

Soledad Ballesteros

**EVALUACIÓN DE LA ACTUACIÓN
HUMANA CON LA TEORÍA DE LA
DETECCIÓN DE SEÑALES**
Serie sobre procesos psicológicos básicos



UNIVERSIDAD NACIONAL DE EDUCACIÓN A DISTANCIA

0150129DV01A01

© UNIVERSIDAD NACIONAL
DE EDUCACIÓN A DISTANCIA - Madrid, 2008

Librería UNED: C/ Bravo Murillo, 38 - 28015 Madrid
Tels.: 91 398 75 60 / 73 73, e-mail: libreria@adm.uned.es

ISBN: 978-84-362-5345-0
Depósito legal: M-45242-2007

Primera edición: mes de octubre 2007

Maquetación: UNED

ÍNDICE

Introducción	5
Objetivos	9
¿A quién va dirigido ese vídeo?	10
Principales núcleos temáticos	10
Material didáctico complementario	20
Conclusiones	23
Orientaciones didácticas	24
Actividades complementarias	27
Glosario de términos	27
Referencias bibliográficos	30

Introducción

El DVD **Evaluación de la Actuación Humana con la Teoría de Detección de Señales** pertenece a la serie PROCESOS PSICOLÓGICOS BÁSICOS. Esta serie tiene como objetivo principal proporcionar en formato audiovisual una visión actualizada y en profundidad sobre los procesos psicológicos más importantes en psicología cognitiva. Otros DVD's de esta serie realizada por la UNED son:

- **Sistemas de Memoria: Memoria Implícita y Memoria Explícita***

- **Atención y Limitaciones de la Actuación Humana**

El objetivo de esta Guía Didáctica consiste en proporcionar una serie de orientaciones y aclaraciones que ayuden al observador que visiona este DVD a conseguir una mejor comprensión del mismo. Esta Guía, en concreto, pretende lograr que a través del visionado de este material audiovisual, el observador logre una mejor comprensión de un tema tan importante para la psicología científico-experimental como es la evaluación de la actuación humana a través de la metodología que aporta la **Teoría de la Detección de Señales (TDS)**.

Según la Teoría de la Detección de Señales, la captación de la información relevante del medio y la toma de decisiones de los seres humanos sobre la detección o no de una señal va a depender, por un lado, del nivel de ruido que acompañe a la señal y, por otro, de las consecuencias e implicaciones que tenga para el individuo esta decisión. Esto quiere decir que la percepción de una señal ambiental no es totalmente neutra. Por tanto, la respuesta humana no depende únicamente de la calidad o de la intensidad estímulo que receptor o una determinada modalidad sensorial (Muñiz, 1995). Así pues, en situaciones de incertidumbre (como son la mayor parte de

* Este material audiovisual ha merecido la Mención Honorífica Especial del Premio Materiales Didácticos (1995) de la Universidad Nacional de Educación a Distancia.

las situaciones de la vida cotidiana) existen ciertos factores cognitivos propios del observador, tales como su motivación o su inclinación a contestar en un sentido o en otro, que resultan más importantes para la actuación que la propia intensidad estimular.

La llamada **psicofísica clásica**, nacida durante el siglo XIX a partir de los trabajos de Weber (ver Figura 1) y Fechner . (ver Figura 2), consideraba que la **sensación** dependía únicamente de la intensidad del estímulo (lu-



Fig. 1.
E. H. Weber (1795-1878)

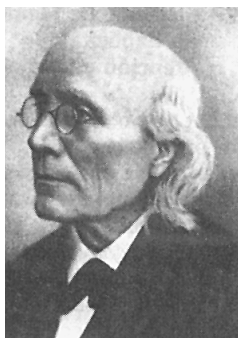


Fig. 2.
G. Th. Fechner (1801-1887)

minoso, acústico, táctil, gustativo, etc.) que llegaba a los receptores localizados en las diferentes modalidades sensoriales (vista, oído, tacto, gusto, etc.) del observador. Se pensaba que cuando la estimulación física era demasiado débil, no se producía ninguna sensación. En este caso se decía que dicha estimulación no superaba el **umbral sensorial**. Por el contrario, en aquellas situaciones en las que la estimulación era lo suficientemente intensa como para superar dicho umbral sensorial se producía la sensación, y en consecuencia, el individuo captaba la estimulación del medio.

Desde sus orígenes la psicofísica (con los trabajos de Weber y Fechner, y posteriormente con los de Stevens) ha pretendido estudiar con precisión los parámetros estímulares con la intención de poder llegar a entender las relaciones existentes entre la estimulación física y las reacciones o respuestas psicológicas que dicha estimulación suscitaban en el observador (ver Figura 3). De este modo nació la psicofísica, cuyo objetivo, como se señaló Fechner (1980) en su obra clásica *Elementos de psicofísica* no era otro que:



Fig.3. La idea de la Psicofísica es estudiar la relación que existe entre lo mental y lo material.

«Estudiar la relación existente entre la mente y la materia, entre el cuerpo y el alma» (Fechner, 1980/1966, p. 1).

Fechner trasladó el estudio de lo mental desde ámbito de la filosofía, en dónde se encontraba hasta aquel momento, hasta conseguir instalarlo en el ámbito de la ciencia utilizando métodos propiamente experimentales, parecidos a los utilizados en las demás ciencias y dotándola de una fundamentación matemática.

