



**UNIVERSIDAD DE GRANADA**

**TESIS DOCTORAL**

**EFFECTOS DE LA APLICACIÓN DE UN SISTEMA AUTOMATIZADO DE PROYECCIÓN DE PREINDICES EN LA MEJORA DE LA EFECTIVIDAD DEL LANZAMIENTO DE PENALTI EN FÚTBOL.**



**AUTOR: F. Javier Núñez Sánchez**  
**TUTORES: Antonio Oña Sicilia & Antonio Raya Pugnaire**



**FACULTAD DE CIENCIAS DE LA ACTIVIDAD FÍSICA Y DEL DEPORTE**  
**DEPARTAMENTO DE EDUCACIÓN FÍSICA Y DEPORTIVA**  
**(2006)**



**UNIVERSIDAD DE GRANADA**

**TESIS DOCTORAL**

**EFFECTOS DE LA APLICACIÓN DE UN SISTEMA  
AUTOMATIZADO DE PROYECCIÓN DE  
PREINDICE EN LA MEJORA DE LA EFECTIVIDAD  
DEL LANZAMIENTO DE PENALTI EN FÚTBOL.**

**AUTOR: F. Javier Núñez Sánchez  
TUTORES: Antonio Oña Sicilia & Antonio Raya Pugnaire**



## “Dedicatorias”

Con el permiso del lector, quisiera dedicar esta tesis a mi familia, que desde la distancia y bajo el lema: “que le pasará a este niño que no llama”, han sabido sufrir el paso de casi nueve años de espera hasta mi regreso, para que todo fuera como siempre. A mis herman@s, Alicia, M. Carmen y Juan Luis, y mi tía Antonia, por haber tenido presente al “Tito Javi” ante mis nueve sobrinos: Olga, Rafael Manuel, Luis Alberto, Alicia, Juan Luis, Antonio, Carmen, Javier y Pablo, A mis cuñad@s Lola y Antonio, especialmente a este último, ya que siendo muy niño con su paciencia y explicación, comencé a descubrir el por qué de las cosas. A mi padre, que con su presencia alivió el dolor de mi ausencia ante ella durante tanto tiempo, siendo el apoyo que no pude o supe dar. Y a ella....

*“Que sería yo sin su impertérrita bondad, sin su dulzura al hablarte, sin su respeto por los que con ella comparten, sin su lucha persistente porque nada nos falte y todo ello bajo el manto de una inmensa generosidad.*

*Que sería yo sin tu apoyo desmedido, tu insufrible esfuerzo, tu comprensión ante mis errores y el valor que he adquirido, no por obtener premios, reconocimientos o galones, sino por ser tu hijo.*

*Y Aquí me tienes Madre, irrisorio sería que te dedicase un escrito, pues sabes que es tan tuyo como mío, que granito a granito hemos construido, la tesis más grande del mundo, esa por la que luchan muchos y quedan a medio camino, esa en la que describimos el amor de un hijo por una madre y de una madre por un hijo.”*

## “Agradecimientos”

Soy de los que piensan que toda persona que haya participado en la elaboración de esta tesis, tanto directa como indirectamente, deben verse reflejad@s en ella, pues en cada dato, grafico o referencia va un poquito de cada uno de ell@s. Pero si me gustaría agradecer especialmente su esfuerzo. A mis directores Antonio Oña y Antonio Raya por el tiempo que han invertido en formar a este doctorando y guiarlo con sus experiencias y conocimientos a través del arduo proceso de la investigación. A mi Grupo de Investigación: Análisis del Movimiento Humano CTS-362, en especial a Alfonso Bilbao, por estar ahí en todo momento para lo que necesitase. A mi compañera de proyecto Elena Hernández, ya que hemos sufrido de forma casi paralela todos lo procedimientos de esta tesis. A Jorge Bolaños y a Maria Teresa Miranda por su inestimable ayuda en el proceso estadístico. A Gerardo y Jordi por la generación de Preindex Trainer Fútbol. A todos los sujetos participantes en estos estudios. A Miguel Ángel Burgos, Juan Pedro Núñez, Margarita Navarro y Gerardo Guerrero, mi paso por Granada merece la pena sólo con poder nombrar a estas personas como algo más que amigos. A mis otros hermanos Marco, Manuel, Antonio y David, no podría separarlos de mi familia. Y por supuesto me gustaría agradecer especialmente a Ana Carbonell por su paciencia, comprensión y confianza, acompañándome en el sufrimiento y desgaste que una investigación de este tipo conlleva.

A todos, Muchas Gracias



# EFFECTOS DE LA APLICACIÓN DE UN SISTEMA AUTOMATIZADO DE PROYECCIÓN DE PREINDICES EN LA MEJORA DE LA EFECTIVIDAD DEL LANZAMIENTO DE PENALTY EN FÚTBOL.

## INDICE

<b>1. MARCO TEORICO Y CONCEPTUAL .....</b>	<b>5</b>
1.1. CONTEXTUALIZACION DE LA INVESTIGACION .....	6
1.1.1. Marco de desarrollo de esta tesis .....	6
1.1.2. Contextualización del comportamiento motor en el estudio de la habilidad de lanzamiento de penalti .....	9
1.2. CAPACIDAD VISUAL Y DEPORTE .....	16
1.2.1. La visión estructura funcional .....	16
1.2.2. Estudios sobre la capacidad visual en el deporte .....	22
1.2.3. A modo de conclusión preliminar sobre capacidad visual y deporte .....	26
1.3. LOS MECANISMOS DE ANTICIPACIÓN Y LA UTILIZACION DE PREINDICES DE MOVIMIENTO EN EL DEPORTE .....	27
1.3.1. La anticipación preíndices de movimiento y sus factores de estudio .....	27
1.3.2. El procesamiento rápido de la información en acciones de anticipación o percepción de preíndices de movimiento .....	31
1.3.3. Técnicas utilizadas en el estudio de la Anticipación y Preíndices de movimiento en el deporte .....	33
1.3.4. El Aprendizaje Implícito en la Anticipación y percepción de Preíndices .....	42
1.3.5. A modo de conclusión preliminar sobre anticipación y preíndices de movimiento en el deporte .....	45
1.4. LAS HABILIDADES ABIERTAS EN LOS DEPORTES DE EQUIPO .....	47
1.4.1. El Lanzamiento de Penalti: Condiciones Reglamentarias.....	51
1.4.2. El Lanzamiento de Penalti como Habilidad Motora .....	54
1.4.3. Estudios sobre el Lanzamiento de Penalti .....	55
1.4.4. El Lanzamiento de Penalti como acción relevante en el rendimiento deportivo del fútbol .....	61
1.4.5. A modo de conclusión preliminar sobre habilidades abiertas en los deportes de equipo .....	63
1.5. LOS SISTEMAS AUTOMATIZADOS EN LA MEJORA DE LA TOMA DE DECISIONES DE HABILIDADES ABIERTAS .....	66
1.5.1. Los sistemas automatizados y su aplicabilidad.....	67
<b>2. OBJETIVOS DE LA TESIS Y PLANTEAMIENTO DE HIPOTESIS .....</b>	<b>70</b>

<b>3. ESTUDIOS DESARROLLADOS EN ESTA TESIS</b> .....	74
<b>3.1. Estudio 1: “VALORACIÓN DEL COMPORTAMIENTO MOTOR Y PREÍNDICES DE MOVIMIENTO DEL PORTERO DE FÚTBOL DURANTE EL LANZAMIENTO DE PENALTI”</b> .....	75
3.1.1. Método (Estudio 1) .....	76
3.1.2. Resultados (Estudio 1) .....	82
3.1.3. Discusión (Estudio 1) .....	89
<b>3.2. Estudio 2: “DIFERENCIAS EXPERTO-NOVEL EN LA UTILIZACIÓN DE PREÍNDICES DE MOVIMIENTO DURANTE UN LANZAMIENTO DE PENALTI EN FUTBOL”</b> .....	92
3.2.1. Método (Estudio 2) .....	92
3.2.2. Resultados (Estudio 2) .....	97
3.2.3. Discusión (Estudio 2) .....	106
<b>3.3. Preindex Trainer Fútbol: DESARROLLO DE UN SISTEMA AUTOMATIZADO DE PROYECCIÓN DE PREÍNDICES PARA LA MEJORA DEL LANZAMIENTO DE PENALTI EN FÚTBOL</b> .....	109
3.3.1. Descripción General del Sistema Automatizado .....	109
3.3.2. Elementos que integran Preindex Trainer Fútbol .....	110
3.3.3. Aplicación al ámbito deportivo .....	120
<b>3.4. Estudio 3: “EFECTOS DE LA APLICACIÓN DE UN SISTEMA AUTOMATIZADO DE PROYECCIÓN DE PREÍNDICES EN LA MEJORA DE LA EFECTIVIDAD DEL LANZAMIENTO DE PENALTI EN FÚTBOL”</b> .....	122
3.4.1. Método (Estudio 3) .....	122
3.4.2. Resultados (Estudio 3) .....	127
3.4.3. Discusión (Estudio 3) .....	136
<b>4. DISCUSIÓN GENERAL Y CONCLUSIONES</b> .....	142
<b>5. PERSPECTIVAS DE FUTURO</b> .....	147
<b>6. REFERENCIAS</b> .....	150
<b>7. ANEXOS</b> .....	167
7.1. Hoja de registros para el análisis de video-entrenamiento grupo placebo GP .....	168
7.2. Cuestionario de Análisis de Aprendizaje Implícito .....	169



