

---

# MODELOS Y PROCEDIMIENTOS DE EVALUACIÓN DE LA CARGA MENTAL DE TRABAJO

# MODELS AND PROCEDURES OF EVALUATION OF THE MENTAL WORKLOADS

SUSANA RUBIO VALDEHITA

LOURDES LUCEÑO MORENO

JESÚS MARTÍN GARCÍA

MARIAN JAÉN DÍAZ

*Laboratorio de Psicología del  
Trabajo y Estudios de Seguridad*

*Facultad de Psicología*

*Universidad Complutense de Madrid*

e-mail: srubiova@psi.ucm.es

## RESUMEN

*Este artículo representa una revisión teórica sobre los principales modelos y procedimientos de evaluación de la carga mental de trabajo. Comenzamos definiendo el término carga mental de trabajo siguiendo una concepción multidimensional, según la cual existen diferentes fuentes causantes de la carga mental. Estas fuentes proceden principalmente de tres tipos de factores: los aspectos temporales de la tarea, sus demandas cognitivas y los sentimientos o actitudes que genera la realización de la misma en los trabajadores.*

*A continuación, se exponen los diferentes modelos teóricos que se han aplicado a lo largo del tiempo para describir el fenómeno de la carga mental de trabajo: los modelos de filtro y los modelos del recurso. Finalmente, se describen*

## ABSTRACT

*This paper presents a theoretical review on the main mental workload models and procedures. It begins by defining mental workload as a multidimensional construct, as a result of several possible sources. These sources are related principally to three kinds of factors: task temporal aspects, task cognitive demands and feelings or attitudes towards the task.*

*Next, the different theoretical models that had been used to explain mental workload are described. Basically, these models are: filter models and resources models. To end with, the most frequently used mental workload assessment methods are reviewed: task performance-based measures, subjective procedures and physiological techniques. The main benefits and*

*los principales métodos empleados para la evaluación de la carga mental de trabajo: medidas basadas en el rendimiento, procedimientos subjetivos e indicadores fisiológicos, así como las principales ventajas e inconvenientes que se presentan de cara a la evaluación de la carga mental en contextos aplicados.*

#### **PALABRAS CLAVE**

*Carga mental de trabajo, modelos de carga mental, evaluación de la carga mental de trabajo.*

*inconveniences of these mental workload assessment methods are also discussed.*

#### **KEY WORDS**

*Mental workload, mental workload models, mental workload assessment techniques.*

## **INTRODUCCIÓN**

El interés por la evaluación de la carga mental de trabajo es relativamente reciente si lo comparamos con el análisis de la carga física. El desarrollo tecnológico ha supuesto un aumento en el número de puestos de trabajo que demandan una mayor proporción de habilidades cognitivas que físicas. Esto hace que en la actualidad, la evaluación de la carga mental sea un aspecto central en la investigación y desarrollo de sistemas de trabajo que permitan obtener niveles más altos de confort, satisfacción, eficacia y seguridad en el trabajo.

A la hora de optar por una alternativa de diseño de un puesto de trabajo es necesario medir no sólo el nivel de rendimiento o eficacia que se alcanza, sino también la carga mental que experimenta el trabajador. En los últimos años, la investigación aplicada ha mostrado un gran interés por el concepto de carga mental: ¿en qué medida está ocupado el trabajador?, ¿hasta qué punto son complejas las tareas que tiene que realizar?, ¿puede realizar tareas adicionales a la vez que lleva a cabo su tarea actual?, ¿será capaz de responder a ciertos estímulos?, ¿cómo se siente el operador cuando realiza sus tareas?. Para dar respuesta a estas preguntas, resulta imprescindible poner en práctica los conocimientos proporcionados por las investigaciones sobre memoria (especialmente los estudios sobre memoria de trabajo y la organización del conocimiento en la memoria a largo plazo), atención (conducta automática y conducta controlada, estudios sobre atención simultánea, atención selectiva) y actividad humana en general.

A medida que la investigación en este campo ha ido avanzando se han propuesto diferentes definiciones del concepto de carga mental del trabajo, según el modelo teórico subyacente. En general, la carga mental se define sobre la base de la diferencia entre la capacidad del individuo y las demandas de la tarea. En este sentido, la *carga mental* se produce cuando las demandas de la tarea exceden la capacidad del sujeto. En el caso contrario, es decir, cuando la capacidad de la persona es superior a las demandas de la tarea, se dice que el individuo tiene una *capacidad residual*, que puede utilizar para realizar otras tareas adicionales.

Existe un acuerdo general en admitir que la carga mental es *un concepto multidimensional*, y que por lo tanto está determinado por diferentes factores o dimensiones (Gopher y Donchin, 1986; O'Donnell y Eggemeier, 1986). Sin embargo, el número y el tipo de dimensiones que determinan la carga mental todavía no están claros. Por ejemplo, Wickens (1992) distingue diversas dimensiones de carga mental en función del tipo de recursos de procesamiento que demande la tarea (ver modelo de recursos múltiples en el apartado siguiente). Hart, Childress y Bor-tolussi (1981) propusieron las diez dimensiones siguientes:

- **Carga global:** La carga total asociada a la tarea, considerando todas las fuentes y componentes.
- **Dificultad de la tarea:** Si la tarea es fácil o muy demandante, simple o compleja.
- **Presión temporal:** Presión debida a los aspectos temporales de la tarea.
- **Rendimiento:** En qué medida el sujeto se siente satisfecho con su nivel de rendimiento.
- **Mental/Sensorial:** Cantidad de actividad mental y/o perceptiva que requiere la tarea (p.e., pensar, decidir, calcular, recordar, mirar, buscar, etc.).
- **Esfuerzo físico:** Cantidad de actividad física que requiere la tarea (p.e., pulsar, mover, empujar, tirar, girar, activar, etc.).
- **Frustración:** En qué medida el sujeto se siente inseguro, irritado, etc. cuando realiza la tarea.
- **Nivel de estrés:** En qué grado el sujeto se siente ansioso, preocupado, tenso, o calmado, tranquilo, relajado, cuando realiza la tarea.
- **Fatiga:** En qué medida el sujeto se siente cansado, aburrido, agotado, cuando realiza la tarea.
- **Tipo de actividad:** Hasta qué punto la tarea requiere actuar en función de rutinas muy aprendidas, o implica toma de decisiones y solución de problemas.

Posteriormente, Hart y Staveland (1988) redujeron estas dimensiones a las seis siguientes: *demanda mental*, *demanda física*, *demanda temporal*, *ejecución*, *esfuerzo*, y *nivel de frustración*. En esta misma línea, el grupo de colaboradores de Reid (Reid, Eggemeier y Shingledecker, 1982) asume que la carga está principalmente compuesta por tres dimensiones: *carga debida al tiempo*, *carga debida al esfuerzo mental* y *carga debida al estrés*.