Recordemos al lector/a de esta Guía que la Psicología surgió como ciencia independiente a finales del siglo XIX, gracias a la idea de que a través del estudio preciso de las sensaciones, podía llegarse a descubrir el funcionamiento

de la mente y la actuación humana. Sin embargo, los psicólogos experimentales pronto comprobaron que existían distintos factores como la fatiga, la práctica en la tarea o la predisposición del perceptor que eran capaces de modificar el umbral absoluto de sensación. Por otro lado, la psicología había comprobado que el **umbral sensorial** no es algo constante, sino que depende del método utilizado para calcularlo. Además, la relación entre los estímulos físicos y las sensaciones que producen en el perceptor atribuidas por la Psicofísica clásica funcionan bastante bien para los valores intermedios de la estimulación. Sin embargo, en los valores extremos de la estimulación, el perceptor acude a procesos centrales a la hora de decidir en condiciones de incertidumbre (ver Ballesteros, 2002, caps. 6 y 7 y Ballesteros y García, 1995, cap. 4).

Por todo lo anterior, surgió la necesidad de distinguir entre dos componentes distintos para poder explicar la actuación humana. Por un lado, habría que analizar el componente sensorial, y por otro, habría también que considerar el componente motivacional o cognitivo del perceptor que el que va a tomar la decisión de contestar en un sentido o en otro en función de las consecuencias de su decisión.

Los orígenes de la **Teoría de la Detección de Señales (TDS)** pueden cifrarse en torno a los años cincuenta en el campo de las matemáticas y de la ingeniería de las comunicaciones. Los ingenieros estaban estudiando el problema de la detección de señales sobre un fondo de ruido. Investigadores del Instituto Tecnológico de Massachussets y de la Universidad de Michigan en Estados Unidos comprobaron que aparatos como el **radar** y el **sonar** presentan problemas de funcionamiento debido a la presencia de ruido. Los detectores físicos de señales, por perfeccionados que estén, siempre tienen que soportar ruido que entra junto a la señal que dichos aparatos deben detectar. Esto incidirá negativamente en su funcionamiento ya que limitará sus posibilidades de detectar la señal. La teoría de la detección contribuyó a tratar de solucionar este problema (ver Blanco, 1996, capítulo 4). En resumen, según estos teóricos, es posible mejorar el funcionamiento de estos apa-

ratos siempre que se le programe para que evalúe la señal+ruido (señal de entrada) en función de los resultados esperados del sistema.

En el ámbito humano, la teoría asume que la decisión sobre la percepción o no de una señal por parte de un receptor va a depender del nivel de ruido que acompañe a dicha señal y de las implicaciones que para el individuo conlleve su decisión. Además, ambos componentes, el sensorial y el de decisión, son independientes uno del otro.

En la actualidad, la Teoría de la Detección de Señales se ha convertido, como ha señalado Muñiz (1995), en el marco ideal y el eje central de **Psicofísica moderna**. No en vano, en estos momentos, se están aplicando los presupuestos de esta teoría a la solución de una amplia variedad de problemas, superando de este modo ampliamente el campo de la discriminación sensorial donde surgió, para pasar a aplicarse a otras muchas áreas en las que hay que evaluar la actuación humana como son la memoria, la toma de decisiones o el diagnóstico médico.

Objetivos

Los principales objetivos de este video son los siguientes:

- Mostrar de forma audiovisual cómo puede utilizarse la Teoría de la Detección de Señales para evaluar la toma de decisiones bajo condiciones de incertidumbre.
- Servir de apoyo didáctico al estudio de los procesos perceptivos, de memoria y de toma de decisiones.
- Ayudar a una mejor comprensión de los principios en los que se basa esta teoría.
- Contribuir a una mejor interpretación del trabajo de prácticas de los alumnos de Psicología General, concretamente en el ámbito de la percepción.

- Facilitar la comprensión de los principios básicos de la teoría mediante la utilización de gráficos animados que ayuden a comprender los principios matemáticos en los que se basa.
- Mostrar las posibilidades de aplicar la teoría a distintos ámbitos de las ciencias sociales, no sólo dentro de la psicología.

¿A quién va dirigido este video?

El DVD se ha realizado pensando especialmente en los alumnos de Psicología. Sobre todo, en aquellos estudiantes que cursan las asignaturas de Psicología General, Psicología Experimental, Psicología Cognitiva, Psicología de la Percepción y Psicología Matemática.

Por su contenido, este DVD puede también interesar a estudiantes y profesionales de la medicina, ciencias de la educación, así como a otros científicos de las ciencias sociales y humanas que trabajen en diferentes aspectos de la toma de decisiones.

Igualmente, este DVD puede resultar de interés para todas aquellas personas que, sin pertenecer a alguno de los ámbitos señalados anteriormente, sienten inquietud por conocer el funcionamiento de la mente humana.

Principales núcleos temáticos

Los principales núcleos o bloques temáticos que componen este video son los siguientes:

El ser vivo y la necesidad de captar la información del medio como base de su supervivencia

El comienzo del DVD incide sobre la necesidad que tienen los seres vivos, en general, y las personas, en particular, de captar gran cantidad de información del medio en el que viven a través de las diferentes modali-

dades sensoriales como forma de poder sobrevivir en el ambiente que les rodea. Sin embargo, ningún ser vivo es capaz de aprovechar toda la energía estimular. La cantidad de información del medio es muy superior a la que las modalidades sensoriales de las diferentes especies son capaces de captar. Se pone el ejemplo del sistema visual por considerar que la visión proporciona al individuo una gran cantidad de información sumamente valiosa para conocer y actuar en su medio ambiente. A través de animación, el DVD muestra el **espectro electromagnético** (ver Fig. 4) y la reducida porción del mismo que puede estimular al ojo humano. Solo la energía luminosa comprendida entre 400 y 700 nanómetros de longitud de onda, puede ser captada por el ojo humano. Se muestra también mediante animación cómo algunas especies animales poseen receptores (visuales) que pueden ser estimulados por estímulos situados en otras posiciones diferentes del espectro electromagnético. Los ejemplos elegidos para esta ilustración son las abejas y las serpientes. Los receptores de las abejas están adapta-

