

## DESCRIPCIÓN DE UN SISTEMA INFORMATIZADO DE PROCESAMIENTO AUTOMÁTICO PARA LA OPTIMIZACIÓN DEL RENDIMIENTO DEPORTIVO BASADO EN EL CONTROL DE LA INFORMACIÓN

Oña, A. Martínez, M. & Moreno, F.

Departamento de Educación Física y Deportiva  
Universidad de Granada

---

### RESUMEN

El presente trabajo describe un sistema automático, portátil y de bajo costo para el control, valoración y entrenamiento en diferentes situaciones deportivas. El sistema se ha contrastado mediante su aplicación a algunos deportes sin interrumpir su normal ejecución. El producto ha sido calibrado y se ha determinado previamente su precisión con registros comparados y osciloscópios. Se ha adaptado a la salida de velocidad, de natación, el salto de voleibol y se ha aplicado en un trabajo intrasujeto con atletas, jugadores de voleibol y nadadores, todos ellos de élite, demostrando empíricamente su eficacia en la mejora del rendimiento. Es necesario señalar que se ha constatado la gran utilidad del sistema en el campo del entrenamiento deportivo, y los resultados iniciales son muy satisfactorios.

**PALABRAS CLAVE:** Sistema automatizado, control de la información, computerización en el entrenamiento deportivo.

### ABSTRACT

This paper describes an portable and low cost automatic system applied to control, evaluation and training in different sport situations. This system has been adapted to the athletic start, swimming, and volleyball jump, by means of experimental situations with high level athletes as experimental subjects. The system is based in information processing model for training of behavioral factors of different sports.

**KEY WORDS:** Automatic system, information control, computers in sport training .

---

Durante el proceso de optimización en la preparación de un deportista y en el aprendizaje de habilidades motoras propias de educación física, constituye un objetivo fundamental *registrar* los parámetros significativos del gesto. La medida *fiable*, el análisis de los citados parámetros y el uso de esta información como vía de mejora del rendimiento, debe favorecerse a través del desarrollo de sistemas *automáticos* regulados por la *computarización*.

En el presente estudio, proponemos un sistema para controlar y registrar las componentes de cualquier habilidad o técnica deportiva, bajo diferentes condiciones

estimulares y su uso automático como *información* previa o retroinformación. El desarrollo del mismo, proporcionaría a los entrenadores una valiosa información operativa y objetiva, imposible de obtener por otros medios.

*Las variadas aplicaciones que se derivan de este sistema general podrían configurarse como diseños tecnológicos con posibilidades de comercialización, que permitan abrir una línea de soluciones para las instituciones y profesionales relacionados con la educación física y el deporte.*

## FUNDAMENTOS Y ESTUDIOS PREVIOS

El ámbito teórico del presente estudio es la utilización de un modelo de procesamiento de la información donde el deportista sea considerado como un *servosistema* (Schmidt, 1988; Oña, 1989a; Oña et al., 1990c; Oña et al., 1990d; Oña et al., 1991) y el control del gesto se realice a través del análisis temporal que permite la respuesta de reacción.

Este modelo ha mostrado su utilidad para el entrenamiento deportivo, permitiendo diseñar un sistema automatizado para el control de: (a) la presentación de estímulo para entrenar, a través de simulaciones, las estrategias anticipatorias y atencionales más adecuadas, (b) la medida precisa y fiable de los parámetros, motores significativos, especialmente los temporales de la respuesta de reacción, y (c) la administración de esa información (feedback) al deportista para su mejor utilización, con objeto de mejorar la eficacia del gesto deportivo (Oña, 1990 b; Oña, et al., 1990c, Oña & Martínez, 1992).

Por tanto, el entrenamiento de factores psicológicos relacionados con las distintas situaciones deportivas supone la simulación de las condiciones de cada deporte y la administración de estrategias y feedback de sus ejecuciones previas que permitan la adaptabilidad del deportista disminuyendo los tiempos de decisión, mediante una mejor predicción del comportamiento del estímulo y sus condiciones, incrementando la eficacia de la respuesta motora, y facilitando los procesos de aprendizaje de la técnica.

*Automatizar* significa controlar y regular los procesos sin intervención de agentes externos incluido el factor humano (Gallistel, 1980). Un *sistema automático* es una disposición de elementos físicos conectados entre sí, de manera que actúan y se *autorregulan* por sí mismos, sin precisar agentes exteriores (Langill, 1965).