En resumen, el número de dimensiones de la carga que distinguen los autores suele venir determinado por supuestos a priori sobre las distintas fuentes de carga, más que partir del análisis estadístico de los datos. Con el tiempo, las distintas dimensiones de carga se han ido reduciendo, de manera que algunas de ellas han entrado a formar parte de una sola dimensión más general (Hart y Staveland, 1988). Aunque se ha propuesto un número variable de dimensiones, parece existir cierto acuerdo en que la carga, fundamentalmente la subjetiva, se debe a tres grandes áreas o fuentes (Rubio, 1992). La primera englobaría todos los aspectos relativos a la presión temporal de la tarea (tiempo disponible, tiempo necesitado). La segunda estaría formada por variables que hacen referencia a la cantidad de recursos de procesamiento que demanda la tarea (mental, sensorial, tipo de tarea, etc.). Por último, la tercera dimensión general de carga se relacionaría con aspectos de naturaleza más emocional (fatiga, frustración, nivel de estrés, etc.).

## MODELOS DE CARGA MENTAL

Con el paso del tiempo han ido surgiendo distintos modelos sobre el sistema de procesamiento de la información humano, que se han aplicado directamente al estudio de la carga mental. Como se ha mencionado en la introducción, se trata de modelos sobre la atención humana que, posteriormente, se han aplicado al estudio de la carga mental en tareas laborales.

El origen de estos modelos se encuentra en la *Teoría de la Información* propuesta por Shannon y Weaver en 1949; de hecho, el concepto de capacidad de procesamiento limitada (aspecto central en el estudio de la carga mental) se debe a este paradigma. Sin embargo, el interés por desarrollar modelos siguiendo estrictamente los postulados de la *Teoría de la Información* desapareció rápidamente (a finales de los años 50) ya que éstos sólo servían para explicar el comportamiento humano en las situaciones más simples.

Los primeros modelos atencionales de carga mental fueron los llamados *modelos de filtro*. De forma muy esquemática, se puede decir que todos ellos enfatizan el carácter selectivo de la atención y distinguen cuatro componentes principa-

les en el sistema humano de procesamiento de la información: un *filtro*, un *canal de comunicación*, un *almacén a corto plazo* y un *almacén a largo plazo*. El *filtro* es el mecanismo encargado de seleccionar la información que va a ser procesada, es decir, no toda la información estimular presente en el entorno se va a procesar al completo. Como veremos más adelante, una de las diferencias más importantes entre los distintos modelos de filtro que se han propuesto radica en la forma de actuar de este componente. Para estos modelos, la carga mental está determinada por la capacidad del filtro. El *canal de comunicación* está situado detrás del filtro y constituye el mecanismo por el cual fluye la información que ha sido seleccionada para un análisis más detallado. Los *almacenes a corto y largo plazo* se corresponderían con la memoria de trabajo y la memoria a largo plazo.

El primer modelo de filtro fue el propuesto por Broadbent en 1958. Este modelo postula la existencia de un *filtro rígido* que selecciona la información sobre la base de las características físicas del estímulo. Según este modelo, el filtro se encuentra situado al principio del sistema de procesamiento y actúa como un dispositivo de todo o nada, que sólo puede atender a un mensaje cada vez. El procesamiento de la información se realiza, por lo tanto, de forma serial, ya que hasta que no se ha analizado un mensaje no se deja paso al siguiente.

Posteriormente, Treisman (1969) modifica el modelo anterior y propone que el filtro es un mecanismo de atenuación de todos los mensajes (*filtro atenuado o flexible*), que selecciona la información estimular en base no sólo a sus características físicas, sino también semánticas. El mensaje relevante recibe un tratamiento especial ya que traspasa el filtro con la máxima intensidad, mientras que el resto de los mensajes, para no sobrecargar al sistema de procesamiento, son atenuados al traspasar el filtro (el análisis de estos mensajes es menos eficaz, ya que se trata de señales más débiles).

Norman (1968) elabora un modelo atencional bastante más articulado, en el cual intervienen activamente y de manera determinante los mecanismos de memoria. Propone la existencia de un analizador previo al mecanismo de selección o filtro (*filtro postcategorial o tardío*), que se encargaría de analizar de forma sencilla toda la información estimular. El modelo de Norman supone un procesamiento guiado conceptualmente, ya que la selección de un mensaje depende no sólo de sus características sensoriales, sino también de las expectativas del individuo.

Los modelos de filtro asumían la existencia de una estructura central de procesamiento que no podía procesar más de un mensaje al mismo tiempo. Para proteger a este mecanismo de posibles sobrecargas, el filtro regulaba la entrada de información, seleccionando únicamente mensajes que el dispositivo central era capaz de manejar.

Posteriormente y para dar respuesta a los estudios en los que se encuentra que los individuos son capaces de realizar diversas tareas a la vez sin que dismi-

nuya su rendimiento, surgen los *modelos de recursos*. Estos modelos no están tan interesados en las estructuras atencionales como en el estudio de los límites de la capacidad atencional.

El que dos tareas puedan realizarse al mismo tiempo implica la no existencia de un filtro selector de información. Se asume que las tareas demandan una serie de recursos para poder ser realizadas, siendo dichos recursos de disponibilidad limitada. Las tareas demandan más de estos hipotéticos recursos a medida que se tornan más difíciles o se requiere un nivel de rendimiento más elevado. Así, cuando el conjunto de recursos demandados por dos tareas excede a los disponibles, se produce sobrecarga mental y la eficacia en tiempo compartido disminuye, descendiendo más a medida que aumenta la dificultad de alguno de los componentes de la tarea.

La concepción de la atención como un recurso de procesamiento *flexible* de capacidad *limitada* se debe a Kahneman (1973), Navon y Gopher (1979) y Norman y Bobrow (1975).

En 1973, Kahneman propone la existencia de un único e indiferenciado conjunto de recursos disponible para todas las tareas y actividades mentales. A medida que aumentan las demandas de una tarea, impuestas por un aumento en su dificultad o por la inclusión de tareas adicionales, los mecanismos de *arousal* o *nivel de activación fisiológica* producen un incremento en la provisión de recursos. Sin embargo, en ocasiones, este incremento es insuficiente para compensar por entero el aumento de las demandas; así, el rendimiento descenderá a medida que aumente el desfase entre las demandas de la tarea y los recursos provistos por el individuo. Según el modelo de Kahneman, el procesamiento en paralelo ocurre solamente cuando las demandas de las tareas no exceden la capacidad de procesamiento del sujeto; en este caso se podrán realizar simultáneamente sin pérdida de eficacia en ninguna de ellas.

En los estudios sobre interferencia entre tareas se encuentran cuatro fenómenos que el modelo del recurso simple no es capaz de explicar. Estos son los siguientes:

- **Insensibilidad a la dificultad:** En ocasiones el aumento de la dificultad o demandas de una tarea no influye en el rendimiento que alcanza el individuo al realizar otra tarea al mismo tiempo.
- **Ejecución perfecta en tareas complejas concurrentes:** Ocurre cuando los individuos son capaces de realizar dos tareas complejas a la vez con la misma eficacia que por separado.
- **Efectos de la alteración estructural:** Hay casos en los que la modificación en las características estructurales de una tarea (p.e. cuando la

información se presenta de forma auditiva en lugar de visualmente, o cuando el sujeto debe responder pulsando un botón en lugar de verbalmente) produce un cambio en la interferencia de ésta con otra tarea concurrente, aunque la dificultad se mantenga constante. Si la dificultad de la tarea modificada no cambia, las demandas de recursos deberían ser similares o idénticas para todas las tareas. Por lo tanto, bajo el supuesto de la existencia de un único recurso no diferenciado no se podría predecir ningún cambio en la interferencia de tareas concurrentes.