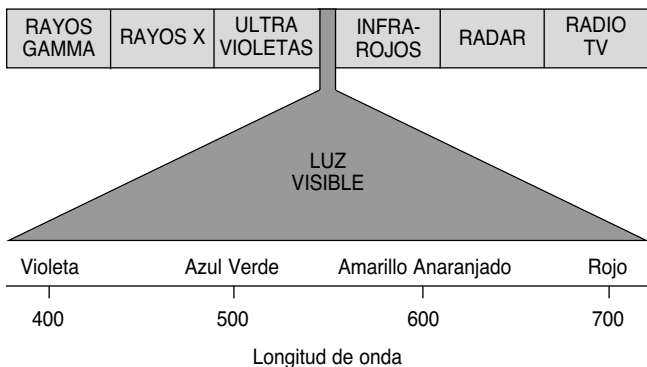


Fig.4. Espectro de la energía electromagnética. La parte del espectro percibida por el ojo humano es una parte mínima de todo el espectro. Esta parte se muestra aumentada en la parte inferior de la figura.

dos para captar los rayos ultravioletas (de menor longitud de onda). Por el contrario, los receptores de los ojos de las serpientes son capaces de captar los rayos infrarrojos (de mayor longitud de onda).

Algunas nociones de Psicofísica clásica

Se introduce el concepto de **Psicofísica clásica**. Las imágenes muestran cómo la estimulación sonora producida por un músico que está tocando una guitarra llega a una persona que está escuchando la melodía que las ondas sonoras producidas al pulsar las cuerdas del instrumento contribuyen a difundir a través del aire de la habitación.

Fechner, el padre de la psicofísica, define el método psicofísico como la forma objetiva de relacionar la mente y la materia, el cuerpo y el alma, lo físico y lo espiritual. De este modo nació la psicología científica a finales del siglo XIX con el fin de lograr construir una teoría sobre las relaciones funcionales existentes entre dos mundos diferentes: el físico o de la estimulación, y el psicológico (las sensaciones que la estimulación física producían en el observador).

A continuación, el DVD muestra en forma de gráfico animado el concepto de umbral sensorial. Se ilustra esta idea con imágenes de un otorrinolaringólogo que está midiendo el umbral auditivo de un paciente. No en vano, esta es una de las aplicaciones más importantes de la teoría. Las imágenes que siguen dan idea de que la cantidad de estimulación física no constituye el único determinante de la actuación del individuo. Factores personales propios de la condición humana como son la fatiga, la práctica continuada, o la motivación influyen de manera notoria en la actuación humana.

Los orígenes y fundamentos de la Teoría de la Detección de Señales

Este núcleo del DVD introduce los aspectos básicos de la teoría de la detección y sus componentes. Estos

componentes son la sensibilidad y la decisión del observador. En él se trazan a grandes pinceladas históricas el nacimiento de la teoría en el ámbito de las matemáticas y la ingeniería de las comunicaciones. Esta parte del video se ilustra con imágenes de la época en la que empezó a usarse esta teoría (segunda guerra mundial y periodo de la guerra fría).

A continuación, se indica cómo Tanner y Swets (1954) aplican por vez primera la teoría del ruido, desarrollada en el ámbito de la ingeniería, al campo psicológica de la visión. La publicación posterior de Green y Swets (1966) supuso la verdadera introducción de la teoría de la detección para tratar de solucionar un amplio rango de problemas psicológicos. A partir de ese momento puede decirse que la teoría se ha venido aplicando cada vez con mayor frecuencia a problemas propiamente psicológicos con la intención de intentar explicar cómo los seres humanos detectan señales sensoriales débiles sobre un fondo de ruido.

La utilidad de la teoría para explicar la actuación humana en situaciones de incertidumbre, ha revasado el campo de la psicología para extenderse a otras ciencias sociales o de la salud y, en general, a todos aquellos casos en los que se considera necesario analizar los procesos sensoriales de los procesos de decisión (procesos voluntarios y cognitivos).

Algunos ejemplos en los que se puede utilizar la Teoría de la Detección de Señales

Dentro de la psicología, la teoría se ha utilizado con éxito en tres áreas diferentes. Estas áreas son: el estudio de los procesos sensoriales y perceptivos, para evaluar la memoria de reconocimiento y en la toma de decisiones.

Observe la amplia variedad de posibilidades de utilización que le ofrece esta teoría. En principio, podría usarse en cualquier caso de discriminación perceptiva de estímulos presentados a las distintas modalidades sensoriales. Por ejemplo, se puede evaluar con ella la ac-

tuación de una persona en una tarea de discriminación auditiva en la que debe distinguir un sonido de una determinada frecuencia, de otros sonidos de frecuencias más altas o más bajas. Se puede utilizar también para averiguar la capacidad de una persona para distinguir visualmente caras de ambos sexos, o caras orientales y otras occidentales. Se puede también utilizar esta teoría cuando se trata de valorar la capacidad de un grupo de testigos oculares para juzgar si una persona cometió o no un determinado delito.

Pero la **Teoría de la Detección de Señales** (TDS) no se ha utilizado únicamente para valorar la capacidad de las personas a la hora de realizar discriminaciones visuales o auditivas. La teoría se ha utilizado también para valorar su capacidad y predisposición a la hora de realizar juicios sobre características de las formas y objetos procesados hápticamente. Por ejemplo, cuando se ha tratado de determinar la capacidad del tacto para discriminar si un patrón de líneas realizadas era cerrado o abierto (Ballesteros, Millar y Reales, 1998), o si un patrón de líneas realizadas no familiares o un objeto tridimensional era simétrico o asimétrico (Ballesteros, Manga y Reales, 1997).