El control y la presentación de estímulos; el *registro* de los componentes de la respuesta motora, su *análisis* y *almacenamiento*; puede realizarse de una forma precisa, económica y con mayor potencia, así todos los procesos se *integran* en un sistema instrumental automatizado. Este proceso permite además, utilizar los resultados como *retroinformación* (feedback) para el entrenamiento de los distintos componentes temporales de la conducta motora objeto.

La tecnología de la computerización y la electrónica hacen hoy posible este sistema reduciendo los parámetros y procesos necesarios a *señales digitales* de información. Para que el citado sistema funcione sin incertidumbres es necesario definir las unidades de medida utilizando las más operativas y precisas.

El sistema debe ser también programado para facilitar al sujeto una *información visual clara, precisa y significativa*.

Así, por ejemplo, un sistema computerizado de análisis temporal, facilita el control de registro en todos los parámetros de la respuesta de reacción; permitiendo también acercarse a los procesos de simulación donde el sujeto podría llegar a percibir situaciones análogas a las planteadas en una competición deportiva, pudiendo responder ante ellas con el mismo repertorio de conductas motrices que utilizaría en el campo de juego.

#### DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA

Atendiendo a estos principios, y no existiendo en este campo grandes desarrollos de la investigación, proponemos un sistema integralmente automatizado basado en la computación, como desarrollos de la línea de investigación del grupo de análisis del movimiento humano. Para su exposición, lo dividimos en dos partes:

*Descripción del Hardware:* Donde detallamos los elementos físicos y su conexión.

*Descripción del Software:* Donde se expone las características del programa informático que controla automáticamente el proceso.

*Aplicaciones en el ámbito deportivo:* Donde se detalla a modo de ejemplo, algunas de las aplicaciones ya probadas en el campo de la mejora del rendimiento deportivo. Este capítulo queda abierto a otras posibles aplicaciones que haría la lista muy extensa.

#### DESCRIPCIÓN DEL HARDWARE

1. El análisis de los registros a través de las tarjetas convertidoras A/D

La revisión de literatura sobre sistemas de registro automatizados en la medición

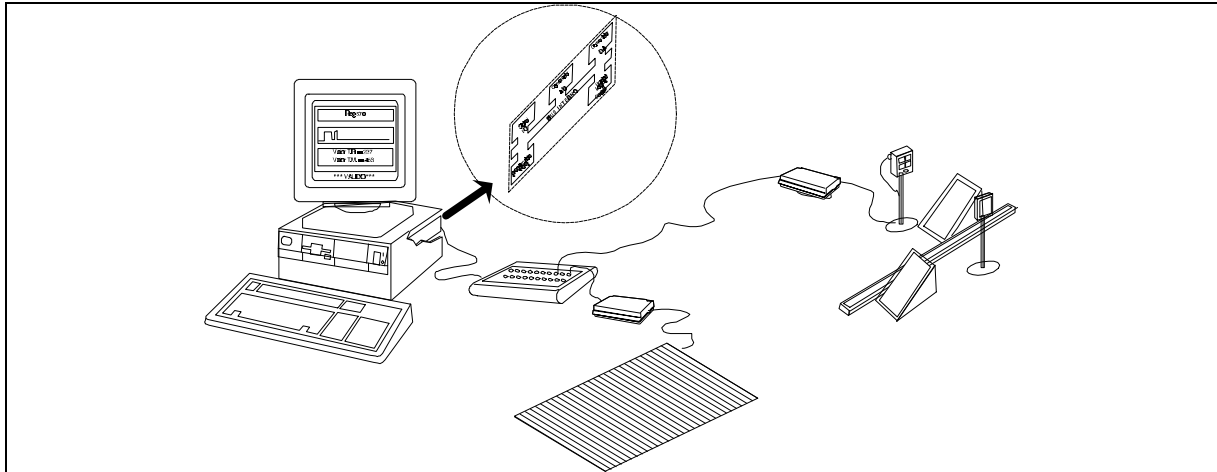


Figura1. Sistema de registro basado en tarjetas convertidoras analógico-digitaes.

de parámetros temporales, mantienen como constante el uso de un interface entre ordenador y periféricos de entrada.