- **Ausencia de emparejamiento entre dificultad y estructura:** Este efecto fue señalado por Wickens (1976) y hace referencia a aquellos casos en los que la más difícil de dos tareas interfiere menos con una tercera tarea de lo que lo hace la más fácil, debido principalmente a las características estructurales de las mismas.

La debilidad del modelo anterior lleva al planteamiento de *modelos de recursos múltiples*. Según estos modelos, el sistema humano posee un número de mecanismos de procesamiento cada uno de los cuales requiere su propia provisión de recursos. La capacidad de cada una de estas estructuras depende del nivel de arousal y de su dependencia específica de dicho nivel, y puede ser desplegada para varias tareas. De este modo, existe una competencia continua entre las tareas que requieren los mismos recursos.

Las implicaciones de esta teoría en cuanto al rendimiento en tareas múltiples son:

- En la medida en que dos tareas demanden más recursos diferentes que comunes, dichas tareas podrán ser realizadas a la vez más eficazmente.
- Cuando dos tareas concurrentes demandan recursos totalmente diferentes se produce la realización perfecta de ambas. Además, la falta de emparejamiento entre estructura y dificultad tendrá lugar cuando se compara el rendimiento en dos tareas muy demandantes pero de recursos diferentes con el de otras dos menos demandantes pero que exigen los mismos recursos.
- Si una tarea se hace más difícil porque demanda más recursos de los compartidos con otra concurrente, habrá un mayor efecto de las prioridades en la asignación de recursos.

Examinando un gran número de estudios sobre tareas simultáneas en los que se producían efectos de la alteración estructural e insensibilidad a la dificultad, y siguiendo las ideas anteriores, Wickens (1980) postula un modelo según el

cual los recursos pueden ser definidos a partir de tres dimensiones: a) *estados de procesamiento* (perceptivo-central o de respuesta), b) *códigos de procesamiento perceptivo y central* (verbal o espacial) y c) *modalidades de input* (visual o auditivo) y *modalidades de respuesta* (oral o manual).

## LA MEDIDA DE LA CARGA MENTAL DE TRABAJO

La mayoría de los métodos utilizados en la evaluación de la carga mental se pueden clasificar dentro de tres categorías generales: *procedimientos basados en el rendimiento* (medidas de tarea simple y de tarea múltiple), *procedimientos subjetivos* y *medidas fisiológicas*.

### 1) Medidas basadas en el rendimiento

La utilización de medidas del rendimiento como un índice de la carga mental de trabajo se basa en el supuesto de que todo aumento en la dificultad de una tarea producirá un incremento en sus demandas, que se pondrá de manifiesto reduciendo el rendimiento. En la Figura 1 aparece representada la relación entre la carga mental y el rendimiento de un trabajador, distinguiéndose tres posibles situaciones. La primera situación, representada en la Región A de la figura, incluye niveles de carga entre *bajos* y *moderados* y se caracteriza por la presencia de un nivel alto de rendimiento. En esta región, el aumento de la complejidad de la tarea no producirá variaciones en el nivel de rendimiento del trabajador ya que éste dispone de capacidad residual suficiente para compensar los incrementos de carga.

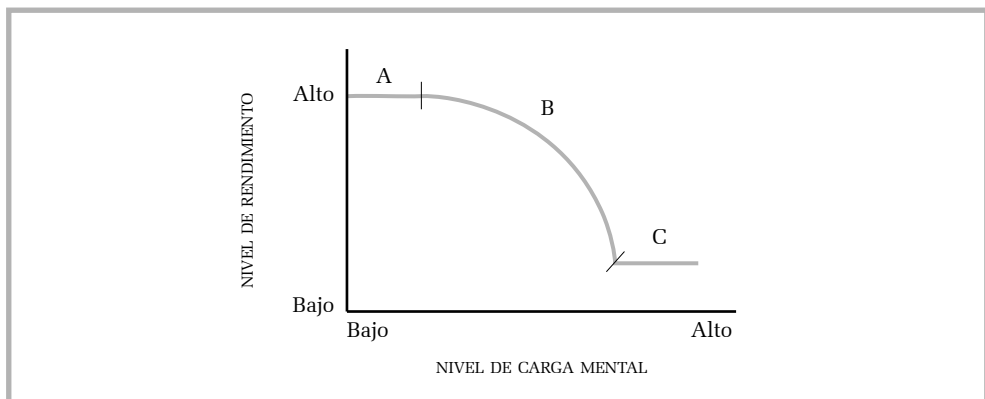


Figura 1. Relación hipotética entre carga mental y rendimiento



En la Región B, se consideran niveles altos de carga mental que exceden la capacidad del trabajador, por lo cual se producirá una relación monótona entre rendimiento y carga mental.

Por último, en la Región C, la carga es excesivamente alta y el rendimiento se mantiene en un nivel muy bajo.

Cuando se utilizan las medidas basadas en el rendimiento como indicador de la carga mental, se pueden distinguir dos situaciones de evaluación: tarea simple y tarea múltiple. En la situación de *tarea simple*, la carga mental se evalúa sobre la base del rendimiento en una única tarea, comparando diferentes grados de dificultad de la misma. En la situación de *tarea múltiple* el evaluador está interesado principalmente en analizar la carga mental de una tarea en función del grado de interferencia que se produce cuando ésta se realiza simultáneamente con otras de iguales o diferentes características. Cuando durante la evaluación el sujeto debe realizar a la vez dos tareas, la situación recibe el nombre de *tarea dual* o de doble tarea. La tarea cuya carga mental se está evaluando recibe el nombre de *tarea primaria*. Las tareas adicionales que se utilizan solamente para realizar la evaluación se denominan *tareas secundarias*.

En la situación de *tarea simple* se manipula la dificultad de una tarea y se analiza el efecto de esta variación sobre el rendimiento del individuo. Se asume que el aumento en la dificultad de una tarea producirá una disminución en el rendimiento del trabajador y, por tanto, una mayor carga mental. Sin embargo, se trata de un procedimiento excesivamente simple que presenta diversos inconvenientes: a) requiere asegurarse de que el sujeto está asignando suficientes recursos para obtener el rendimiento máximo; b) sólo es sensible en aquellas situaciones en las que existe una relación monótona entre carga mental y rendimiento (Región B de la Figura 1); y c) algunas variaciones de la tarea producirán incrementos mayores de la dificultad que otras, en función del tipo de recursos que demande la tarea. Por estas razones, este procedimiento se utiliza principalmente para establecer el rendimiento base de cada tarea a partir del cual evaluar el grado de interferencia entre ellas en situaciones de tarea múltiple o dual, o para establecer el nivel máximo de dificultad que puede soportar un individuo sin que se produzcan problemas de carga mental.