En el ámbito de la investigación sobre la memoria humana, también ha resultado ser de gran interés para evaluar la precisión en pruebas de reconocimiento. Esta forma de evaluación de la memoria a largo plazo consiste en presentar junto a los estímulos antiguos (elementos estudiados o aprendidos previamente), otros que actúan como distractores para que el observador distinga los antiguos frente a los nuevos (ver Ballesteros, 1994, cap. 19, apartado 4). Observe qué podría ocurrir si se tomara como criterio de actuación del observador el porcentaje de elementos correctamente reconocidos. No cabe duda, que en este caso podría estar actuándose incorrectamente. ¿Sabe por qué? Muy sencillo. Suponga que un observador adopta la estrategia de indicar ante cada estímulo que le va presentando el experimentador para que lo reconozca como «antiguo» o como «nuevo» (familiar/no familiar) que se trata de un estímulo «anti-

guo». En este caso, el porcentaje de respuestas correctas sería el 100%, lo que parecería indicar que la actuación de este observador ha sido perfecta. ¿Significa este resultado que la memoria de reconocimiento de este observador es perfecta? Naturalmente no. Observe que junto a un nivel de **aciertos** del 100% (todos aquellos estímulos que el observador ha clasificado como «antiguos» siendo realmente antiguos), el observador ha obtenido también un porcentaje de **falsas-alarmas** del 100% (todos aquellos estímulos que el observador ha clasificado como «antiguos» tratándose en realidad de estímulos «nuevos»). Una forma más correcta de evaluar la memoria de reconocimiento consiste en tener en cuenta no sólo los aciertos sino también las falsas-alarmas.

¿Cuándo está justificado utilizar la teoría? En todos los casos en los que la actuación de los individuos no sea totalmente perfecta ni completamente mala. Toda una amplia variedad de casos intermedios en los que se producen errores, la TDS resulta una técnica útil para evaluar la actuación humana.

Fuera del ámbito propiamente psicológico, esta teoría puede utilizarse también en el campo de la medicina como es el caso de unos médicos o estudiantes de medicina que tienen que determinar, basándose en los resultados de unas pruebas clínicas como puede ser un scanner, una ecografía o una radiografía, la presencia o ausencia de una determinada disfunción o trastorno físico en un paciente.

Elementos de la Teoría de la Detección de señales

Como habrá podido observar, en todos los casos existe una forma objetiva de evaluar la actuación del observador porque las caras siempre pueden categorizarse como «antiguas» o «nuevas», «orientales» u «occidentales», «femeninas» o «masculinas»; los objetos o patrones realzados siempre son «simétricos» o asimétricos, «abiertos» o «cerrados», los sonidos siempre son de una

frecuencia «superior» o «inferior» a una determinada frecuencia, etc. En una palabra, podemos decir que existe una correspondencia entre los estímulos y las respuestas. La citada correspondencia entre los estímulos y la respuesta del observador ante tales estímulos constituye una forma objetiva de evaluar su actividad.

Los elementos fundamentales de la TDS son tres:

- Una **señal** que puede estar presente o ausente.
- Una **decisión del observador** ante la presencia o ausencia de la señal.
- Un periodo de **tiempo** durante el que el observador atiende e interacciona con la señal.

Los errores en la actuación del observador surgen por la existencia de ruido entre los estímulos, o porque surge ruido dentro del propio observador. La TDS sirve para Interpretar la sensibilidad y el sesgo de la respuesta del observador en situaciones en las que se producen errores.

Diseño básico de tipo si/no, o de un intervalo

Este tipo de diseños, que son los únicos tratados en el vídeo, son los más sencillos y, a la vez, los más utilizados. Para ver otros diseños más complicados y para el cálculo rápido de los parámetros principales proporcionados por la Teoría de la Detección de Señales, ver Reales y Ballesteros (1995). Se trata de un programa de ordenador y de su Manual correspondiente, específicamente preparados para este fin (ver Figura 5).

En los *diseños de tipo si/no*, los estímulos pertenecen siempre a una de estas dos clases: la clase de la Señal+Ruido (hay que tener en cuenta que la señal siempre viene acompañada de un cierto ruido que es lo que hace que la discriminación del observador no sea perfecta), y la clase del Ruido. La tarea siempre consiste en indicar



Fig.5, Persona utilizando el Programa TDS (Reales y Ballesteros, 1995).

a cuál de estas dos clases de estímulos pertenece el estímulo presentado en cada ocasión.

Como puede verse en la Figura 6, las respuestas que proporciona el observador ante cada estímulo puede encajarse en una tabla de cuatro entradas que vienen determinadas por el tipo de ensayo presentado (proveniente de la Señal+Ruido, o del Ruido) y por el tipo de respuesta emitida por el observador («si», «no»). En la parte inferior de la Figura 4 pueden apreciarse las distribuciones correspondientes a los ensayos pertenecientes a la Señal+Ruido, con sus dos tipos respuestas (**Aciertos** y **Fallos**) y a los ensayos con Ruido sólo, con sus dos tipos de respuestas (**Falsas-alarmas** y **Rechazos correctos**). Los dos parámetros de la TDS son la medida de la sensibilidad que se denomina **d'** y la medida de sesgo de respuesta que suele ser el **criterio (c)**. El video presenta de forma animada el significado de estos dos índices. Para ello, se muestra cómo a medida que va variando la separación entre las dos distribuciones (la de la Señal+Ruido, y la del Ruido) aumenta la sensibilidad (**parámetro d'**), haciéndose mayor el valor de d' .