El interface cumple la misión de transformar las señales de tipo analógico a digital y por lo tanto, ya procesables por el computador (Fig. 1).

Con esta estructura, la tarjeta convertidora procesa un nivel alto de señal alto de 9 voltios, correspondiente a la situación de interruptor cerrado, y otro nivel bajo de 0 voltios o interruptor abierto.

El computador es programado para la emisión del estímulo que marca el inicio del registro y para detectar los valores temporales en que se producen estos cambios con una precisión de milésimas de segundo.

Los interruptores usados son barreras de células fotoeléctricas y alfombrillas discriminativas de presión.

## 2. Alternativas propuestas para el análisis de los registros

Estudiando la estructura interna de los ordenadores y más concretamente las puertas de comunicación en paralelo (Rodríguez , 1987) aparecen una serie de canales dedicados a la comunicación del exterior al interior. Los canales sirven para recibir datos sobre el estado de la impresora discriminando dos niveles de señal. La intensidad de señal necesaria para excitar el cambio de estado es la misma que la propia patilla de la masa de la salida por lo que el circuito se puede autoabastecer.

La conexión de la patilla de masa (GND) con la de entrada, produce la interpretación por parte del ordenador de que se encuentra la impresora fuera de línea.

La BIOS estándar de los ordenadores tipo PC contiene una función para chequear la impresora por medio del puerto paralelo. La llamada a esta función provoca el retorno del registro AH con diferentes valores dependiendo del estado de la impresora.

La lectura del puerto paralelo (por medio de la interrupción 17H del DOS)

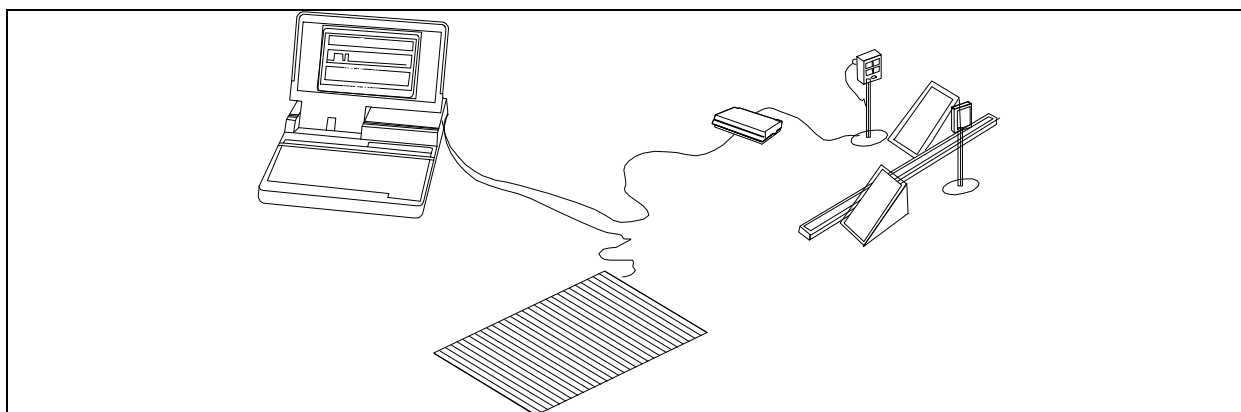


Figura 2. Sistema adaptado de medida basado en un puerto de comunicaciones.

interpreta el Bit 7 alto cuando se produzca la conexión (entre masa y patilla) y bajo cuando este libre, interruptor cerrado y abierto respectivamente.

Por medio de esta conexión y las instrucciones lógicas adecuadas se pueden obtener datos del estado de los interruptores sin necesidad de los convertidores analógico-digitales, material difícil de acoplar en los ordenadores portátiles y de complicada

programación. Por otro lado los interruptores (excepto las células fotoeléctricas) no necesitan alimentación eléctrica (Fig. 2).

### 3. Validez del sistema

Para poder sustituir en posteriores experimentos un sistema a favor de otro, se hace necesario medir el mismo fenómeno con un único interruptor y registrando el tiempo con ambos procesos.

Se han almacenado 200 ensayos en cada sistema, registrando de forma aleatoria tiempos de impulso en la alfombra entre 5 y 3000 milisegundos.

Los datos no revelan diferencias significativas entre ambos tratamientos. Las máximas diferencias encontradas son de 1 milisegundo.