**Capítulo 1:**

**MARCO TEÓRICO Y CONCEPTUAL**



## 1. MARCO TEORICO Y CONCEPTUAL

### 1.1. CONTEXTUALIZACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

#### 1.1.1. MARCO DE DESARROLLO DE ESTA TESIS.

La Tesis Doctoral, que exponemos a continuación, ha sido desarrollada en el seno del Grupo de investigación Análisis del Movimiento Humano (CTS-362), perteneciente a la Universidad de Granada, dentro de su línea de investigación de: sistemas instrumentales automatizados aplicados al entrenamiento deportivo. El Desarrollo de Sistemas Instrumentales Automatizados para el entrenamiento deportivo mediante el aprendizaje de los procesos de decisión y anticipación constituye una línea de investigación ya consolidada del Grupo de Investigación con una larga trayectoria de dieciséis años. En ese contexto general de la investigación en las Ciencias de la Actividad Física se ha integrado el Control y el Aprendizaje Motor con la Biomecánica y el Entrenamiento Deportivo, desarrollando sistemas instrumentales automatizados que facilitaran los procesos psicológicos para el aprendizaje y el entrenamiento deportivo, como podemos ver en los siguientes proyectos desarrollados hasta la fecha (Ver tabla 1), los cuales han dado lugar a una abundante producción científica, incluyendo 16 tesis doctorales, 37 artículos en revistas científicas en bases de datos normalizadas (incluyendo la base ISI con índices de impacto), y 4 patentes.

**TITULO:** *Desarrollo de un Sistema Integrado y Automático para el Control del Entrenamiento Deportivo.* **ENTIDAD FINANCIADORA:** Consejería de Educación de la Junta de Andalucía. **CÓDIGO DE GRUPO:** 1169, HUM 294 y CTS 362, **DENOMINACIÓN:** Análisis del Movimiento Humano. Incluye las áreas de Comportamiento Motor, Biomecánica, y Entrenamiento Deportivo. **PERIODO:** 1989-2005. **INVESTIGADOR RESPONSABLE:** Antonio Oña Sicilia

**TITULO:** *Entrenamiento de los Factores Psicológicos de las Salidas Deportivas A Través de un Sistema Automático de Control de la Información.* **ENTIDAD FINANCIADORA:** Comisión Interministerial de Ciencia y Tecnología. Financiación proyecto I+D, Área prioritaria del deporte. **DEP91-0524.** **PERIODO:** 1991-1992. **INVESTIGADOR PRINCIPAL:** Antonio Oña Sicilia

**TITULO:** *Entrenamiento de los factores psicológicos deportivos de elección y ajuste técnico a través de un sistema un sistema automático de control de la información,* Financiación proyecto I+D, **SAF93-O881.** **ENTIDAD FINANCIADORA:** Comisión Interministerial de Ciencia y Tecnología. Financiación proyecto I+D, Area Salud y Farmacia. **PERIODO:** 1993-1997. **INVESTIGADOR PRINCIPAL:** Antonio Oña Sicilia

**Tabla 1: Proyectos subvencionados al Grupo de Investigación CTS-362, relacionados con esta tesis.**

El primer proyecto subvencionado trataba de desarrollar la investigación sobre el entrenamiento de factores psicológicos mediante sistemas automatizados en gestos deportivos más simples o cerrados, como los que representan las salidas de natación o atletismo. El segundo proyecto pretendía dar un paso más, llevando los componentes citados de nuestra investigación hasta las situaciones motoras abiertas, donde la complejidad estimular juega un papel central. El tercer proyecto, suponía un avance más de lo realizado, implicaba el diseño y desarrollo de un software informático, que mediante la presentación de vídeos de situaciones reales de 1 contra 1 en baloncesto y la evaluación del nº de aciertos y errores, así como del conocimiento de los preíndices que identificaban la acción ofensiva del jugador con balón, permitía someter a jugadores de baloncesto a un programa de aprendizaje experimental de dichos preíndices para su posterior evaluación en una situación simulada de 1 contra 1.

La evolución en el desarrollo de sistemas instrumentales nos lleva hacia entornos de simulación más realistas, que nos permitan entrenar de forma integrada los procesos comportamentales, fundamentalmente la anticipación y decisión motora, clave en los deportes abiertos. Así, bajo la tutela de nuestro grupo de investigación se han generado sistemas aplicados a deportes, en los que se desarrollan habilidades abiertas, como: el baloncesto (Cárdenas & Oña, 1997); fútbol (Castillo, Oña, Raya y Martínez, 2002) voleibol (Hernández, Ureña, Martínez, Oña, 2003); o tenis (Moreno & Oña 1998).

Esta tesis que desarrollamos a continuación también ha sido subvencionada por el Plan nacional de Investigación y desarrollo I+D (2002-2005) del Ministerio de Ciencia y tecnología del Estado Español (Ver tabla 2). Este proyecto ha generado hasta el momento 4 publicaciones, 2 en revistas internacionales de impacto y 2 en revistas nacionales:

- Núñez, F. J., Oña, A., Bilbao, A. & Raya, A. (2005). Anticipation in soccer goalkeepers during penalty kicking. *International Journal of Sport Psychology*, 36 (4), 284-298.
- Hernández, E.; Ureña, A.; Miranda M.T. & Oña, A. (2004). Kinematic analysis of volleyball setting cues that affect anticipation in blocking. 47, 285:301.

- Núñez, F. J., Bilbao, A., Raya, A. & Oña, A. (2004). Valoración del comportamiento motor y preíndices de movimiento del portero de fútbol durante el lanzamiento de penalti. *Motricidad*, 12, 21-38.
- Hernández, E., Ureña, A., Martínez, M. & Oña, A. (2003). Estudio del comportamiento de la colocadora en voleibol a través del análisis cinemático de ángulos corporales. *Motricidad*, 10, 71-84.

Bajo este proyecto también ha sido concedida, al doctorando, autor de esta tesis, una Beca de Investigación de Formación de Profesorado Universitario (F.P.U), por el Ministerio de Educación, Cultura y Deporte.

**TITULO:** *Efectos de la aplicación de un sistema automatizado de proyección de preíndices en la mejora de la efectividad del lanzamiento de penalti en fútbol y de las acciones de bloqueo en voleibol.* Financiación Proyecto I+D. Nº **REFERENCIA:** BSO 2002-04664. **ENTIDAD FINANCIADORA:** Ministerio de Ciencia y Tecnología. Convocatoria de ayudas de Proyectos de Investigación Científica y Desarrollo Tecnológico (2002). Promoción general del Conocimiento. Plan Nacional I+D, **PERIODO:** 2002-2005. **INVESTIGADOR PRINCIPAL:** Antonio Oña Sicilia

**Tabla 2: Datos del proyecto subvencionado relacionado directamente con el desarrollo de esta tesis.**

El desarrollo de esta Tesis Doctoral se enmarca en el análisis y optimización de acción de lanzamiento de penalti en fútbol. Nuestro principal objetivo es el desarrollo de un sistema automatizado que nos permita entrenar y optimizar la respuesta del jugador lanzador de penalti, aumentando su eficacia en dicha habilidad. Partiendo de la validez ecológica que debe tratar de representar dicho sistema, nos basaremos en las teorías de procesamiento de la información para, por un lado, la realización de un estudio del comportamiento del portero de fútbol durante el lanzamiento de penalti, buscando en dicho comportamiento, regularidades que nos permitan anticipar su movimiento final y por tanto determinar preíndices de movimiento del portero durante esta acción, y por otro lado, la realización de un estudio de las capacidades visuales funcionales del futbolista para establecer si le es posible percibir los preíndices de movimiento determinados en estudio precedente, y en el rango de tiempo establecido para ello. Pero antes de abordar este estudio, debemos posicionarnos contextualizando la habilidad analizada bajo las diferentes teorías existentes sobre la descripción del comportamiento motor.