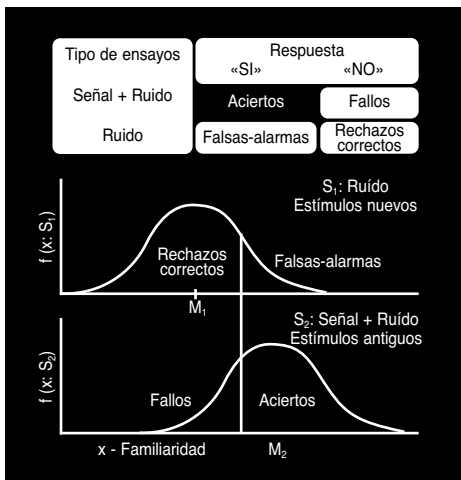


Fig. 6. La parte superior de la figura muestra la tabla de posibles respuestas en la TDS en un experimento de un intervalo (Si/NO). La parte inferior muestra las distribuciones subyacentes para los ensayos con señal+ruído y con ruido sólo.

Por medio de gráficos animados, también se presenta como van variando los espacios de decisión (correspondientes a las respuestas del observador ante cada estímulo: «Si», «No», o «Antiguo», «Nuevo» si se trata de evaluar la memoria de reconocimiento). La animación va mostrando cómo varía la localización del criterio de decisión. La animación comienza mostrando el llamado criterio de decisión, o parámetro c . En un caso este parámetro está situado en el centro de las dos distribuciones y su valor es O . A continuación, el criterio se va moviendo paulatinamente hacia valores cada vez más negativos. Estos valores positivos de c indican que el observador está actuando de una manera arriesgada favoreciendo las respuestas «Si». Como puede observarse en el video, la zona correspondiente a las respuesta «Si» (o «Antiguo» si se trata de reconocer un determinado estímulo como antiguo o nuevo) va haciéndose cada vez mayor a medida que la actuación del observador va haciéndose más arriesgada. Observe que los aciertos van aumentando pero también las falsas-alarmas, a la vez que los fallos van disminuyendo.

A continuación observe qué ocurre cuando el criterio c se mueve lentamente hacia la derecha. Como puede apreciarse c va adquiriendo cada vez valores positivos más elevados. En este caso, el observador muestra un sesgo de respuesta. Esto es una tendencia a contestar «No». Paralelamente, el número de aciertos disminuye progresivamente a la vez que disminuyen también el número de falsas-alarmas y aumenta el número de fallos. En este caso se dice que el observador está adoptando una postura cada vez más estricta contestando sólo «Si» o «Antiguo» cuando se encuentra totalmente seguro de su juicio.

Observe también la relación existen entre la **curva ROC** y la adopción de distintos criterios para cada nivel de sensibilidad (d'). Cada **curva ROC** se obtiene al dibujar la proporción de Aciertos en función de la proporción de Falsas-alarmas manteniendo constante la sensi-

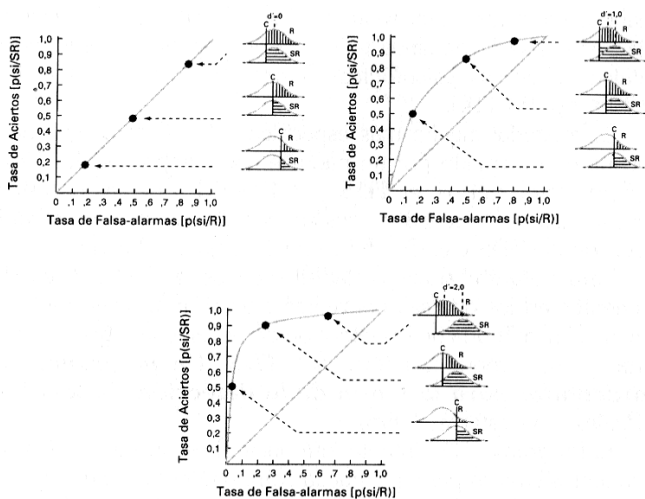


Fig.7. Relaciones entre la curva ROC y las distribuciones de la señal+ruído y del ruido. El cambio de criterio en el observador produce los diferentes puntos de la curva ROC. Todos los puntos de una curva ROC presentan una misma sensibilidad.

bilidad del observador. El gráfico animado va mostrando cómo la curva ROC se hace cada vez más abombada a medida que aumenta d' .

La Figura 7 muestra cómo el cambio de criterio (c) en el observador produce los distintos puntos de la **curva ROC**. El abombamiento de la curva muestra el valor de la sensibilidad (d'). Un mayor abombamiento significa una mayor sensibilidad del observador.

Junto al índice c , se presenta también en el video de manera animada el significado de otro índice de sesgo bastante utilizado: la **razón de verosimilitud**, conocido como parámetro **beta**. Se presenta un programa informático escrito en Pascal que puede utilizarse para calcular con rapidez y precisión estos índices estadísticos, así como otros parámetros de la teoría (Reales y Ballesteros, 1994, 1995).

Material didáctico complementario

Este video supone un complemento audiovisual a otros materiales relacionados con el tema que nos ocupa. Por ejemplo, para una iniciación sencilla al tema de la Teoría de la Detección de Señales se recomienda la lectura del capítulo 5 del Manual titulado *Procesos psicológicos básicos* (Ballesteros y García, 1995, pp. 93-114).

Un material mucho más específico sobre el tema que nos ocupa está formado por un paquete que comprende dos Programas informáticos, el **TDS** y el **EXPER**. Además de estos programas de ordenador, existen dos libros, el *Manual del usuario del TDS* y el *Cuaderno de Trabajo de Prácticas*.

Para realizar el análisis estadístico de los resultados de experimentos en los que sea conveniente analizar la actuación humana con la Teoría de la Detección de Señales se sugiere la utilización del programa informático TDS. **Un programa de ordenador para la teoría de la detección de señales** (Reales y Ballesteros, 1995).