## DESCRIPCIÓN DEL SOFTWARE

Entendemos por Software, un conjunto de instrucciones lógicas procesables directamente por el computador que lo programan para una acción útil para el usuario.

El sistema presentado, necesita de un potente soporte lógico que permita ser utilizado fácilmente. Dicho soporte ha sido diseñado completamente en nuestros laboratorios.

Su objetivo es procesar la señal que se crea en los periféricos de entrada. Recoge los registros directos procedentes de una variedad de elementos (E.M.G., células fotoeléctricas, goniómetros, acelerómetros, etc...) sintetizando y mostrando los puntos más significativos.

En el sistema diferenciamos los siguientes niveles

1° Control estimular

2° Registro

3° Análisis de los datos y representación gráfica

4° Almacenamiento

5° Feedback

1° Control estimular

Al deportista se le ofrece una serie de señales que pueden tener características muy diversas, se contemplan:

-Estímulos sonoros amplificados: Con diferenciación de tonos, o sonidos reales digitalizados.

-Imágenes formales: Figuras geométricas que aparecen en la pantalla o proyectadas sobre una superficie más amplia y relacionados con diferentes acciones. en este caso la relación del estímulo con la respuesta no es directa sino que debe ser aprendida por el deportista.

-Imágenes reales: La digitalización de imágenes reales que el deportista ve en la realidad permite que la respuesta sea natural y la transferencia sea más directa al terreno de juego.

-Animaciones creadas por el ordenador: Esta es una situación estimular más compleja en la que los objetos o los jugadores contrarios que aparecen en las imágenes digitalizadas están animados y dan la sensación de movimiento.

Estos diferentes estímulos, por supuesto se pueden combinar para crear la situación más acorde con los objetivos del estudio.

## 2º Registro

En función de parámetros inicialmente previstos por el operador en la configuración inicial (Frecuencia de registro, número de canales, amplificación de la señal, tiempo de registro ...), se produce el registro de hasta 4 canales simultáneos. Se pueden analizar tanto señales analógicas como digitales utilizando el puerto paralelo del computador como entrada de datos.

## 3º Análisis de los datos y representación gráfica

El ordenador recoge los datos como distribuciones numéricas. Obtiene los valores máximos y mínimos, número de datos por canal, identifica la sucesión de los datos en función del gesto realizado y opcionalmente realiza un proceso estadístico para obtener los puntos de salida y vuelta a la línea base.

Hasta 4 canales se pueden representar por pantalla e impresora. En cada canal pueden estar colocados un número indefinido de periféricos. El rango de las distribuciones se autoescala automáticamente a las coordenadas de las ventanas gráficas ajustando los máximos y mínimos. El operador puede acceder directamente a todos los datos obtenidos y marcar aquellos que considera relevantes, o bien automáticamente, el computador halla y señala en pantalla los puntos significativos según los patrones que sobre el movimiento que iba a realizar el atleta se le han dado.



Por ejemplo en el caso de un salto sobre alfombra de contacto, el ordenador detecta los puntos temporales o momentos de contacto y despegue, calculando el tiempo de impulso y tiempo y altura del vuelo.

#### 4º Almacenamiento

Se puede almacenar tanto el total de registros como los puntos significativos de forma independiente, añadiéndolos a una carpeta abierta en la que se indican las características de los sujetos y de los ensayos.

#### 5º Feedback

El conocimiento de resultados se presenta no únicamente con las huellas de los registros sino con una representación gráfica en la que se muestran los valores de algunos puntos significativos preseleccionados junto a los obtenidos en ensayos anteriores.

Este feedback puede tener una representación gráfica acumulada de un ensayo a otro para estudiar la tendencia o el aprendizaje tras varios intentos.

Todos estos pasos son controlados y dirigidos por parámetros que define el operador o por omisión el ordenador usará parámetros por defecto o señalados en anteriores configuraciones.

Continuamente, de la misma forma, el operador tiene el control del programa. Dispone de un puntero para señalar u observar puntos en los registros y conocer las amplitudes obtenidas en diferentes momentos. El sujeto puede recibir una información sintetizada de su respuesta, determinando en cada momento cuales son los datos más significativos de la acción realizada.