En la situación de *tarea múltiple*, se asume que el rendimiento en la tarea secundaria es inversamente proporcional a las demandas de la tarea primaria. Posee un elevado poder de diagnóstico ya que, mediante la evaluación del grado de interferencia que se produce cuando un individuo tiene que realizar varias tareas al mismo tiempo, permite estudiar las diferencias en los recursos demandados por diversas tareas y en el grado de automatización de las mismas, aspectos que no se

pueden observar utilizando el procedimiento de tarea simple. Además, este procedimiento tiene una gran validez aparente ya que para los sujetos que participan en la evaluación es evidente que se está evaluando su capacidad residual. Esto hace que sea uno de los procedimientos de evaluación de la carga mental mejor aceptados por los trabajadores.

Como metodología gráfica de análisis se utilizan las curvas PRF (*Performance-Resources Function*) y POC (*Performance Operating Characteristic*). Las curvas PRF representan la relación entre el rendimiento y la proporción de recursos atencionales utilizados en la realización de la tarea. La Figura 2 muestra una PRF típica.

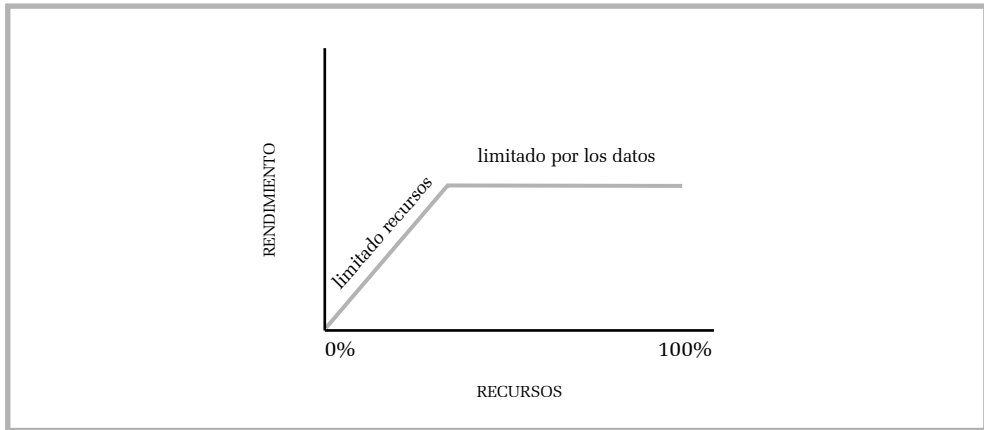


Figura 2. Ejemplo de una curva PRF

En toda PRF se pueden distinguir dos regiones: una *limitada por los recursos* (a medida que aumenta la cantidad de recursos utilizados en la realización de una tarea, aumenta el rendimiento) y otra *limitada por los datos* (aunque el individuo asigne una mayor cantidad de recursos atencionales a la tarea, el rendimiento no aumenta).

Las curvas POC representan la relación entre el rendimiento en dos tareas (A y B) realizadas de forma simultánea. La Figura 3 muestra una curva POC típica.

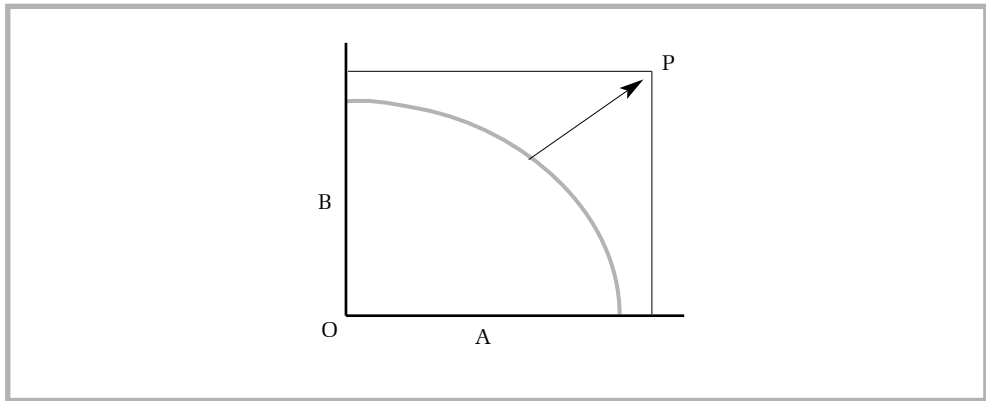


Figura 3. Ejemplo de una curva POC

Las características principales de las curvas POC son las siguientes:

- Cada eje representa el rendimiento de cada tarea por separado. El punto P representa el rendimiento óptimo de ambas tareas en una situación de tarea dual, si no se produce interferencia entre las mismas (coincide con el rendimiento de cada tarea en la situación de tarea simple).
- Coste de concurrencia: diferencia entre el rendimiento óptimo y el máximo obtenido en la situación de tarea doble.
- Eficiencia a tiempo compartido de dos tareas: distancia media de la curva al origen (O), o también la distancia media de la curva al punto P.
- La linealidad de la curva indica hasta qué punto ambas tareas demandan los mismos recursos. A mayor linealidad mayor interferencia entre las tareas.
- Sesgo de asignación: distancia de un determinado punto de la curva a un eje con respecto al otro. Si un punto está más cerca del eje A que del eje B, se están asignando más recursos a la tarea A que a la tarea B.

Los principales inconvenientes del procedimiento basado en la medida del rendimiento en situaciones de tarea múltiple son: a) las diferencias en carga mental que resultan de la manipulación de la tarea primaria pueden no ponerse de manifiesto adecuadamente si ambas tareas (primaria y secundaria) no comparten los mismos recursos, y b) algunas tareas secundarias son altamente intrusivas.

## II) Procedimientos subjetivos

Los procedimientos subjetivos asumen que un mayor gasto de capacidad está asociado con los sentimientos subjetivos de esfuerzo, y que éstos pueden ser evaluados adecuadamente por los individuos. Existe una gran variedad de procedimientos subjetivos que se han aplicado en la evaluación de la carga mental.

La técnica subjetiva de evaluación de la carga mental del trabajo más antigua y más estudiada es la *Escala de Cooper-Harper*. Su versión original está específicamente diseñada para evaluar la carga mental asociada a las tareas de vuelo, aunque posteriormente Wierwille y Casali (1983) propusieron una versión modificada de la escala original que puede aplicarse en una gran variedad de tareas. Mide la carga mental subjetiva de manera global, utilizando una escala de 1 a 10, en forma de árbol de decisión.

Otra de las técnicas más destacadas en la evaluación subjetiva de la carga mental es SWAT (*Subjective Workload Assessment Technique*). Esta técnica, desarrollada por el grupo de investigación de Reid (Reid y col., 1981, 1982) utiliza procedimientos de análisis de datos basados en las técnicas de medida conjunta (*conjoint measurement*). Asume que la carga mental de una actividad está determinada por tres factores que los autores denominan *tiempo*, *esfuerzo mental* y *estrés*. Cada dimensión se evalúa en una escala de tres puntos con descripciones verbales, como aparece en el siguiente cuadro.