El Programa TDS intenta introducir al usuario en los conocimientos básicos para que pueda comprender los

fundamentos de la teoría. Este programa, escrito en Pascal 7.0, calcula rápidamente un gran número de parámetros no sólo para el diseño presentado en este video, sino también de una amplia variedad de diseños experimentales que se utilizan ampliamente. Además de los diseños de un intervalo, el Programa TDS realiza análisis no paramétrico, diseños de valoración, diseños de elección forzada y diseños del tipo «igual-diferente». A pesar de que se tratan de programas dirigidos por menús, el *Manual del usuario* facilita la utilización del **Programa TDS** e introduce al usuario los conceptos fundamentales de cada uno de los diseños. Este programa informático, además de calcular los índices asociados a la teoría de la detección, realiza pruebas de estadística inferencial y proporciona las curvas ROC para observadores individuales o para resultados obtenidos a partir de un grupo de observadores.

Conjuntamente con este *software*, se distribuye también el **Programa EXPER**, preparado para que el estudiante pueda realizar prácticas experimentales sobre procesos psicológicos como la percepción y la memoria de reconocimiento en su propio ordenador. Los estímulos utilizados en estos experimentos son visuales, auditivos o verbales. Existen un total de seis experimentos que el estudiante puede correr en su ordenador. Estos experimentos versan sobre la detección visual de señales, la discriminación auditiva, el efecto de la longitud de la lista sobre la memoria, el efecto de la frecuencia de uso de las palabras sobre la memoria de reconocimiento, el efecto de la superioridad del dibujo en el reconocimiento de objetos familiares, y el efecto de la superioridad del dibujo en el reconocimiento de objetos no familiares. El programa EXPER permite, además, al estudiante adelantado definir, diseñar y ejecutar otros experimentos diferentes de los seis programados. Los experimentos programados cubren varias áreas de la psicología en las que se utiliza la Teoría de la Detección de Señales (TDS). Estos experimentos pueden utilizarse como un curso completo, aunque cada uno es independiente de los demás, pudiendo realizarse en cualquier combinación. El programa

informático viene acompañado de un Cuaderno de trabajo que proporciona toda la información necesaria para que pueda actuar el propio interesado como sujeto experimental o para que pueda actuar como experimentador y aplicar la prueba a otros sujetos experimentales.

Una vez realizado el experimento y registrados los datos automáticamente en el ordenador, el estudiante puede analizarlos mediante el Programa TDS. Ambos Programas (el TDS y el EXPER) están escritos en Pascal 7. 0 y pueden utilizarse en cualquier ordenador IBM o compatible.

El video *Evaluación de la actuación humana con la Teoría de la Detección de Señales* constituye el complemento audiovisual al paquete formado por el **Programa informático TDS** (programa de cálculo) y por el **Programa EXPER** (prácticas experimentales por ordenador). En su conjunto, estos materiales forman un paquete didáctico comprensivo e integrado que pretende servir para de base a todos aquellos que deseen iniciarse de forma sistemática y práctica en los fundamentos de la TDS. También, estos materiales pueden servir a aquellos que deseen afianzar sus conceptos previos de una manera práctica, permitiéndole manipular modelos, construir sus propios experimentos y avanzar sobre el terreno mediante la utilización del programa de ordenador.

Todo este material se ha concebido teniendo en cuenta las necesidades especiales de aquellos estudiantes y estudiosos que por sus propias necesidades se ven obligados a trabajar de una manera relativamente independiente. Por ello, se han cuidado al máximo los aspectos didácticos. Después de introducir los contenidos de cada capítulo, se presentan resúmenes de las ideas principales, una sección de palabras clave, definidas en el Glosario que aparece al final del texto, y una parte de ejercicios prácticos.

Esta serie de materiales constituyen una forma novedosa e integrada preparada con la intención de puedan contribuir a la mejora de la enseñanza teórica, permitiendo al estudiante/usuario la realización de Prácticas en las que se aunan las aportaciones de las nuevas tec-

nologías (material audiovisual, material informático y materiales impresos) con el fin de facilitar el aprendizaje personalizado del estudiante.

Conclusiones

La **Teoría de la Detección de Señales (TDS)** surgió en el campo de la ingeniería. de las telecomunicaciones. Al poco tiempo, esta teoría entró en el campo de la psicología científica de la mano de David Green y John Swets (1966) con el fin de intentar explicar los resultados de experimentos de detección en los que los observadores debían distinguir señales visuales o auditivas débiles y diferenciarlas del ruido ambiental que aparecía concurrentemente con dichas señales.

Desde esta perspectiva, se considera a los observadores como individuos que toman decisiones y no como meros detectores objetivos de la información presente en el medio. La idea es que los observadores tratan de actuar de la mejor manera posible a pesar de la variabilidad e impredecibilidad de la estimulación que llega a las diferentes modalidades sensoriales.

La obra clásica de Green y Swets (1966) muestra no sólo los métodos experimentales para separar los procesos de decisión de los factores sensoriales, sino que también muestran cómo realizar los análisis de datos.

En los años que han transcurrido desde la introducción de esta teoría en la ciencia psicológica, el tipo de problemas a los que se ha aplicado la teoría ha aumentado considerablemente. El usuario actual de la misma ha dejado de ser únicamente el psicólogo de la sensación y ha pasado a incluir a otros científicos interesados en el estudio de la memoria, la cognición, el diagnóstico clínico, etc. (MacMillan y Creelman, 1991).

La teoría constituye un modelo psicofísico que puede utilizarse ampliamente para evaluar la actuación humana en distintos campos entre los que se incluyen la detección y discriminación sensorial, la percepción y la memoria.

La TDS se diferencia de la psicofísica clásica porque no utiliza el concepto de umbral de sensación, definido como la menor cantidad de energía estimular necesaria capaz de producir una sensación en el observador. La teoría de la detección distingue entre dos procesos:

- 1) El proceso de discriminación sensorial que depende de la separación entre las medias de la distribución de la Señal+Ruido y de la distribución del Ruido.
- 2) Un proceso motivacional que depende de la voluntad, procesos cognitivos o estado de ánimo del observador.