### 1.1.2. CONTEXTUALIZACIÓN DEL COMPORTAMIENTO MOTOR EN EL ESTUDIO DE LA HABILIDAD DEL LANZAMIENTO DE PENALTI.

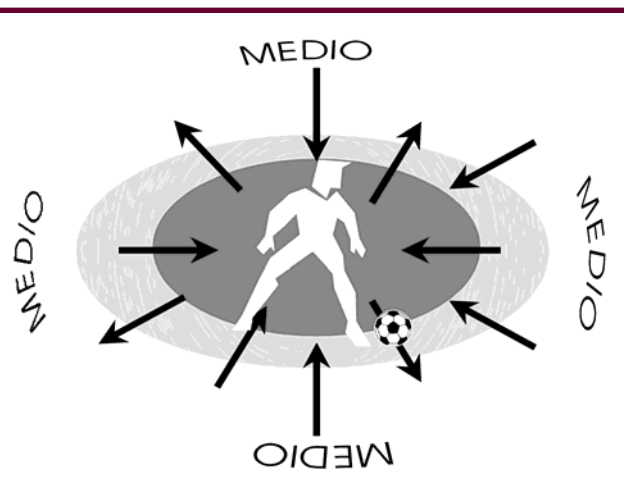
Cuando tratamos un fenómeno desde cualquier perspectiva científica, es necesario que el propio fenómeno estudiado y el procedimiento seguido cumplan con una serie de principios, principios bajo los que se sustentan la estructura de la ciencia y su método, el método científico. La consecuencia de aplicar la perspectiva psicológica al estudio científico del movimiento humano constituye un ámbito de conocimiento denominado Comportamiento Motor (Oña, Martínez, Moreno & Ruiz, 1999).

Bajo el ámbito del comportamiento motor se estudian tanto los procesos básicos que controlan la conducta motora (Control Motor), es decir, todos aquellos acontecimientos internos que ocurren desde la recepción de ese estímulo a la producción de la respuesta, como los procesos de modificación mediante el aprendizaje de dichas conductas (Aprendizaje Motor) (Oña et al., 1999).

El análisis de los procesos de adquisición y regulación motriz tiene sentido dentro del ámbito del alto rendimiento en la medida que ayude al entrenador a comprender los distintos mecanismos, procesos y variables que influyen en la optimización del rendimiento del deportista (Ruiz y Sánchez, 1997). Así a lo largo de la historia se han generado modelos explicativos de dichos procesos basados en el concepto de comportamiento.

El comportamiento ha sido definido de múltiples maneras debido a que nos hayamos ante un concepto que engloba todas aquellas dimensiones por las que podemos decir que un ser existe o vive. Una de las definiciones más funcionales que hemos encontrado es la realizada por Thorndike (1931) y matizada por Hull (1943), en la cual se nos indica que “Comportamiento” es la interacción que se produce entre un organismo y el medio donde se desarrolla dicha interacción. De esta definición podemos entresacar tres elementos básicos de todo comportamiento: Al menos un organismo como un ente viviente con autonomía propia, el medio donde se desarrolla dicho organismo compuesto por un conjunto de estímulos potencialmente susceptibles de actuar sobre el organismo, y las interacciones que se dan entre ambos (Oña et al., 1999). Estas interacciones tienen un carácter

dinámico y podríamos decir que multidireccional, ya que están referidas a los cambios producidos por el organismo en el medio y como estos cambios del medio modifican los parámetros conductuales del mismo organismo o de otros organismos presentes (figura 1), pudiéndose decir que el organismo y el medio se constituyen mutuamente.



**Figura 1: Interacción del organismo y el medio, adaptado en formato de Oña et al., 1999, pag.19.**

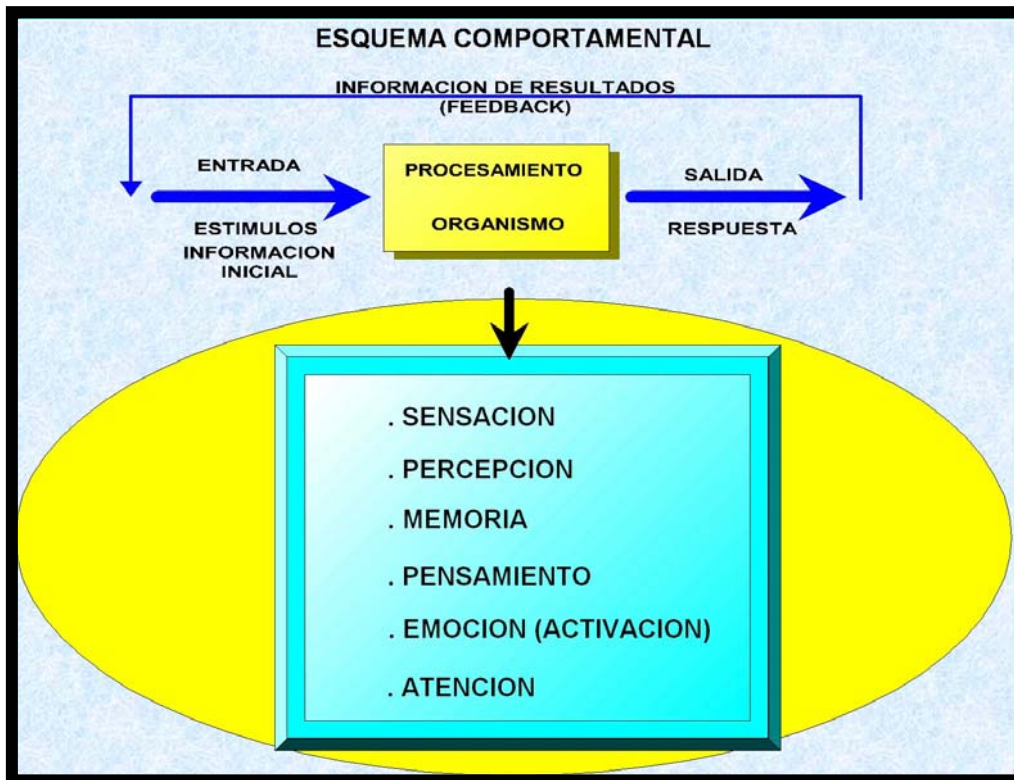
El Comportamiento motor en la búsqueda de rendimiento deportivo, quedan muy determinado por la toma de decisiones, siendo este termino, uno de los ejes de todos aquellos procesos que hacen que ante una situación determinada, un deportista realice una acción y no otra. Acceder al funcionamiento de esta toma de decisiones ha sido el objetivo, por muchos años, de diversos investigadores, ya que conocer el funcionamiento del organismo en estos procesos permitiría generar a la ciencia herramientas para su optimización.

Podríamos decir que se establecen dos líneas de investigación entorno a como se explica el flujo de interacciones organismo-medio propio de todo comportamiento, una basada en una explicación mecanicista del proceso comportamental y otra mas acorde con un modelo ecológico. Se establece pues, una disyuntiva en cuanto a la explicación del comportamiento y de la situación de experimentación que a mi modesto entender no tiene mucho sentido, pues como mencionábamos al comienzo de esta tesis, y veremos a continuación, ambas pueden complementarse teniendo cabida bajo una misma propuesta.

Partamos de la idea de que no consideramos al individuo exclusivamente como una máquina de procesar datos, pero tampoco caigamos en el error de no utilizar una visión cognitiva para poder explicar y entender los procesos básicos de control y aprendizaje motor, pues de otra manera nunca podríamos establecer principios y estructuras de conocimiento científico que nos permitieran avanzar en la determinación del funcionamiento de este sistema complejo llamado ser humano. Por tanto, creemos conveniente partir de una explicación cognitiva, para tratar de dar una interpretación ecológica del comportamiento de un ser humano en el entorno donde se desenvuelve.

Esta visión cognitiva nace de los modelos denominados de Procesamiento de la Información. Desde las teorías del procesamiento de la información, el sistema nervioso central del sujeto se concibe como un canal de comunicación a través del cual puede ser procesada la información procedente de ese entorno (Bard, Fleury y Goulet, 1994). Así, siguiendo a Oña et al. (1999), la forma como se realiza la función básica entre el medio y el organismo se puede entender bajo el esquema comportamental enunciado por Tolman (1932), donde la estimulación representa el medio y el organismo es un procesador, a través de sus distintas estructuras específicas, de esa estimulación (figura 2). Estas unidades una vez procesadas hacen que se emita una respuesta que después de su confrontación con el medio pueden regresar al organismo como nuevas unidades de estimulación (feedback), para modificarlo y adaptarlo mejor. Incluso se piensa que esa información que nos llega del exterior se combina con la información que ya tenemos de experiencias pasadas, siendo la base para la selección de la acción consecuente (Abernethy, 1993).

Se entiende al ser humano, y por lo tanto al deportista, como un sistema que recibe una información inicial, la interpreta y programa una respuesta, atendiendo a unos criterios de eficacia en función de los objetivos fijados con anterioridad (Oña, 1994; Schmidt, Heder, Ghodsian y Young, 1998; Schmidt y Lee, 2005).