<b>TIEMPO</b>
1. Normalmente sobra tiempo. Las interrupciones o solapamientos entre las actividades son muy infrecuentes o nunca ocurren.
2. Ocasionalmente sobra tiempo. Las interrupciones o solapamientos entre las actividades son frecuentes.
3. Nunca o casi nunca sobra tiempo. Las interrupciones o solapamientos entre las actividades son muy frecuentes o se producen siempre.
<b>ESFUERZO MENTAL</b>
1. Se requiere muy poco esfuerzo o concentración mental consciente. La actividad es casi automática, y requiere muy poca o ninguna atención.
2. Se requiere un nivel moderado de esfuerzo o concentración mental consciente. La complejidad de la actividad es moderadamente alta debido a incertidumbre, imprevisión o falta de familiaridad. Se requiere un nivel de atención considerable.
3. Se necesita un nivel alto de esfuerzo mental y de concentración. La actividad es muy compleja y requiere total atención.
<b>ESTRÉS</b>
1. Niveles muy bajos de confusión, riesgo, frustración o ansiedad, que pueden tolerarse con facilidad.
2. Se producen niveles moderados de estrés debido a confusión, frustración o ansiedad. Para mantener el nivel adecuado de rendimiento es necesario hacer un esfuerzo significativo.
3. Se producen niveles muy intensos de estrés debido a confusión, frustración o ansiedad. Se requiere un grado de autocontrol extremo.

El procedimiento de aplicación de SWAT consta de dos fases. Una primera cuyo objetivo es la obtención de la escala mental que utilizan los individuos para evaluar la carga mental, según la importancia que a priori dan a cada una de las tres dimensiones como fuente de carga mental. Esta fase es previa a la realización de la tarea o tareas que se van a evaluar y requiere que los sujetos ordenen las 27 (3x3x3) combinaciones resultantes en función del nivel de carga estimado. A continuación, se aplica el análisis de medida conjunta a las ordenaciones dadas por los individuos, obteniendo una escala a nivel de intervalo, que asigna una puntuación de 0 a 100 a cada una de las combinaciones. Por último, los sujetos se agrupan en función de la dimensión (tiempo, esfuerzo mental o estrés) a la que dieron más importancia en la ordenación y se obtiene una escala de carga mental diferente para cada grupo. La segunda fase es siempre posterior a la realización de la tarea o tareas de interés, y su objetivo es obtener las estimaciones de carga mental para tareas concretas. Para ello, los sujetos evalúan la carga mental de cada tarea asignando un 1, un 2 ó un 3 en cada una de las tres dimensiones. Estas valoraciones se transforman en una puntuación global de carga aplicando la escala desarrollada en la fase anterior. La técnica SWAT ha demostrado ser sensible a las variaciones en la carga mental de multitud de tareas diferentes (se ha aplicado en contextos muy diversos). Sus requisitos de implementación son mínimos y no es intrusiva. Sin embargo, su aplicación requiere bastante tiempo y el uso de análisis estadísticos especializados.

Otra de las técnicas más destacadas es *NASA-TLX (Task Load Index)*. Este procedimiento fue desarrollado por Hart y Staveland (1988) y es el que utiliza la NASA en sus evaluaciones de la carga mental. Distingue las siguientes seis dimensiones de carga mental que aparecen en el siguiente cuadro:

<b>Demanda Mental:</b> Cantidad de actividad mental y perceptiva que requiere la tarea (p.e. pensar, decidir, calcular, recordar, mirar, buscar, etc.)
<b>Demanda Física:</b> Cantidad de actividad física que requiere la tarea (p.e. pulsar, empujar, girar, deslizar, etc.)
<b>Demanda Temporal:</b> Nivel de presión temporal sentida. Razón entre el tiempo requerido y el disponible.
<b>Rendimiento:</b> Hasta qué punto el sujeto se siente insatisfecho con su nivel de rendimiento.
<b>Esfuerzo:</b> Grado de esfuerzo mental y físico que tiene que realizar el sujeto para obtener su nivel de rendimiento.
<b>Nivel de Frustración:</b> Hasta qué punto el sujeto se siente inseguro, estresado, irritado, descontento, etc. durante la realización de la tarea.

Al igual que SWAT, la aplicación del instrumento NASA-TLX requiere dos fases: una de obtención de la importancia inicial que tiene cada dimensión de carga mental para cada individuo y otra de evaluación. En la primera fase, los sujetos realizan todas las comparaciones binarias entre las seis dimensiones (en total 15 comparaciones), señalando cuál de las dos les parece mayor fuente de carga mental. Para cada dimensión se obtiene un peso en función del número de veces que ésta haya sido seleccionada en las comparaciones binarias. Este peso puede variar entre 0 (la dimensión no ha sido elegida en ninguna de las comparaciones) y 5 (la dimensión ha sido elegida en todas las comparaciones en las que aparecía). Una vez realizada la tarea o tareas de interés, el sujeto tiene que estimar, en una escala de 0 a 100, dividida en intervalos de 5 unidades, la carga mental debida a cada una de las seis dimensiones. Con los datos obtenidos en las dos fases se puede calcular un índice global de la carga mental de la tarea aplicando la siguiente fórmula:

$$IC = (\sum p_i X_i) / 15$$

donde; IC es Índice de Carga

$p_i$  es el peso obtenido para cada dimensión en la fase de ponderación

$X_i$  es la puntuación obtenida por la dimensión en la fase de valoración

El desarrollo de la técnica TLX ha supuesto un programa muy extenso de investigación en laboratorio (Hart y Staveland, 1988), mediante el cual ha quedado demostrado la sensibilidad de este instrumento con una gran variedad de tareas. Sin embargo, parece que la técnica TLX distingue un número excesivo de dimensiones y que la fase de ponderación es innecesaria. Nygren (1991) opina que bastaría con distinguir un número menor de dimensiones, por ejemplo las tres que considera SWAT, y que una simple media aritmética sin ponderar las valoraciones obtenidas para cada dimensión es un índice global de la carga mental de una tarea tan válido y sensible como el IC que propone calcular el TLX (Rubio, 1992; Rubio, Martín y Díaz, 1999).

Más recientemente, Tsang y Velazquez (1996), han propuesto una técnica que intenta recoger las ventajas de los procedimientos basados en el rendimiento en situaciones de tarea dual (elevado poder de diagnóstico) y las de los procedimientos subjetivos (buena aceptación, requisitos de implementación muy escasos y nada intrusivos). A diferencia de los dos procedimientos subjetivos anteriores, el *Perfil de Carga Mental* se aplica en una sola fase, posterior a

la realización de las tareas. Utiliza una matriz de tantas filas como tareas y combinaciones entre ellas, y ocho columnas, una para cada tipo de recurso establecido por el modelo de Wickens (tabla 1). Los sujetos estiman la proporción de recursos atencionales de cada tipo utilizados en la realización de la/s tarea/s (asignando un valor de 0 a 1).