La teoría asume que estos dos componentes o procesos son independientes uno de otro. Una buena medida del proceso sensorial es el índice d' que es invariante aunque cambien otros factores que no estén relacionados con la sensibilidad del observador. Una buena medida de la tendencia del observador a responder en un sentido o en otro es el índice de sesgo cocido como criterio, c .

El situación experimental más utilizada corresponde a los diseños de un intervalo, conocidos como diseños Si/No. El Programa de ordenador TDS permite calcular con rapidez y precisión los parámetros de este tipo de diseños y también los correspondientes a otros diseños más complejos.

Orientaciones didácticas

- A continuación señalamos algunos capítulos de libros y textos escritos cuya lectura puede ayudar a lograr un mayor aprovechamiento de este material audiovisual. Se recomienda leer previamente el capítulo 5 ya citado del Manual *Procesos psicológicos básicos* (Ballesteros y García, 1995). En él podrá el lector encontrar una exposición clara y sencilla de los principales conceptos en los que se basa la TDS.

En castellano existen también otras lecturas

recomendades. Por ejemplo, el libro de Muñiz (1991), *Introducción a los métodos psicofísicos*, dedica un capítulo a este tema. El lector interesado puede leer también el capítulo de Jañez (1992) dedicado a la psicofísica. Una parte de este capítulo trata de la TDS.

Más recientemente, el manual *Psicofísica* (Blanco, 1996), dedica el capítulo 4 al estudio de la Teoría de la Detección de Señales. En este capítulo se examinan algunas de las tareas tratadas en este video, a la vez que señala otras nuevas. En todas ellas, los perceptores humanos realizan ciertas tareas en situaciones de incertidumbre. El capítulo 5 proporciona un tratamiento bastante técnico de la curva ROC.

En inglés, el libro más completo e interesante sobre el tema es el escrito por MacMillan y Creelman (1991) titulado *Detection theory: A user's guide*. En este manual la persona interesada podrá encontrar además de los diseños de discriminación de un intervalo de los que tratamos en el video, diseños de discriminación de dos o más intervalos y estadística inferencia.

- Si el lector de esta Guía desea poder entender y utilizar los conceptos expuestos en este vídeo de una manera práctica, le recomendamos que utilice el paquete informático y los manuales que acompañan a los Programas TDS y EXPER (Reales y Ballesteros, 1995). Como ya hemos señalado, la utilización de estos programas en un ordenador personal contribuirán a que el interesado pueda obtener una visión más profunda y práctica de los contenidos abordados en este video.
- Le aconsejamos que después de que tenga alguna idea de los conceptos básicos de la teoría, visiones el vídeo completo la primera vez. Esto le permitirá obtener una visión global de los contenidos del mismo.

- Procure visionar varias veces más el vídeo. Esta vez, en lugar de pasarlo todo entero, vea despacio cada uno de los bloques o núcleos temáticos del mismo. Como sugerencia, puede descomponer el visionado del mismo en las siguientes partes:
 1. El ser vivo como captador de información del medio y espectro electromagnético.
 2. Algunas nociones de psicofísica clásica
 3. Nacimiento y presupuestos de la Teoría de Detección de Señales.
 4. Aplicaciones de la Teoría de la Detección de Señales.
 5. Diseño de un intervalo y la tabla de cuatro entradas que recoge los valores correspondientes a los Aciertos, Fallos, Falsas-alarmas y Rechazos correctos.
 6. Medidas de sensibilidad y sesgo. La curva ROC.
 7. Resumen y recapitulación.

- Cuando visiono por partes el video, tenga a mano un lápiz y un papel. Anote sus impresiones sobre el contenido del video. Se ha comprobado que cuando las personas adoptan una postura activa, se produce un mejor aprovechamiento de los materiales didácticos y una mejor comprensión del tema. Si alguna cosa no entiende, anotela para ver si puede aclararla en un visionado posterior o recurriendo a algunos de los otros materiales didácticos que hemos señalado más arriba.

- Si desconoce el significado de algún concepto, le recordamos que al final de esta Guía aparece una sección dedicada a un Glosario de términos. Compruebe si se encuentra definido allí el concepto que no conoce.

- Consulte también la sección sobre Materiales Didácticos. Allí podrá encontrar referencias útiles para ampliar los conocimientos adquiridos.

Actividades complementarias

Como actividades complementarias, le sugerimos que realice algunas de las prácticas experimentales programadas en el paquete informático TDS-EXPER. La realización de estos experimentos en los que usted puede ser el sujeto experimental o puede tener que buscar un determinado número de sujetos le ayudarán a comprender de una manera práctica los usos de la teoría.

Para analizar los resultados de estas prácticas, puede utilizar el programa TDS. De este modo podrá calcular con facilidad los parámetros de la teoría y podrá obtener las curvas ROC correspondientes.

Glosario de términos

Acierto. Se dice cuando el observador emite una respuesta «Si» o «Antiguo» correcta ante un estímulo que pertenece a la distribución de la Señal+Ruido en un diseño de un intervalo. Se denomina tasa de aciertos a la proporción de respuestas «Si» correctas (cuando el estímulo está realmente presente).

Beta. También llamada razón de verisimilitud. Es un índice de sesgo de respuesta en la Teoría de la Detección de Señales.

c. Se llama c en TDS a la localización del criterio en unidades z a partir del punto central de las dos distribuciones O_a de la Señal+Ruido, y la del Ruido). Se trata de la medida más adecuada de sesgo de respuesta.