**Figura 2: Esquema Comportamental, adaptado en formato de Oña et.al., 1999, pag.20.**

Bajo esta perspectiva y con la consideración de que toda unidad de estimulación en el organismo es estructurada como unidades de información se asientan uno de los pilares a través del cual hemos podido seguir construyendo el cuerpo científico de los procesos comportamentales humanos. El análisis científico del funcionamiento de este esquema comportamental, ha propiciado la participación de una serie de elementos que matizan, aun más ese procesamiento y ha llevado al desarrollo de modelos conceptuales más completos, de los que destaca el modelo de Bucle cerrado o Servosistemas.

Como podemos ver en la figura 3, en este modelo se establece una serie de niveles de organización de la información que interactúa entre el organismo y el medio. En un primer nivel se encuentra el mecanismo de referencia o comparador, que establece los objetivos o niveles ideales de ejecución del sistema mediante la información previa (feedforward) a la ejecución de la acción deportiva. Dentro de la habilidad de lanzamiento de penalti, teniendo en cuenta la acción del jugador lanzador, se correspondería a toda aquella información acerca de los preíndices de movimiento que deberán percibir durante su carrera de aproximación al balón.

En un segundo nivel se encuentra el mecanismo ejecutivo, compuesto por los niveles de procesamiento de la información: identificación del estímulo, selección de la respuesta y programación de la respuesta. En nuestra habilidad se correspondería con la identificación del preíndice de movimiento del portero, seleccionar la decisión de golpear el balón hacia la izquierda o derecha del portero dentro de las delimitaciones de la portería.

Finalmente, el nivel efector lo conforman las estructuras físico-biológicas del organismo que producen el movimiento (sistema nervioso, músculos, articulaciones). En nuestra habilidad se haría referencia a todos aquellos aspectos que nos permiten coordinar una cadena cinética de actuación muscular que nos permita golpear el balón hacia el lugar seleccionado. La retroalimentación (feedback) de la que disfruta el sistema, proporciona información acerca tanto de la propia ejecución como del resultado de la misma, con el fin de que en sucesivos ensayos se hagan los ajustes oportunos para aumentar la eficacia o idoneidad de esa respuesta. En nuestro caso, si el índice detectado ha sido correcto, si he decidido lanzar hacia el lado contrario al desplazamiento final del portero, si ha sido gol, parado por el portero o golpeado fuera de los límites de la portería, tiempo que he tardado en decidir, velocidad imprimida al balón con el golpeo, etc. Esta información es comparada con la establecida en el inicio a nivel de Feedforward, calculando la diferencia entre ambas, a esta diferencia es lo que llamaremos error. De esta manera, aunque una acción esté influida por la experiencia pasada, también puede ajustarse a las demandas de cada situación concreta reduciendo el error cometido en cada ejecución (Tenenbaum, Yuval, Elbaz, Bar-Eli y Weinberg, 1993).

Este tipo de modelos tratan de explicar la integración de todos los componentes anatómicos implicados en una respuesta motora (músculos, sistema nervioso, receptores sensoriales) con los componentes comportamentales (unidades de información, niveles de procesamiento).



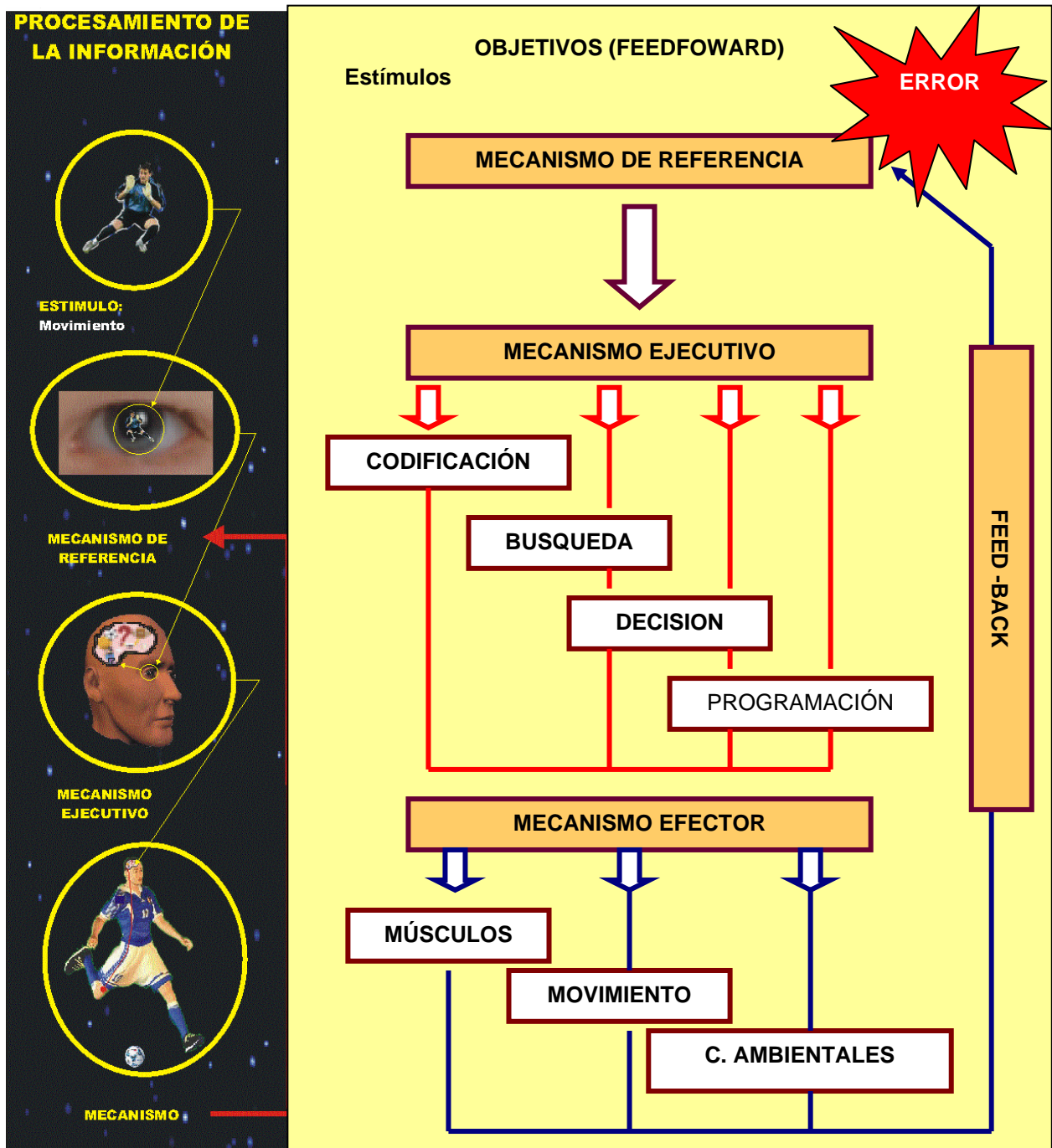


Figura 3: Modelo de Servosistema adaptado a la ejecución del lanzamiento de penalti.

La perspectiva ecológica, cuyo máximo exponente es la psicología ecológica de Gibson (1979), critica este paradigma rechazando la idea de que la mente opere como un computador, de manera que los pensamientos, acciones y emociones podrían ser considerados como patrones neurales ensamblados en el sistema nervioso central (Reina 2004). Esta perspectiva pone énfasis en que el mundo puede ser directamente analizado en función de la relación que se establezca entre la persona y el entorno, ya que argumentan que todo proceso, como el caso de la

percepción, ya tiene una estructura lo suficientemente compleja como para establecer relaciones estrechas entre el propio proceso y la acción consecuente, sin necesidad de que esta información haya de ser mediatizada por estructuras internas del sujeto.

Esta estructuración del proceso comportamental nos permite establecer una serie de inferencias las cuales nos parecen interesantes en el desarrollo de nuestro trabajo, como por ejemplo la idea de que los procesos de percepción y acción son inseparables, o que existe un vínculo funcional entre ambas (Savelsbergh, Van der Kamp, y Davis, 2001). Independientemente de que desde una perspectiva más mecanicista se pueda establecer una delimitación entre la percepción y acción, y que ambos procesos creen sus principios de actuación y optimización, creo que el estudio por separado de ambos procesos en el ámbito deportivo no tienen hoy día mucho sentido, ya que se establecen sistemas de vinculación que no permiten la evaluación de la una sin tener en cuenta la otra. Esto nos da pie a tener muy en cuenta un concepto que promulga este modelo y que no es otro que la validez ecológica. Para autores como Brunswick (1956; citado en Trespalacios, 1989) la validez ecológica es entendida como el grado en el que la estimulación proximal representa la realidad del ambiente. Partiendo de la idea de los procesos de percepción y acción son inseparables, debemos procurar que para el estudio de una habilidad deportiva la situación de estudio propuesta debe tratar de reproducir lo más fehacientemente posible la realidad de la situación deportiva de estudio, ya que, de lo contrario, los criterios de representatividad de la realidad no se cumplirían y la incertidumbre que proporciona el entorno se reduciría respecto a la realidad (Reina, 2004). Consideramos la necesidad de generar una situación de estudio que tenga en cuenta que la acción o respuesta emitida está continuamente asociada a la información perceptiva presentada (Savelsbergh y Van der Kamp, 2000).