Tabla 1

*Ejemplo de la matriz de respuestas utilizada por el instrumento WP*

	ESTADO DE PROCESAMIENTO		CÓDIGO DE PROCESAMIENTO		MODALIDAD DEL INPUT		MODALIDAD DE LA RESPUESTA	
	PERCEPTIVO/CENTRAL	DE RESPUESTA	VERBAL	ESPACIAL	VISUAL	AUDITIVO	MANUAL	ORAL
TAREA A1								
TAREA A2								
TAREA B1								
TAREA B2								
TAREA DUAL A1/B1								
TAREA DUAL A1/B2								
TAREA DUAL A2/B1								
TAREA DUAL A2/B2								

En la aplicación de este procedimiento para evaluar la carga mental de diversas tareas se han encontrado los siguientes resultados (González, Moreno y Garrosa, 2005; Rubio, Díaz y Martín, 2001; Rubio, Díaz, Martín y Puente, 1999, 2004; Tsang y Velázquez, 1996).

- Es un procedimiento diagnóstico, que, en comparación con los demás procedimientos subjetivos, permite obtener información más precisa sobre la forma en la que se puede mejorar un sistema de trabajo.
- No requiere que los sujetos estén familiarizados con el modelo de Wickens.
- Los sujetos fueron capaces de integrar las demandas de dos tareas diferentes (en condiciones duales) y proporcionar una puntuación con mayor valor predictivo que la suma de las estimaciones de las dos tareas simples.
- Es menos intrusivo que la técnica de tarea secundaria.

- La relación entre el rendimiento y el índice global de carga, calculado como la suma de las puntuaciones para cada dimensión, no fue lineal. Por lo tanto se deben encontrar otras formas de combinar las puntuaciones en cada dimensión para obtener un índice global de carga más ajustado al rendimiento.
- Se encontró una elevada multicolinealidad entre las dimensiones de carga. Este resultado se explica acudiendo a una estructura jerárquica de los recursos atencionales, de manera que el cambio en las demandas del recurso general se refleja en todas las dimensiones.
- La variabilidad entre los sujetos fue muy elevada (no resuelve este inconveniente de los demás procedimientos subjetivos multidimensionales).

### *III) Índices fisiológicos*

Son muchos los indicadores de tipo fisiológico que se han propuesto y utilizado como medidas de la carga mental y todos ellos representan una medida diferente del nivel de activación fisiológico del sujeto. Su utilización se basa en el supuesto de que los incrementos en la demanda mental de una tarea o conjunto de tareas aumentan la actividad de determinados sistemas corporales (sistema cardiovascular, función ocular, etc.).

Uno de los principales indicadores fisiológicos son los potenciales evocados o ERP. Los potenciales evocados son una serie de oscilaciones del voltaje del cerebro que se producen en respuesta a la ocurrencia de un suceso discreto. Representan una secuencia de componentes diferentes (aunque algunas veces se solapan temporalmente), que están influidos por los parámetros físicos del estímulo y por aspectos psicológicos como las expectativas, la relevancia de la tarea, los procesos de memoria y los recursos. Tradicionalmente, los componentes son denominados con la letra P y un número que indica su latencia mínima (p.e. P100 es el componente que ocurre al menos 100 ms después de la aparición el estímulo). Los componentes pueden clasificarse siguiendo un continuo, desde los exógenos a los endógenos. Los componentes exógenos representan una respuesta obligada del cerebro a la presentación del estímulo. Normalmente, estos componentes están asociados con los sistemas sensoriales, ocurren dentro de los 200 ms, y son principalmente sensibles a los atributos físicos del estímulo. Por ejemplo, los potenciales visuales exógenos están determinados por la intensidad, frecuencia, localización, etc. de los estímulos en el campo visual. Por otro lado, los componentes endógenos ocurren algo después que los exógenos y no son muy sensibles a las



variaciones en los parámetros físicos del estímulo, especialmente cuando estos cambios no son relevantes para la tarea. Estos componentes están influidos principalmente por las demandas de procesamiento que impone la tarea al individuo. De hecho, los componentes endógenos pueden incluso ser elicitados en ausencia de estímulo si esto es relevante para la tarea que está realizando el sujeto. Las estrategias, expectativas, intenciones y decisiones del sujeto, así como los parámetros de la tarea y las instrucciones, explican la mayor parte de la varianza de los componentes endógenos. Han sido varios los componentes ERP que se han mostrado sensibles a las variaciones en la carga mental, pero ha sido el P300 en particular el que ha recibido una mayor atención en este sentido.

La sensibilidad del componente P300 ha sido extensamente investigada bajo el paradigma multitarea, empleando una gran variedad de tareas primarias entre las que se incluyen tareas de seguimiento (*tracking*), de navegación y control aéreo, de búsqueda visual, de memoria, etc., así como tareas secundarias tanto auditivas como visuales (Fowler, 1994; Kramer, Trejo, y Humphrey, 1995; Trimmel y Huber, 1998). En general, estos estudios han encontrado que la amplitud del P300 elicitado por la tarea secundaria desciende a medida que aumenta la dificultad de la tarea primaria. Los modelos del recurso (Kahneman, 1973; Wickens, 1984) predicen que a medida que aumenta la dificultad de la tarea primaria, se dispone de menos recursos de procesamiento para realizar la tarea secundaria, y por lo tanto, los resultados encontrados sugieren que el P300 puede ser un reflejo de los recursos residuales disponibles para realizar la tarea secundaria.

Puesto que los modelos del recurso predicen una relación recíproca entre los recursos asignados a una tarea y los recursos residuales disponibles para otra que se realiza simultáneamente, y puesto que el P300 refleja la distribución de los recursos de procesamiento en situaciones de tarea doble, cabe esperar que la amplitud del P300 elicitado por la tarea primaria aumente a medida que la dificultad de esta tarea primaria sea mayor. Diversos estudios han demostrado que el P300 es capaz de reflejar este efecto de reciprocidad tanto manipulando la dificultad (Wickens et al., 1983), como cuando se modifica la prioridad de las tareas (Strayer y Kramer, 1990).

Además de su sensibilidad en contextos multitarea, el P300 ha demostrado ser capaz de reflejar las variaciones en carga mental en situaciones de tarea simple (Siveraag, Kramer, Coles y Donchin, 1989).

En cuanto a su poder de diagnóstico, diversas investigaciones han comprobado que el P300 está determinado por las variaciones que afectan a recursos de procesamiento perceptivo-central, tanto si los procesos son de tipo verbal/espacial o visual/auditivo, mientras que parece ser relativamente insensible a factores rela-

cionados con el procesamiento motor (Isreal, Wickens, Chesney y Donchin, 1980; Ragot, 1984).

Es necesario destacar que el registro de los potenciales evocados en ambientes operacionales es bastante complicado, lo cual reduce su uso a situaciones de laboratorio.

Por otro lado, se han propuesto tres medidas de la carga mental basadas en la función ocular: el diámetro pupilar, las fijaciones oculares y el parpadeo. En 1965, E.H. Hess demostró que el *tamaño de la pupila ocular* mostraba variaciones pequeñas, pero altamente consistentes, en función de diversos factores. Kahneman y Beatty (1966) comprobaron el valor de esta técnica como herramienta de evaluación de la carga mental de tareas de recuerdo o memoria a corto plazo, de clasificación, perceptivas, de cálculo aritmético, etc. A partir de los resultados obtenidos en sus numerosas investigaciones, estos autores concluyeron que el tamaño de la pupila puede utilizarse para evaluar la carga mental relativa de tareas muy diferentes, ya que el diámetro pupilar aumenta sistemáticamente a medida que la carga mental de una tarea es mayor.