Curva ROC. Se trata de una curva que une los puntos de igual sensibilidad pero de diferente sesgo de respuesta. Se puede dibujar la familia de curvas ROC resultando curvas cada vez más abombadas a medida que mejora la sensibilidad.

d'. Se trata del índice de sensibilidad en TDS. La sensibilidad viene definida por la diferencia entre la media de las dos distribuciones subyacentes (la de la Señal+Ruido y la del Ruido) dividida entre la desviación típica común a las dos distribuciones. La teoría asume la igualdad de la varianza de ambas distribuciones.

Diseño de un intervalo. También llamados diseños «Si/No». En este tipo de diseños hay dos tipos de respuestas que pueden ser «Si» ó «No», «Antiguo» ó «Nuevo», o de otro tipo binario. Se trata de los diseños más sencillos y más utilizados en TDS.

Falsa-alarma. En un experimento de un intervalo corresponde a una respuesta «Si» a un estímulo perteneciente a la distribución de la Señal+ Ruido cuando la respuesta correcta es «No» porque el estímulo que hay que detectar no está presente.

Fallo. En un experimento de un intervalo corresponde a una respuesta «No» a un estímulo perteneciente a la distribución de la Señal+Ruido cuando la respuesta correcta es «Si», porque el estímulo que hay que detectar está presente. Se trata de un tipo de respuesta incorrecta. El otro tipo de respuesta incorrecta es la Falsa-alarma.

Índice. Se dice de un estadístico o parámetro. Por ejemplo, d' ó c son parámetros de la TDS.

Radar. Sistema electrónico que detecta objetos ocultos por la distancia, oscuridad o nubes mediante la utilización de ondas de radio. La posición del objeto oculto se determina a través de la medición del tiempo necesario para que una onda de radio viaje desde el transmisor al objeto y vuelva de nuevo al transmisor. El sistema de radar se desarrolló durante y después de la Segunda Guerra Mundial. En la actualidad se utiliza este instrumento para tareas de búsqueda y seguimiento de objetivos en el espacio, para medir la altitud y para avisar tempranamente.

Razón de verosimilitud. Se dice de la probabilidad de que un evento provenga de una distribución en lugar de la otra. Se trata de uno de los índices o medidas de sesgo de respuesta.

Rechazo correcto. En un experimento de un intervalo se produce cuando el observador responde «No» y en realidad el estímulo pertenece a la distribución del Ruido. Se trata de una respuesta correcta. Se llama tasa de rechazos correctos cuando el individuo responde «No» o «Nuevo» y el estímulo no está presente o se trata de un estímulo nuevo.

Sensibilidad. Es la medida de discriminabilidad de la TDS. La sensibilidad según la teoría de la detección está influenciada por los factores del estímulo, pero no lo está por el sesgo de respuesta o tendencia del individuo a contestar en un sentido o en otro.

Sesgo de respuesta. Se dice que existe cuando el observador manifiesta una tendencia a favorecer un tipo de respuesta frente al otro, sin tener en cuenta el tipo de estímulo presentado por el experimentador.

Sonar. Se utiliza este término genérico para referirse a sistemas sónicos o ultrasónicos de propagación del eco por debajo del agua. Se utiliza para detectar barcos enemigos en tiempo de guerra, como ayuda en la navegación para la medición, como técnica para encontrar bancos de pesca y, en general, para la investigación del fondo del mar.

Teoría de la Detección de Señales (TDS). Se trata de una teoría psicofísica en la que la elección del observador viene determinada tanto por la distancia existente entre las dos distribuciones debida a los estímulos que aparecen en ese espacio (a esto se denomina sensibilidad) como por la decisión que adopta el observador a la hora de dividir el espacio en regiones correspondientes a los distintos tipos de respuestas (a esto se le denomina sesgo de respuesta).

Referencias bibliográficas

- BALLESTEROS, S. (1994). *Psicología general. Un enfoque cognitivo*, (Capítulo 18) Madrid: Editorial Universitas.
- BALLESTEROS, S. (2002). *Psicología General* (vol. I). Madrid. Universidad Nacional de Educación a Distancia.
- BALLESTEROS, S., Y GARCIA, B. (1995). *Procesos psicológicos básicos* (Capítulo 5). Madrid: Editorial Universitas.
- BALLESTEROS, S., MANGA, D., Y REALES, J. M. (1997). Haptic discrimination of bilateral symmetry in two-dimensional and three-dimensional unfamiliar displays. *Perception & Psychophysics*, 59, 37-50.
- BALLESTEROS, S., MILLAR, S., Y REALES, J. M. (1998). *Symmetry in haptic visual search perception*. *Perception & Psychophysics*, 60, 389-404.
- BLANCO, M. (1996). *Psicofísica*. Madrid: Editorial Universitas.
- FECHNER, G. T. (1860). *Elemente der psychophysik*. Leipzig. Versión en inglés de *Elements of psychophysics*. New York: Holt, Rinehart and Winston, 1966.
- JANEZ, L. (1992). Psicofísica. En J. L. Fernández Trespalacios y P. Tudela (Eds.), *Atención y percepción* (pp. 1-44). Madrid: Alhambra Universidad.
- MACMILLAN, N. A., Y CREELMAN, C. D. (1991). *Detection theory. A user's guide*. New York: Cambridge University Press.
- MUÑIZ, J. (1991). *Introducción a los métodos psicofísicos*. Barcelona: PPU.
- MUÑIZ, J. (1995). Prólogo al libro *TDS un programa para la teoría de la detección de señales*. Madrid: Editorial Universitas.
- REALES, J. M., Y BALLESTEROS, S. (1994). SDT_SP a program in Pascal for computing parameters and significance tests from several detection theory designs. *Behavioral Research Methods, Instruments, & Computers*, 26, 151-155.
- REALES, J. M., Y BALLESTEROS, S. (1995). *TDS Un programa de ordenador para la teoría de la detección de señales. EXPER. Practicas de Laboratorio por ordenador: Disquete con software*. Madrid: Editorial Universitas.