En la habilidad de Lanzamiento de penalti, como en la mayoría de las habilidades de carácter abierto, la relación dinámica entre el organismo y su entorno estará supeditada, fundamentalmente, por la información exteroceptiva (Lee, 1980), no obstante, hay que tener en cuenta que dicha interacción no estará determinada solamente por las características o limitaciones del entorno, sino también por el desarrollo biológico y psicológico de la persona (McMorris, 1999). Esto lleva a preguntarnos: ¿En qué medida pueden influir la capacidad visual, como medio de

interpretar la información exteroceptiva, en la toma de decisiones del jugador de fútbol durante el lanzamiento de penalti?

## 1.2. CAPACIDAD VISUAL Y DEPORTE

En el rendimiento motor humano, y más específicamente, en las situaciones deportivas abiertas, las capacidades perceptivas son fundamentales (Williams, Davids & Williams, 1999), siendo la visión, el receptor determinante (Magill, 1989), al administrar la mayor cantidad de información acerca del movimiento de los objetos, oponentes, compañeros y en definitiva todas las características espacio- temporales del entorno. Algunos autores afirman, que el sistema visual tiende a dominar sobre el resto de sistemas de entrada de información sensitiva, permitiendo conocer nuestro entorno y movernos en él (Cutting, 1986; McLeod, 1991; Payne & Isaacs, 1987; Schmidt, 1988).

Tanto es así, que para Paine & Isaacs (1987), la mayoría de las tareas de movimiento se inician en respuesta a la información visual recibida. Roncagli (1992) asevera que, a través de la función visual, el hombre recibe más de dos tercios de la información que llega al cerebro, y que esta experiencia continuada puede ser analizada, entrenada, mejorada, orientada y educada, con el propósito del que el organismo exprese su mejor potencial. Esto convierte a la visión en un proceso complejo que, no se limita a dar información del mundo exterior, sino que enlaza esa información con los demás sistemas sensoriales para convertirse en la base de la realización del movimiento (Plou, 1994).

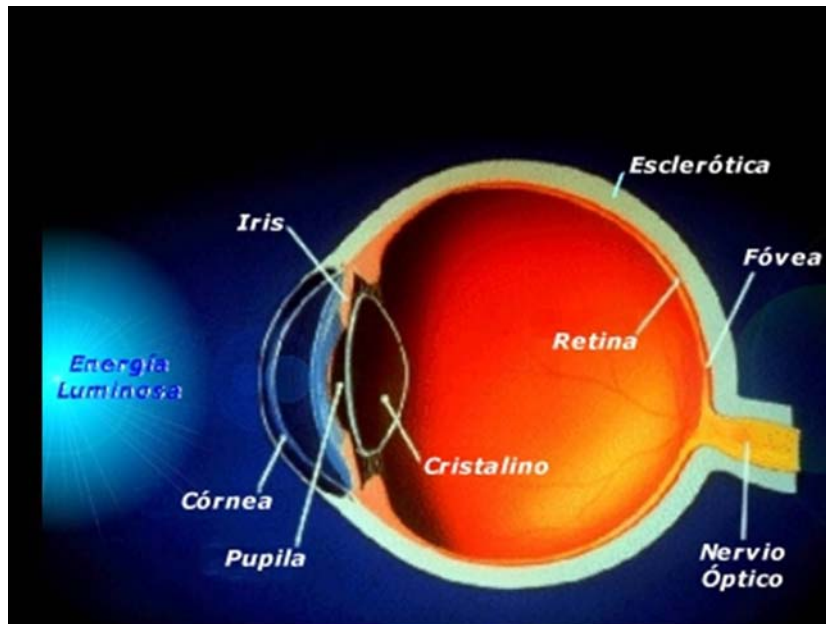
### 1.2.1 LA VISION: ESTRUCTURA FUNCIONAL.

El principal propósito biológico del sistema visual es la percepción visual, que consiste en la transformación, organización e interpretación de la luz reflejada en el cerebro a través de las modalidades sensoriales visuales (Reina, 2004). No es nuestro objetivo el analizar y describir la anatomía del órgano visual pero si creemos conveniente una descripción básica de determinadas estructuras fundamentales para la fundamentación nuestros estudios.

Siguiendo la descripción realizada por Reina (2004), para que ocurra la visión se debe formar una imagen en la retina que estimule sus receptores (conos y bastones), de manera que los impulsos nerviosos resultantes deban ser conducidos a las áreas visuales de la corteza cerebral para su interpretación. La retina está funcionalmente organizada, de manera que se puede obtener la máxima resolución en un punto cuando se fijan visualmente objetos en el entorno que nos rodea. Esta área, que podemos llamar de “clara visión”, es lo que se conoce como la fovea. La fovea tiene una alta concentración de receptores neuronales, abarcando una parte muy pequeña de la superficie total de la retina (aproximadamente 1-2 grados de ángulo visual) (Williams et al., 1999).

Pero la agudeza visual no es uniforme a lo largo de toda la superficie de la retina, de manera que sólo es la fovea la especializada para la inspección con detalle de los objetos del entorno. Esa inspección detallada es posible debido a la alta concentración de unos receptores llamados conos, que son responsables de la alta precisión que se puede obtener mediante el órgano de la visión, y que funcionan plenamente en condiciones de luminosidad oportunas. Los conos transforman las ondas luminosas del entorno en impulsos eléctricos, que posteriormente son transmitidos al cerebro para su interpretación.

Por otro lado, encontramos los bastones, localizados en la zona periférica de la retina. Estos receptores son sensibles al movimiento, pero pierden eficacia en la percepción de los colores y los detalles. La claridad del estímulo decrece cuando pasa a la parafovea y a la periferia, debido al aumento de los bastones y al descenso de conos. Con esto, podemos decir que la fovea está especializada en la discriminación fina, los detalles y la visión en color de los objetos del entorno, mientras que la periferia sería para la detección del movimiento y la visión bajo condiciones de baja iluminación (Williams et al., 1999), (ver figura 4).



**Figura 4: Representación de la anatomía del globo ocular**

Desde la perspectiva del investigador en ciencias de la actividad física y del deporte entendemos el estudio y la descripción de las estructuras corporales como el medio de obtener la funcionalidad de dichas estructuras en la interacción del sujeto con el entorno donde desarrolla su actividad deportiva. Dicho de otro modo, nos interesa más la función que cumple cada una de las partes corporales que integran el cuerpo humano, que la simple descripción de su estructura, siendo dicha funcionalidad nuestro verdadero objeto de estudio. Por tanto no debemos abandonar este apartado sin reseñar las distintas habilidades visuales a través de las cuales vamos a medir la capacidad visual de nuestros deportistas en general y del futbolista en particular.

Como punto de partida podríamos reseñar estudios que pretenden clasificar la importancia que tiene cada una de las distintas habilidades visuales para las diferentes modalidades deportivas. Así Plou (1995, citado por Reina 2004) realiza una clasificación de las principales habilidades visuales, teniendo en cuenta de que cada una de estas capacidades o habilidades forman un conjunto inseparable dentro del sistema visual, y es la coordinación e interdependencia entre ellas la base de una buena transferencia entre el rendimiento visual y el deportivo. (ver figura 5). Las habilidades analizadas han sido:

**1. Agudeza visual estática:** Corresponde a la facultad de analizar el detalle de los objetos cuya imagen se forma en la retina. Es decir, es la habilidad para hacer discriminaciones visuales finas entre los objetos del campo visual.

**2. Agudeza visual dinámica:** Se refiere a la capacidad del sujeto para resolver con detalle situaciones dinámicas en las que se muevan los objetos del entorno o ambos. Por tanto, es la habilidad para detectar detalles de un objeto en movimiento, tales como velocidad, color, textura o dirección (Millsagle, 2000). En deportes como el tenis, esta habilidad podría influir en el seguimiento de la bola cuando ésta se acerca a gran velocidad (Singer, Williams, Frehlich, Janelle, Radlo, Barba y Bouchard, 1998).

**3. Motilidad ocular:** Es la habilidad que permite la exploración del espacio en todas sus direcciones, asociándose o no a movimientos de la cabeza. Se distingue entre motilidad ocular intrínseca y extrínseca, sobre la cual hablaremos con más detalle posteriormente.

**4. Campo visual:** Donde distinguimos entre campo visual central y campo visual periférico.

**5. Visión binocular:** Es el resultado de la parcial superposición de los dos campos monoculares de cada ojo, y representa la porción del espacio visible simultáneamente con los dos ojos dirigidos hacia un punto común (Cebeira, 1997).

**6. Tiempo de reacción visual:** entendido como la elaboración rápida y eficaz de lo que es visto (Quevedo y Solé, 1990). También es conocido como el tiempo requerido para percibir y responder a la estimulación visual.