Se trata, por lo tanto de una medida muy sensible de la carga mental, sin embargo adolece de una serie de problemas que limitan su utilización en contextos aplicados. Uno de los inconvenientes más importantes de este índice es que el tamaño de la pupila es muy sensible a las variaciones en el nivel de iluminación y a factores emocionales. Por este motivo, su utilización como índice fiable de carga mental se ha limitado a situaciones de laboratorio. Además, el registro del tamaño pupilar requiere disponer de aparatos especiales que deben ser manejados por personal experto y cuyo coste resulta bastante elevado. Por último, su elevada sensibilidad como medida de la carga mental de diferentes tareas limita seriamente su poder de diagnóstico, es decir, su capacidad para establecer el factor determinante de la carga. Por ello, debería utilizarse únicamente como una herramienta de evaluación global.

Por ejemplo, el estudio realizado por Hyona, Tommola y Alaja (1995) demuestra que el tamaño pupilar puede utilizarse como una medida que refleja los cambios en la carga cognitiva que se producen durante el procesamiento del lenguaje. Otros trabajos en los que se utiliza el diámetro pupilar como un índice de carga mental son los realizados por Backs y Walrath (1992), y Matthews, Middleton, Gilmartin y Bullimore (1991).

Los trabajos ejecutados para establecer la utilidad de los *patrones de fijaciones oculares* como una medida de la carga mental parten de la hipótesis de que a medida que aumenta la carga mental de una tarea (fundamentalmente por limitaciones de tiempo) se modifican los patrones de fijaciones oculares. Esta modifica-

ción en las estrategias de búsqueda de información implica que el individuo está intentando reducir sus niveles globales de carga cognitiva. Por lo tanto, se trata más de una medida de cómo los sujetos intentan resolver la carga mental que ellos perciben que un índice de carga mental como tal. Los resultados de las investigaciones realizadas muestran, en general, que a medida que aumenta la carga mental se producen fijaciones oculares más duraderas y se utiliza un número menor de elementos de información. Para poder utilizar el patrón de fijaciones oculares como una técnica de evaluación de la carga mental, se deben cumplir las siguientes condiciones: a) la información relevante para la tarea debe aparecer en diversas localizaciones, b) la importancia relativa de los datos que aparecen en cada localización debe ser diferente, y c) los sujetos podrán variar o ajustar las demandas impuestas mediante una modificación en sus estrategias.

La mayoría de los primeros estudios realizados sobre la relación entre el *parpadeo* y la carga mental recibieron diversas críticas por la calidad de su diseño, análisis y control experimental. El principal problema de estas investigaciones era que consideraban la medida simple del número de parpadeos por unidad de tiempo, la cual muestra una variabilidad tan elevada que sólo podría considerarse válida en entornos experimentales con un control muy rígido. Otras medidas relacionadas, como son la duración del parpadeo (tiempo en que el ojo permanece cerrado) y el patrón de parpadeos, sí se han mostrado útiles para evaluar indirectamente los efectos a largo plazo de la carga mental. Parece que a medida que la carga mental es mayor, aumenta la duración y el número de parpadeos. Uno de los problemas más graves de este tipo de indicadores es que no está del todo claro si estos efectos se deben realmente a la carga mental de la tarea o simplemente a fatiga o pérdida de motivación. El estudio de Siveraag, Kramer, Wickens y Reisweber (1993) es un ejemplo de utilización del parpadeo como una medida de la carga mental experimentada por pilotos.

Por último, también se han propuesto diversas medidas de la actividad cardiaca: electrocardiograma, tensión arterial, volumen de sangre y concentración de oxígeno, pero la más utilizada es la variabilidad de las pulsaciones del corazón.

Jorna (1992) revisa diversos estudios en los que se utiliza la *tasa cardiaca* como un índice de carga mental y realiza una discusión sobre su utilidad práctica. La conclusión general de las investigaciones realizadas utilizando esta medida es que a medida que aumenta la carga mental, la variabilidad de las pulsaciones se reduce. Sin embargo, las investigaciones realizadas no permiten extraer conclusiones precisas sobre la utilidad y validez de estas medidas como indicadores de la carga mental de una tarea. Esto se debe principalmente al método empleado para calcular la variabilidad de las pulsaciones. Se han propuesto más de treinta

fórmulas diferentes, por lo que la comparación de resultados se hace imposible. Se trata de una técnica muy atractiva, pero que aún está sin validar, por lo que su uso como índice de carga mental debe ser considerado experimental, por el momento. Junto con los potenciales evocados, representa la medida fisiológica de la carga mental más utilizada.

## CONCLUSIONES

El interés por la evaluación de la carga mental de trabajo es muy reciente, sin embargo, a la hora de establecer cualquier tipo de modificaciones laborales o cuando se tiene que diseñar un nuevo puesto de trabajo, es cada vez más evidente la necesidad de considerar los aspectos relacionados con la carga mental.

El análisis de la carga mental que produce un trabajo tiene implicaciones prácticas muy diversas en el establecimiento de planes de formación y entrenamiento de los trabajadores, en el proceso de selección de personal, y en el diseño y rediseño de sistemas y de tareas.

En cuanto a la formación del personal, la evaluación de la carga mental de un trabajo nos da indicaciones de hasta qué punto se debe dotar de un mayor entrenamiento en la realización de una tarea aisladamente o si el objetivo de la formación debe ser el producir un aumento en la eficacia a tiempo compartido de varias tareas simultáneas. En este sentido, mediante el entrenamiento en una sola tarea, se aumenta su grado de automatización y se hace más limitada por los datos, por lo que su interferencia con otra tarea concurrente será menor. Además, la formación puede ir orientada a enseñar a los trabajadores cuáles son las estrategias de asignación de recursos de procesamiento más adecuadas para aumentar su eficacia cuando tienen que realizar diversas tareas al mismo tiempo.

Por otro lado, el establecimiento de criterios de selección adecuados debe contemplar: las características de las tareas sobre la base de los recursos de procesamiento que demandan, el grado de interferencia entre las tareas y las estrategias de asignación de recursos más adecuadas en situaciones multitarea. El conocimiento de estos factores permitirá seleccionar personas realmente adecuadas para el puesto de trabajo en cuestión, que sean capaces de hacer frente a las demandas de las tareas y que, por tanto, previsiblemente, no vayan a desarrollar problemas debidos a carga mental.