En general tratamos de aportar una herramienta fácil de manejar, de aplicación múltiple y al alcance de entrenadores y técnicos especialistas y a investigadores en general, que permita el estudio en campo al poderse instalar en un ordenador portátil.

### APLICACIONES EN EL ÁMBITO DEPORTIVO

Las aplicaciones que podrían desarrollarse a partir del sistema las encuadraremos en dos grupos según las características de la situación estimular en el gesto deportivo.

#### a) Aplicaciones en gestos deportivos ante estímulos simples

En estos gestos, el deportista tiende a realizar un movimiento concreto y único atendiendo a una situación ambiental teóricamente estable o con una variación prevista.

Se ha llegado a aplicar en:

- Salida de atletismo.
- Salidas de natación.
- Salto de Longitud.
- Carreras de velocidad en pista.

En la Figura 3, se observa la aplicación orientada a pruebas en la que su objetivo final es mejorar la salida de velocidad. En el caso de la prueba de 100 metros lisos, se registra el Tiempo de Reacción y el Tiempo de Movimiento. Obtenemos información inmediata y automatizada de información vital en cada ensayo.

Además, la programación específica del Software ofrece otros formatos de información que el atleta puede observar después de cada ensayo, contribuyendo este

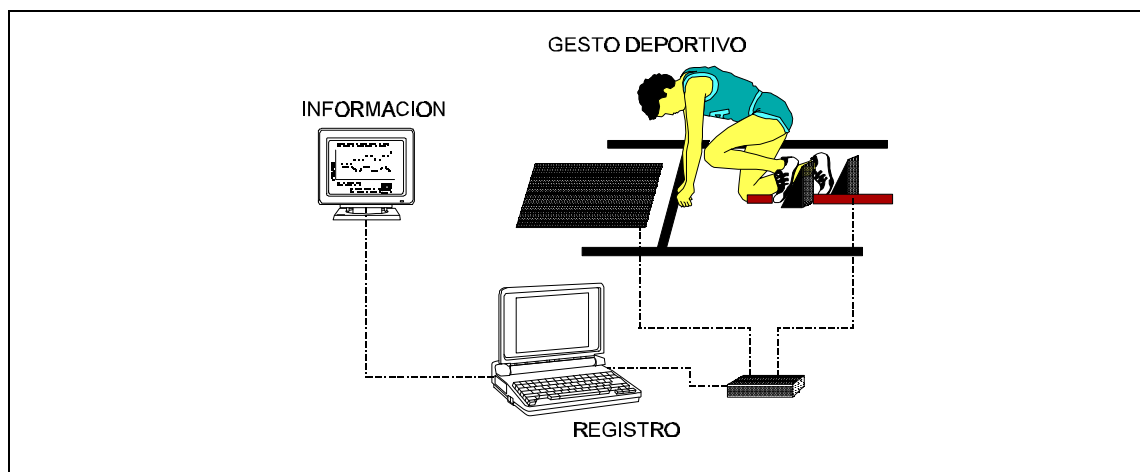


Figura 3. Disposición física del sistema de registro en una salida de velocidad.

feedback a su regulación para ejecuciones posteriores.

b) Aplicaciones en gestos deportivos ante estímulos complejos y abiertos

Entendiendo en este apartado las acciones deportivas compuestas de gestos abiertos. El deportista, no conoce el estímulo que a continuación dará lugar a su respuesta, y debe condicionar ésta a las características del estímulo. Hablamos de deportes de enfrentamiento, individuales o colectivos. Concretamente, se están desarrollando dos aplicaciones:

- La acción del portero de fútbol.
- La acción del tenista ante la recepción de un saque.

En la Figura 4, se ejemplifica la disposición de los instrumentos de medida y de administración de información.