**7. Coordinación óculo-motriz:** Es la habilidad para coordinar nuestros movimientos en función de la información que los ojos han enviado al cerebro (Villa, 1989).

**8. Sensibilidad al contraste:** Entendida como la capacidad de discriminación entre los diferentes grados de contraste de los objetos.

**9. Visualización:** Que es la habilidad para construir imágenes mentales de los objetos en nuestro cerebro, así como la capacidad para retenerlas o conservarlas en la memoria y relacionarlas con experiencias pasadas o futuras (Villa, 1989).

Aunque siguiendo a Reina (2004), podemos también encontrar en la literatura científica otras habilidades visuales analizadas como:

**10. Visión cromática:** Capacidad de discriminación de los colores o, lo que es lo mismo, la capacidad de visión fotocópica.

**11. Concentración visual:** Que podemos entenderla como la capacidad para fijar la atención y mantenerla sobre un estímulo visual determinado.

**12. Acomodación-Convergencia:** Habilidad que permite rápidamente cambiar el foco visual de un punto a otro del espacio sin un efecto excesivo (Planer, 1994).

**13. Esteropsis** (percepción de la profundidad): Habilidad para utilizar, de forma rápida, las imágenes fusionadas de los ojos para así juzgar distancias y relaciones espaciales de un objeto a otro, o de un lugar a otro lugar durante la actividad deportiva (Planer, 1994).

**14. Conciencia central periférica:** Habilidad de los atletas para prestar atención a lo que tienen delante de ellos (central) mientras son conscientes de, y usan, lo que está a los lados (periferia), de donde ellos están mirando sin tener que mover los ojos del objeto de interés (Planer, 1994).

Deporte	Habilidad visual	Agudeza visual estática	Agudeza visual dinámica	Motilidad ocular intrínseca	Motilidad ocular extrínseca	Campo visual	Visión binocular	Tiempo de reacción visual	Coordinación óculo-motriz	Sensibilidad al contraste	Visualización
Automovilismo		5	5	5	2	5	5	5	4	5	5
Badminton		3	4	5	4	5	5	4	5	5	5
Baloncesto		3	4	5	3	5	5	5	5	3	5
Balonmano		3	5	5	3	5	5	5	5	4	5
Béisbol (lanzar)		4	5	5	5	5	5	5	5	4	5
Béisbol (Recibir)		3	2	3	3	5	3	1	4	3	5
Billar		2	1	4	2	3	5	1	5	3	5
Boxeo		2	2	5	3	5	3	5	5	2	4
Carrera		1	1	2	1	4	1	3	1	4	4
Equitación		4	5	3	3	5	5	5	5	5	5
Esqui		5	5	5	3	5	5	5	5	5	5
Frontón		4	5	5	4	5	5	5	4	4	5
<b>Fútbol</b>		<b>4</b>	<b>5</b>	<b>5</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>5</b>	<b>5</b>	<b>5</b>	<b>5</b>	<b>5</b>
Gimnasia		1	3	3	3	5	5	5	5	5	5
Golf		3	1	3	3	5	5	1	5	5	3
Jockey		4	5	5	5	5	5	5	5	5	4
Lucha		2	1	3	1	3	2	5	3	2	4
Natacion		1	1	1	1	4	1	3	1	2	4
Naútica		2	1	3	2	4	3	1	5	4	4
Tenis de Mesa		4	5	5	5	5	5	5	5	3	5
Salto de altura		1	3	3	3	3	4	4	4	4	4
Salto con pertiga		1	3	3	3	4	5	4	5	4	5
Tenis		4	5	5	5	5	5	5	5	5	5
Tiro de precisión		5	1	1	5	2	2	3	5	2	5
Tiro al plato		3	5	4	4	4	5	5	5	5	5
Voleibol		3	4	5	4	5	4	4	5	4	5

1 = Poco importante ; 5 = Muy importante

Figura 5. Importancia de las habilidades visuales según diferentes deportes (Adaptado de Plou, 1995, citado por Reina 2004).

Si aceptásemos la propuesta de Plou, podemos observar que nuestro deporte obtiene una media de 4,8 puntos, muy alta demanda de habilidades visuales teniendo en cuenta que el valor máximo adoptado es de 5. Solamente queda igualado por deportes como el jockey y esquí y siendo superado por el tenis, según este estudio. Esto nos demuestra que con independencia de que las habilidades visuales tienen una gran importancia en el deporte en general, parece ser el fútbol es uno de los deportes donde mas se agudiza dicha relevancia para el rendimiento.



## 1.2.2 ESTUDIOS SOBRE CAPACIDAD VISUAL EN EL DEPORTE

Desde los estudios de Fuellerton en 1925, pionero en la evaluación de la capacidad visual en deportistas, se han realizado tres líneas de investigación principalmente. Una de ellas pretende demostrar que los deportistas tienen habilidades visuales superiores a los no deportistas, otra, que los deportistas de elite poseen unas habilidades visuales superiores a los deportistas amateur y por último que las habilidades visuales se pueden mejorar con el entrenamiento, lo cual mejoraría el rendimiento del deportista (Williams et al., 1999).

La primera proposición es la más sujeta a discrepancias dentro de los estudios revisados debido a que va a depender de la disciplina deportiva que realice el sujeto deportista y de la situación de evaluación a la que sea expuesto. Sin embargo, cuando nos centramos en una única disciplina deportiva diversos estudios sí concluyen en una determinada estructura visual superior de los jugadores de más nivel, sobre los de menos nivel (Williams & Davids, 1998; Wickens, 1992), sobretodo en situaciones específicas del juego (Ripoll, 1991). Tanto es así, que algunos autores proponen que la valoración de las habilidades perceptivas es fundamental en la determinación de expertos deportivos (Abernethy Thomas, & Thomas, 1993; Starkes & Allard, 1993, Williams et al., 1999). Existen estudios que afirman que los deportistas expertos retienen, memorizan y reconocen más información, acerca de la estructura del juego y sus situaciones, que los menos expertos cuando la situación es de dominio específico y es presentada puntualmente, es decir, que el estímulo presentado tiene poco tiempo de latencia. Esta afirmación se aplica a deportes como el baloncesto (Allard, Graham & Paarsalu, 1980), hockey (Starkes, 1987), voleibol (Allard & Starkes, 1980; Ripoll, 1988) y por supuesto en fútbol (Helsen & Pauwels, 1993).

En cuanto a si la capacidad visual es susceptible de mejora mediante el entrenamiento, habría que decir, que la mayoría de investigaciones previas desarrolladas en Psicología del Deporte han atribuido un papel puramente perceptivo a la visión, como fenómeno de información sensitiva del exterior, analizando solo su estructura hardware ( es decir todo aquel entramado estructural constitutivo del órgano de la visión), no encontrando diferencias entre expertos y novatos (Starkes & Deaking, citados por Bard et al., 1994). Estos estudios han

ignorado que el concepto del sistema visual, aplicado al deporte, ha evolucionado para convertirse en un apoyo sobre la respuesta comportamental adaptativa y efectiva del deportista (Milner & Goodale, 1995), conformando lo que se conoce como estructura software (relacionada con la imbricación que tiene la percepción visual con la percepción a través de otros sentidos y su conexión con las áreas promotoras y motoras en la adaptaciones a la estimulación percibida del entorno). Las investigaciones sobre capacidad visual en deportistas deben tener en cuenta esta dualidad hardware- software, que nos permita analizar, entre otras variables, las estrategias visuales, la toma de decisiones implicadas en una conducta motora, y sobretodo la rapidez con que el deportista es capaz de plasmar estas decisiones en respuestas motoras de una manera eficaz.

Helsen y Starkes (1999), estudiaron el procesamiento de información y la habilidad del deportista en situaciones inespecíficas para ellos, analizando variables referentes a las estructuras hardware y software que mencionamos en el apartado anterior. Estos autores no encontraron diferencias entre expertos e inexpertos en cuanto a las habilidades hardware analizadas. Esto nos induce a pensar que las verdaderas diferencias entre deportistas de mayor o menor nivel radican en el software, por tanto en lo adquirido o aprendido, aunque existe controversia si esto es ocurre igual en decisiones complejas (Keele, Ivry y Pokarny; citados por Helsen & Starkes, 1999). En este sentido el estudio de Helsen y Starkes (1999), concluye que en situaciones complejas no existen diferencias, en cuanto a las correcciones, ni al tipo de fijaciones visuales realizadas por los jugadores, entre expertos e inexpertos, pero sí existen diferencias en cuanto al número y al tiempo que mantienen dichas fijaciones visuales, determinando que los deportistas más expertos realizan menos fijaciones visuales pero durante más tiempo.