En cuanto al diseño de sistemas y de tareas, la predicción del rendimiento en tareas múltiples obtenido en diferentes ambientes de trabajo o según diferentes diseños es un factor determinante en la selección de una u otra alterna-

tiva de diseño. En otras palabras, en el diseño de tareas se debe tener siempre en cuenta la medida y predicción de la carga mental impuesta por diferentes diseños alternativos.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Backs, R.W., y Walrath, L. C. (1992). Eye movement and pupillary responses indices of mental workload during visual search of symbolic displays. *Applied Ergonomics*, 23, 243-254.
- Broadbent, D. E. (1958). *Perception and Communication*. Londres: Pergamon.
- Fowler, B. (1994). P300 as a measure of workload during a simulated aircraft landing task. *Human Factors*, 36 (4), 670-683.
- Gonzalez, J. L.; Moreno, B. y Garrosa, E. (2005). *Carga Mental y Fatiga Laboral*. Madrid: Pirámide.
- Gopher, D., y Donchin, E. (1986). Workload: an examination of the concept. En K. Boff, L. Kaufman y J. P. Thomas (eds.), *Handbook of Perception and Human Performance*. New York: Wiley & Sons.
- Hart, S. G., Childress, M. E., y Bortolussi, M. (1981). Defining the subjective experience of workload. *Proceedings of the twenty-Fifth Annual Meeting of the Human Factors Society*, 527-531.
- Hart, S. G., y Staveland, L. E. (1988). Development of NASA-TLX (Task Load Index): Results of empirical and theoretical research. En P. A. Hancock y N. Meshkati (Eds.), *Human mental workload*. North-Holland, Amsterdam. Pp. 139-183.
- Hess, E.H. (1965). Attitude and pupil size. *Scientific American*, 212, 46-54.
- Hyyon, J., Tommola, J., y Alaja, A. M. (1995). Pupil dilation as a measure of processing load in simultaneous interpretation and other language tasks. *Quarterly Journal of Experimental Psychology: Human Experimental Psychology*, 48, 598-612.
- Isreal, J. B., Wickens, C. D., Chesney, G. L., y Donchin, E. (1980). The event-related brain potential as an index of display monitoring workload. *Human Factors*, 22, 212-224.
- Jorna, P. G. (1992). Spectral analysis of heart rate and psychological state: A review of its validity as a workload index. *National Aerospace Lab*, Amsterdam, Netherlands.

- Kahneman, D. (1973). *Attention and Effort*. Englewood Cliffs, N. J.: Prentice Hall.
- Kahneman, D., y Beatty, J. (1966). Pupil diameter and load on memory. *Science*, 154, 1583-1585.
- Kramer, A., Trejo, L., y Humphrey, D. (1995). Assessment of mental workload with task-irrelevant auditory probes. *Biological Psychology*, 40 (1-2), 83-100.
- Matthews, G., Middleton, W., Gilmartin, B., y Bullimore, M.A. (1991). Pupillary diameter and cognitive and cognitive load. *Journal of Psychophysiology*, 5, 265-271.
- Navon, D., y Gopher, D. (1979). On the economy of the human processing system. *Psychol. Rev.* 86, 214-55.
- Norman, D. A. (1968). Toward a theory of memory and attention. *Psychol. Rev.*, 75, 522-536.
- Norman, D. A., y Bobrow, D. G. (1975). On data limited and resource limited processes. *Cognit. Psychol.*, 7, 44-64.
- Nygren, T. E. (1991). Psychometric properties of subjective workload techniques: implications for their use in the assessment of perceived mental workload. *Human Factors*, 33, 1, 17-33.
- O'Donnell, R., y Eggemeier, F. T. (1986). Workload assessment methodology. En K. R. Boff, L. Kaufman y J. P. Thomas (Eds.), *Handbook of perception and human performance*, 42, 1-49. Nueva York: Wiley.
- Ragot, R. (1984). Perceptual and motor space representation: an event-related potential study. *Psychophysiology*, 21, 159-170.
- Reid, G. B., Shingledecker, C. A., y Eggemeier, F. T. (1981). Application of conjoint measurement to workload scale development. En Sugarman (Ed.), *Proceedings of the Human Factors Society Annual Meeting*, pp. 522-526.
- Reid, G. B., Eggemeier, F. T., y Shingledecker, C. A. (1982). Subjective workload-assessment technique. *Proceedings of the 1982 AIAA Workshop on Flight Testing to Identify Pilot Workload and Pilot Dynamics*, 281-288.
- Rubio, S. (1992). *Evaluación y medida de la carga mental en una tarea de diagnóstico de fallos*. Madrid: UCM
- Rubio, S.; Díaz, E. M.; Martín, J., y Puente, J. M. (1999). Comparing the psychometric properties of three subjective workload assessment techniques. En, P.

- Mondelo, M. Mattila y W. Karwowski (Eds.), *Proceedings of the International Conference on Computer-Aided Ergonomics and Safety*. Barcelona: UPC.
- Rubio, S., Martín, J., y Díaz, E. M. (1999). Multidimensional assessment of subjective mental workload: comparing different ways to obtain an overall workload score. En, P. Mondelo, M. Mattila y W. Karwowski (Eds.), *Proceedings of the International Conference on Occupational Risk Prevention*. ISBN: 84-699-1242-9.
- Rubio, S.; Díaz, E., y Martín, J. (2001). Aspectos metodológicos de la evaluación subjetiva de la carga mental en el trabajo. *Archivos de Prevención de Riesgos Laborales*, 4, 160-168.
- Rubio, S; Díaz, E. M; Martín, J., y Puente, J. M. (2004). Evaluation of subjective mental workload: a comparison of SWAT, NASA-TLX and Workload Profile methods. *Applied Psychology: An International Review*, 53, 61-86.
- Shannon, C. E., y Weaver, W. A. (1949). *A Mathematical Model of Communications*. Urbana, ILL: University of Illinois Pres.
- Siveraag, E., Kramer, A., Coles, M., y Donchin, E. (1989). Resource reciprocity: An event-related brain potentials analysis. *Acta Psychologica*, 70, 77-97.
- Siveraag, E., Kramer, A. F., Wickens, C. D., y Reisweber, M. (1993). Assessment of pilot performance and mental workload in rotary wing aircraft. *Ergonomics*, 36, 1121-1140.
- Strayer, D., y Kramer, A. (1990). Attentional requirements of automatic and controlled processing. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory and Cognition*, 16, 67-82.
- Treisman, A. (1969). Strategies and models of selective attention. *Psy. Rev.*, 76, 282-299.
- Trimmel, M., y Huber, R. (1998). After-effects of human-computer interaction indicated by P300 of the event-related brain potential. *Ergonomics*, 41, 5, 649-655.
- Tsang, P. S., y Velazquez, V. L. (1996). Diagnosticity and multidimensional subjective workload ratings. *Ergonomics*, 39, 3, 358-381.
- Wickens, C. D. (1976). The effects of divided attention on information processing in tracking. *Jour. Exp. Psy.: Percep. and Perform.*, 1, 1-13.
- Wickens, C. D. (1980). The structure of attentional resources. En R. Nickerson (Ed.), *Attention and performance VIII*. Englewood Cliffs, N. J.: Erlbaum.

- Wickens, C. D. (1984). Processing resources in attention. En R. Parasuraman, D. R. Davis. (Eds.) *Varieties of Attention*. Orlando, Fla: Academic.
- Wickens, C. D. (1992). *Engineering psychology and human performance*. NY: Harper Collins.
- Wierwille, W. y Casali, J. (1983). A validated rating scale for global mental workload measurement applications. En L. Haugh y A. Pope, (Eds.), *Proceedings of the Human Factors Society*. Santa Mónica, CA: Human Factors Society.