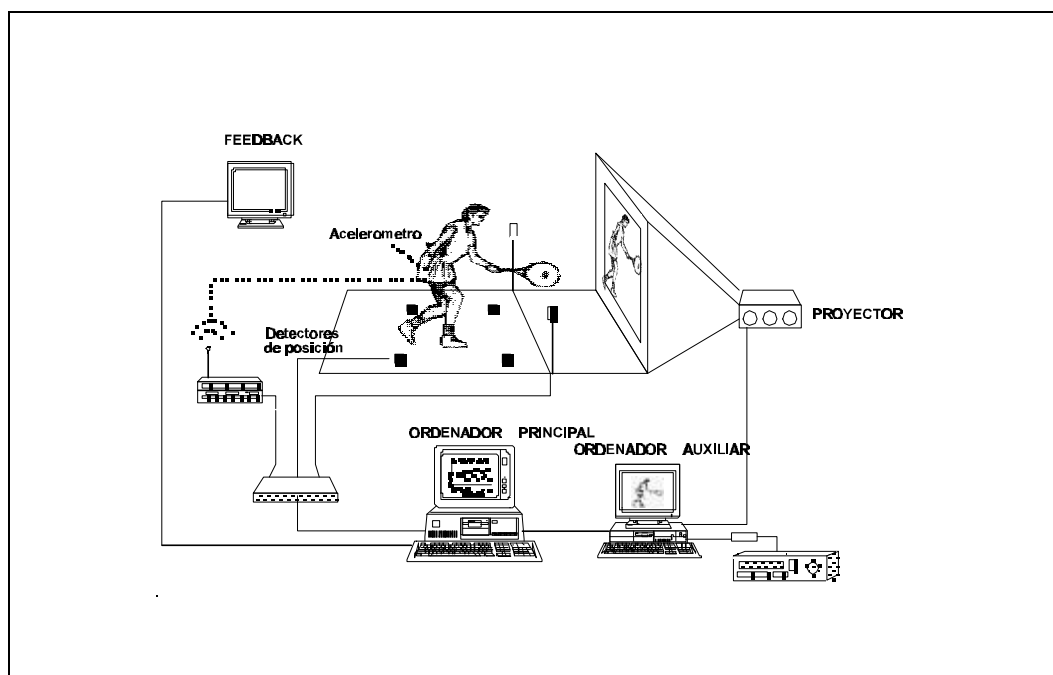


Figura 4. Sistema automatizado para el aprendizaje del tenis

Utilizando dos computadores sincronizados a través del puerto serie podemos registrar el gesto del deportista a la vez que se está produciendo la emisión estimular. Esta se caracteriza por una sucesión de imágenes digitalizadas y animadas en las que se reproduce la acción del saque.

El tenista responderá a esta situación eligiendo el desplazamiento adecuado en función de los parámetros de decisión definidos previamente.

Mediante este sistema se puede obtener una alta transferencia entrenando específicamente el gesto de recepción.

## CONCLUSIONES

En el ámbito de la tecnología, nos encontramos en una situación muy favorable debido a la creciente asequibilidad de los sistemas informáticos, y este hecho, unido a la mayor potencia de proceso en los ordenadores, hacen de estas herramientas un sistema idóneo para su aplicación por profesionales de las Ciencias del Deporte. Es necesario un esfuerzo investigador por adaptar estos elementos básicos a los continuos problemas que se plantean, motivados en gran medida, por las múltiples situaciones deportivas y la necesidad de rigor, exactitud y falta de contaminación en los datos extraídos. El resultado final, se consigue sincronizando señales de diversos periféricos con las unidades centrales, y mediante un correcto análisis y programación.

El sistema presentado se orienta en esta dirección, aportando expectativas muy interesantes que se concretan en el diseño de un sistema preciso, flexible y aplicable a un amplio rango de situaciones. Es necesario, sin embargo, conseguir mayor grado de interacción entre las respuestas dadas por el deportistas y la información aportada por la máquina, para provocar la modificación simultánea del deportista mediante la autorregulación de sus procesos. Este aspecto es la aplicación de la simulación al campo deportivo, que abre un campo de posibilidades muy interesantes. Existen herramientas de trabajo muy avanzadas que permiten crear espacios llamados virtuales en los que basándonos en datos reales digitalizados podemos diseñar situaciones técnico-tácticas mientras se registra la información de respuesta. Este trabajo se encuentra en su fase inicial de desarrollo. El culmen de este proceso, con medios electrónicos mas sofisticados, sería la adopción de visores estereoscópicos, guantes y ropas especiales, para llegar a la llamada realidad virtual. Los visores aportan una secuencia de imágenes generadas en tiempo real en un ordenador modificándose en perfecta sincronización con nuestros movimientos, junto a una completa y variada

**DESCRIPCIÓN DE UN SISTEMA AUTOMATIZADO**

---

gama estimular que hace que el sujeto participe en la ilusión psicológica de encontrarse sumergido en la realidad.