Estas fijaciones visuales permiten al sujeto estabilizar un área informativa de su campo visual, obteniendo un procesamiento más detallado de lo que ocurre en la escena percibida en un momento determinado. Estas fijaciones son localizaciones simples constituyentes de la habilidad que permite la exploración del espacio en todas las direcciones, por medio de la activación de la musculatura extraocular responsable de los movimientos de los globos oculares y que es conocida como Motilidad Ocular Extrínseca (M.O.E.) (Moreno, Reina, Sanz y Ávila, 2002).

Actualmente se han desarrollado sistemas específicos de registro de la motilidad ocular extrínseca (e.g. Técnica de Seguimiento de la mirada, Reina, Fuentes, Sanz & Moreno, 2003a), los cuales nos permiten obtener la capacidad de control ocular, indicándonos el número de fijaciones que realizamos en alguna zona determinada y durante cuanto tiempo son mantenidas. Estos sistemas empleados para la medición fijaciones oculares ante la percepción de una escena concreta, presuponen que registrando los movimientos oculares y la orientación de la línea de mirada obtendremos información, potencialmente ligada a la información central o en fóvea. Este supuesto es aceptado por algunos autores en función de la naturaleza dinámica y la complejidad de la tarea observada (Helsen y Pauwels, 1993), de manera que si la información visual que se proporciona es estática y relativamente compleja, la correspondencia entre el centro de fijación y el centro de la atención visual es lo suficientemente alta como para considerar el punto de fijación como un punto válido de la obtención de información selectiva. En cambio, si la información presentada es dinámica, existe una posibilidad de que parte de la información sea procesada periféricamente (Reina, 2004).

La duración del periodo de fijación, también denominada “periodo óculo-motor” (Williams, et al., 1999), ha sido asumida por algunos investigadores como una señal directamente relacionada con la complejidad de la información a percibir (Gould, 1973; citado por Williams et al., 1999), de manera que cuanto más información se procesa, más larga debería ser la fijación (Just y Carpenter, 1976), ya que este tiempo representa tanto el tiempo de procesamiento cognitivo como el tiempo requerido para determinar la localización de la siguiente fijación e iniciar el movimiento sacádico consecuente (Abernethy, 1985). Aunque existen estudios que afirman que no tiene porque estar relacionada dicha duración con la extracción de información, ya que podría ser posible fijar un objeto sin extraer información específica del mismo (Abernethy, 1988a; Williams, Davids, Burwitz y Williams, 1993). De esta forma, el sistema podría estar registrando una fijación en un punto concreto y que mientras estuviéramos prestando atención a lo que ocurre en otras partes del campo visual (Barriopedro, 1994). Generalmente, el número de fijaciones visuales parece aumentar a medida que se incrementa la dificultad de la tarea observada (Petraakis, 1986) y las características de la fijación visual son tomadas como una representación de la perspectiva adoptada por el observador para extraer

información específica del entorno (Williams et al., 1999), y reflejan el procesamiento cognitivo del sujeto (Janelle, Singer y Williams, 1999).

Podríamos decir que la estrategia de búsqueda mas satisfactoria seria la basada en menos fijaciones y de más duración para dedicar más tiempo al análisis del estímulo (Abernethy, 1988b; Ripoll, 1989; Singer, Cauraugh, Chen, Steinberg y Frehlich, 1996; Vickers, 1996; Williams et al., 1999), y en menores áreas (localizaciones) de la escena (Savelsbergh, Williams, Van der Kamp y Ward, 2002). Aunque esto no queda claro en estudios específicos (Williams, Davids, Burwitz y Williams, 1994), sobretodo en habilidades que requieren velocidad y precisión de ubicación del estímulo, donde las alternativas se basan mas en la predicción de la ubicación futura del estímulo que en el seguimiento del mismo durante todo su recorrido (Bahill y LaRitz, 1984; Ripoll, 1991; Lenoir, Crevits, Goethals, Wildenbeest, y Musch, 2000).

En el estudio de la capacidad visual del deportista, sobre todo en habilidades en las que el entorno estimular es muy amplio y en las que haya que atender a numerosos elementos, tales como la posición del balón, de los contrarios y de los propios compañeros (deportes de equipo), el principal aporte de información reside en la visión periférica. Algunos autores piensan que la información que obtenemos a través de la periferia juega un rol importante en el rendimiento perceptivo-motor (Davids, 1984; Paillard, 1980; Williams, Davids, Burwitz y Williams, 1992; Williams y Davids, 1997, 1998), por lo que quizá las fijaciones visuales sólo proporcionen los puntos de referencia para recoger y organizar información desde la periferia (Ávila y Moreno, 2003). Si analizamos nuestro deporte, en el estudio llevado a cabo por Williams y Davids (1997) en fútbol, se demostró que los jugadores empleaban la parte central de la escena (donde transcurría el juego con balón) como referencia central para, de forma simultánea, obtener información por periferia acerca de las posiciones y movimientos del resto de jugadores. No obstante, el asumir que la periferia puede determinar la captura de información relevante del entorno dependerá de factores como la complejidad de la tarea observada, o la velocidad del movimiento u objetos del entorno (Reina 2004). Podríamos hablar, pues, que una localización espacial óptima se constituye con los puntos más importantes de la imagen que está siendo visualizada (Ávila y Moreno, 2003), en nuestro caso el lanzamiento de penalti en fútbol, la incertidumbre que genera su complejidad

estimular radica en los movimientos del portero, el cual se mueve a una velocidad que podemos considerar media, con lo que una localización espacial óptima se debería centrar en dichos movimientos, obviando todos los estímulos que le lleguen a través de su sistema visual periférico.

### 1.2.3 A MODO DE CONCLUSIÓN PRELIMINAR SOBRE CAPACIDAD VISUAL Y DEPORTE.

Estos hallazgos nos hacen determinar que, la capacidad visual es el más importante canal transmisor de información que tiene el organismo para analizar la situación de juego en situaciones deportivas, aunque no el único. Esta capacidad de recibir información sensitiva a través de la visión influye directamente sobre los procesos cognitivos de toma de decisiones, siendo en todo momento el mecanismo a través del cual se regulan.

A igualdad de condiciones técnicas y físicas, el deportista más experimentado, es aquel que tiene más desarrollada su capacidad visual, entendida esta, no sólo como una estructura superior de transmisión de sensaciones (hardware), sino como la capacidad de percibir y discriminar los estímulos relevantes dentro de cada situación de juego que le hacen actuar, en consecuencia, de la manera más eficaz (hardware-software).

La capacidad visual es modificable mediante el entrenamiento y por tanto se convierte en uno de los factores fundamentales del rendimiento del deportista, sobretodo en deportes donde se ponen en juego habilidades abiertas.

Cuanto más específica sea la situación estimular a la que sometamos al deportista más rico será su aprendizaje perceptivo y más fiable la evaluación de su mejora o rendimiento.

La visión periférica juega un papel muy importante en el desarrollo de la percepción de entornos estimulares amplios y complejos, pero no lo podemos considerar un parámetro de eficacia en nuestra situación de estudio.

En habilidades donde se requiera una ubicación estimular rápida y precisa, el éxito en su detección radicará en la predicción de la ubicación futura del estímulo más que en el seguimiento del mismo durante su recorrido.

Visto así, la capacidad visual, dentro del contexto deportivo, es una estructura compleja de recepción estimular que nos permite adaptar nuestra toma de decisiones a las necesidades de la situación de juego. Esta estructura compleja tiene una parte poco entrenable (Estructura Hardware) y otra totalmente entrenable (Estructura Software) y susceptible de mejora, pero ¿realmente existen regularidades estímulares que nos permitan predecir la ubicación futura de un estímulo y con ella mejorar la toma de decisiones del deportista?

### **1.3 LOS MECANISMOS DE ANTICIPACIÓN Y LA UTILIZACIÓN DE PREINDICES DE MOVIMIENTO EN EL DEPORTE.**

Si fuéramos capaces de acceder al funcionamiento y estructura del proceso de toma de decisiones en el deporte, estaríamos en la vía de mejorar los procesos de formación deportiva de los jóvenes y de optimizar el rendimiento de los jugadores expertos (Iglesias, Moreno, Ramos, Fuentes, Julián & Del Villar 2002). Desde este punto de vista, la toma de decisiones, como capacidad cognitiva de optar por la mejor acción de juego, es un factor determinante del rendimiento deportivo (Iglesias et al., 2002) y su predicción una de las herramientas más valiosas para afrontar con éxito la práctica deportiva (Williams, et al., 2002).

#### **1.3.1 LA ANTICIPACION, PREINDICES DE MOVIMIENTO Y SUS FACTORES DE ESTUDIO**

La predicción del comportamiento constituye un fenómeno muy común en el ámbito de la actividad física y el deporte, y se denomina *anticipación*. La anticipación es definida, dentro del contexto de los deportes colectivos, como: “*aquella acción que permite realizar un movimiento de interposición a la trayectoria del oponente o del móvil, teniendo en consideración la situación del juego, las propias capacidades y las del oponente, así como las intenciones técnico- tácticas asignadas en función del sistema de juego del propio equipo*” (Guzman & García, 2002 pag 37-38).

