos cotidianos*. Madrid: Nerea.
- Norman, D. (1988): *The psychology of everyday things*. New York: Harper & Row.

- Parasuraman,R.-Davies,D.R.-Beatty,J.(1984): *Varieties of attention*. New York: Academia Press.
- Rasmussen,J.-Pejtersen,A.-Goodstein,L.(1995): *Cognitive engineering. Concepts and application*. New York: Wiley.
- Roscoe,S.N.(1968): Airborne displays for flight and navigation. *Human Factors*, 10, 321-332.
- Samuels,S.E.-Jarvis,J.R.(1978): Acceleration and deceleration of modern vehicles. *Proceedings of the 9th ARRB Conference*, 9(5), 254-61.
- Sanderson,P.M.-Flach,J.M.-Buttigieg,M.A.-Casey,E.J.(1989): Object displays do not always support better integrated task performance. *Human Factors*, 31, 183-189.
- United Nations(1952): *Convention on road signs and signals*. Geneva (the Protocol was first issued in 1949 and the next Convention after 1952 was in Vienna in 1968 – UN Conference on road traffic, Vienna, Final Act and related documents).
- Vicente,K.J.,-Rasmussen,J.(1992): Ecological interface design: Theoretical foundations. *IEEE Transactions on Systems, Man and Cybernetics*, 22(4), 529-545.
- Wickens,C.D.(1992). *Engineering Psychology and Human Performance*. New York: Harper Collins Publishers.
- Wickens,C.D.-Carswell,C.M.(1995): The proximity compatibility principle: Its psychological foundation and its relevance to display design. *Human Factors*, 37(3), 473-494.
- Wickens,C.D.-Gordon,S.E.-Liu,Y.(2003): *Human Factors: Engineering Psychology*. New York: Addison-Wesley Publishers.