REFERENCIAS

Arellano, R. & Oña, A. (1987): Efecto diferencial de la intervención sobre expectativas atencionales en la salida de natación. *Motricidad*. 0, 9-15.

Donders, F.C. (1868): *La vitesse des actes psychiques*. Archives Néerlandaises. (R  
e e  
dit  
a d  
o  
e n  
A  
c t  
a  
P s  
y c  
h o  
l o  
g i-  
c a,  
19  
69  
,  
41  
2 -  
43  
1).

Gehring, W. J.; Gratton, G.; Coles, M. & Donchin, E. (1992): Probability effects on stimulus evaluation and response processes. *Journal of Experimental Psychology: Human Perceptio and Performance*, 18, 198-216.

LaBerge, D. (1973): Indentification of two components of the time to switch attention. A test of aserial and parallel mode of attention. En S. Kornblum (Ed.), *Attention and performance IV*. Nueva York: Academic-Press.

Magill, R. A. (1988): *Motor Learning: Concepts and applications*. Iowa. Brown publishers.

- Oña, A. (1989a): *Efectos de las Estrategias Atencionales, la Complejidad del Gesto y la Práctica en la Eficacia Motora bajo un sistema Automático de Análisis Temporal*. Publicación de la Tesis Doctoral del mismo título. Servicio de Publicaciones de la Universidad de Granada.
- Oña, A. (1989b): *Effects of attentional strategies in motor effcience*. Internationales Symposium Motorik und Bewegungsforschung. Saarbrücken (Republica Federal Alemana).
- Oña, A. (1989c): *Efecto de las Estrategias Atencionales en el Retraso Electromecánico*. II Congreso Ibérico de Biomecánica. Granada.
- Oña, A., Martin, N., Padial, P. & Serra, E. (1990a): *Descripción de un sistema de feedback y análisis temporal automatizado*. II Congreso del Colegio Oficial de Psicólogos. Valencia.
- Oña, A. (1990b): Effect of different attentional strategies and its practice on motor efficiency. *Perceptual and Motor Skills*. 71, 35-43.
- Oña, A., Martin, N., Padial, P. & Serra, E. (1990c): *Description and application of an automatic system for temporal analy is of motor behavior*. International Congress on Youth, Leisure and Physical Activity. Bélgica (Bruselas).
- Oña, A., Martin, N., Padial, P., Gutiérrez, M. & Serra, E. (1990d): El control de la información en la respuesta motora de reacción. *Archivos de Medicina del Deporte*. 28, 345-351.
- Oña, A. (1991): *Entrenamiento de factores psicológicos de las salidas deportivas a través de un sistema automatizado de control de la información*. Proyecto subvencionado por la Comisión Interministerial de Ciencia y Tecnología I+D.
- Oña, A. & Martínez M. (1992): *Sistema automatizado de control de la información para el entrenamiento psicológico deportivo*. Jornadas de investigación en Ciencias del Deporte. Badajoz.
- Posner, M. L. (1978): *Chronometric explorations of mind*. Hillsdale, N. J.: Erlbaum.
- Pereda, S. (1987). *Psicología experimental*. Madrid: Pirámide.
- Roca, J. (1983): *Tiempo de reacción y deporte*. Barcelona: INEF.



Posner, M. L., Nissen, M.J. & Odgen, W. C. (1978): Attended and unattended processing modes: The role of set for spatial location. En H. L. Pick & I. J. Satzman (Eds.). *Modes of perceiving and processing information*. Hillsdale, N.J.: Erlbaum.

Rosenbaum, D. A. (1980): Human movement initiation: Specification of arm, direction, and extend. *Journal of Experimental Psychology: General*, 109, 444-474.

Schmidt, R. (1988): *Motor Control and Learning*. Illinois: Human Kinetics.

Schmidt, R. & Gordon, G. B. (1977): Errors in motor responding "rapid" corrections and false anticipations. *Journal of Motor Behavior*. 9, 101-111.

Taylor, D. A. (1976): Stages analysis of reaction time. *Psychological Bulletin*, 83, 161- 169.

Zelaznick, H. N. & Hahn, R. (1985): Reaction time methods in the study of motor programming: The precuing of hand, digit, and duration. *Journal of Motor Behavior*, 17, 190-218.