Poulton (1957), estableció una clasificación que hacia referencia a tres tipos de anticipación:

1. Anticipación efectora. Relacionada con la predicción que del tiempo que se empleara en la producción de una respuesta motriz.
2. Anticipación receptora. Está muy relacionada con la anterior y con ella se trata de predecir el tiempo que empleará un acontecimiento en suceder.
3. Anticipación perceptiva. Este es el tipo de anticipación más complejo ya que el deportista debe predecir las características de los estímulos cuando estos no están presentes.

Los procesos de anticipación en el deporte y su optimización están muy influenciados por una serie de factores que podemos resumir en los siguientes (Magill, 1989):

- a) *La probabilidad de predicción del estímulo.* La predicción es considerada como la consistencia de un patrón espacio temporal sobre la aparición de un estímulo, es decir va a depender de las regularidades que presente la acción motriz precedida bajo un mismo estímulo.
- b) *La velocidad del estímulo.* En este factor los autores consideran la existencia un continuum desde el estímulo más rápido al mas lento, estableciendo que la dificultad de anticipar es mayor en los extremos que en los puntos intermedios, representando una tasa de dificultad en U invertida con respecto a la velocidad del estímulo.
- c) *Tiempo de presencia del estímulo.* La efectividad anticipatorio mejorará cuanto mayor sea el tiempo de presentación del estímulo, aunque existen ciertas dudas sobre la efectividad de un entrenamiento con este tipo de estimulación para deportes de balón donde la estimulación es corta y de gran velocidad.
- d) *Cantidad de entrenamiento.* La práctica es un elemento fundamental para educar las conductas anticipatorias de los deportistas, bajo el prisma de la adquisición de experiencias variadas de anticipación, mediante el desarrollo normal de su

deporte y modificaciones espacio temporales del mismo, en diferentes condiciones de exigencia.

- e) *Complejidad de la respuesta.* Diferentes investigadores han mostrado como el aumento de la complejidad de la respuesta hace decrecer la conducta anticipadora.

Desde nuestro punto de vista, y siguiendo a (Oña et al., 1999), matizaremos esta complejidad de la respuesta desde el punto de vista de la percepción del entorno donde se desenvuelve la habilidad de anticipación, añadiendo a esta enumeración dos factores que consideramos determinantes el para la comprensión de los mecanismos de anticipación puestos en juego en la habilidad del lanzamiento de penalti. Estos factores son los siguientes:

- f) *El número de estímulos a detectar.* Teniendo en cuenta que cuanto mayor sea el número de estímulos a valorar en la predicción anticipatoria de una respuesta motriz, mayor será las posibilidades de que la conducta anticipatoria no se pueda llevar a cabo.
- g) *Características y ubicación del estímulo.* No será percibido con la misma rapidez y por tanto con una mayor anticipación un estímulo claramente visible que uno que pueda crearnos duda en nuestra decisión. Y por otro lado, percibiremos con mayor rapidez un estímulo simple ubicado en la periferia de nuestro campo visual que el mismo estímulo dentro de nuestro foco atencional. Por lo que tendríamos que tener en cuenta las características de los estímulos a recibir en nuestra predicción y actuar en consecuencia.

Actualmente los estudios sobre anticipación se agrupan en dos grandes categorías: anticipación motora temporal y anticipación motora espacial. Estos dos términos quedan definidos por Ruiz y Sánchez (1997) de la siguiente forma:

1. Anticipación Temporal, supone que el deportista conoce la respuesta que puede ser realizada, disminuyendo drásticamente el tiempo empleado para responder.



2. Anticipación Espacial o de acontecimientos que supone conocer qué tipo de estímulos van a estar presentes y que tipo de respuesta será requerida para solucionar el problema deportivo.

En la anticipación espacio-temporal el sujeto predice la localización futura del estímulo y su clase en función de una serie de índices, que cuando están referidos a movimientos corporales son denominados preíndices de movimiento. En cada acción de anticipación deportiva, los sujetos deben ser capaces de obtener información de los movimientos relativos del cuerpo de su oponente, y emplear esa información para determinar su respuesta (Ward, Williams & Bennett, 2002). Si además tenemos constancia de que, la información sobre los preíndices no es volátil sino que se mantiene en el tiempo para poder utilizarla por el sujeto cuando considere que las condiciones son las más adecuadas (Eversheim & Bock, 2002), podríamos decir que nos encontramos ante una herramienta de potencial incalculable en la optimización del rendimiento anticipatorio de nuestros deportistas.

La identificación y empleo de preíndices en diferentes modalidades deportivas ha sido muy extendida tanto en deportes individuales como colectivos: bádminton (Abernethy, 1987, 1988b), tenis (Goulet, Bard, & Fleury, 1988; Isaacs y Finch, 1983; Jones y Miles, 1978; Moreno y Oña, 1998), hockey (Starkes, 1987), baloncesto (Starkes y Lindley, 1994), voleibol, (Hernández et al., 2003) y por supuesto en fútbol (Helsen y Pauwels, 1993; Williams et al., 1993, Núñez, Bilbao, Raya & Oña, 2004, Núñez, Oña, Bilbao & Raya, 2005), aunque con respecto a este deporte lo analizaremos con más detalles en apartados posteriores.

Schellenkens, Huizing y Kalverboer, (1986) afirman que la utilización de preíndices aumenta el pico de velocidad del gesto a realizar, además de reducir el tiempo de espera. El pico de velocidad es considerado por Olivier (2000), como una variable que muestra la existencia de preprogramación de la respuesta y que por tanto nos permite procesar la información de una manera más rápida y eficaz. Veamos más en profundidad los mecanismos de procesamiento rápido de la información y las teorías bajo las que se sustentan.

### 1.3.2 PROCESAMIENTO RÁPIDO DE LA INFORMACIÓN EN ACCIONES DE ANTICIPACION O PERCEPCION DE PREINDICES DE MOVIMIENTO.

El tiempo de procesamiento de la información que requiere el sistema comportamental humano constituye un factor clave tanto para el conocimiento de los mecanismos del control del movimiento como para su aprendizaje y entrenamiento de su acortamiento, por lo que una alta velocidad en el procesamiento de la información es un elemento determinante del rendimiento (Adam y Wilberg, 1992).

Remontándonos a los estudios realizados sobre el complejo sistema nervioso que rige nuestras percepciones, decisiones y respuestas de movimiento, se ha podido comprobar que, estructuras neurales como la corteza motora primaria (Riehle & Requin, 1989), la corteza premotora ( Wise & Mauritz, 1985) y el área motora suplementaria (Tanji, Taniguchi & Saga, 1980) están involucradas en la programación de la dirección del movimiento, mientras que las estructuras conectivas, que imbrican a las propias áreas de la corteza motora y prolongan su señal a lo largo de la medula espinal, parecen estar implicadas en la extensión del mismo (Bonnet, Requin & Semjen, 1981). Es más, el estudio de estos sistemas ha llevado a la comunidad científica a afirmar de la existencia de neuronas codificadas para determinar la extensión del movimiento específico de cada miembro corporal (Georgopoulos, citado por Olivier, 2000). Desde esta perspectiva, se asume que la producción de los patrones de movimiento es controlada por esos esquemas o programas motores, los cuales son ejecutados para alcanzar un objetivo en particular (Savelsbergh et al., 2001) con mayor rapidez y exactitud.

Para el sistema visual, tanto en estudios de precisión con oclusión visual (Zelaznick, Shapiro & Carter, 1982), como en estudios de percepción de trayectorias (Savelsbergh, Whiting & Bootsma, 1991) se han establecido la existencia de dos sistemas de procesamiento de la información. Uno que podríamos considerar de procesamiento lento, que en su duración coincide con el tiempo de reacción basal de 180 ms aproximadamente (Elliott & Allard, 1985), y otro de procesamiento rápido que el cual alcanza medias de procesamiento en torno a los 100 ms, pudiendo ser mas rápido aún para otras modalidades sensoriales como la propiocepción (Schmidt & Lee, 2005). Por tanto, podríamos hablar de al menos dos circuitos de procesamiento de la información, que coincidirían con las explicaciones aportadas en la

identificación de los dos sistemas visuales (Milner & Goodale, 1995), o los dos niveles de procesamiento de Glover (2004), el de la planificación y el de control. Ambos sistemas se utilizarían en función de las demandas del medio o del entrenamiento del sujeto.

En el estudio de la anticipación y localización espacio-temporal, como mecanismos de procesamiento rápido de la información, casi todos los trabajos consultados se basan en el modelo de los dos procesos de localización (Adams, Paas, Ekerling & Van Loon, 1995; Adams, Ketelaars, Kingma, & Hock, 1993). Esta teoría nos explica que en el proceso de localización espacial de un estímulo entran en juego dos sistemas que se encadenan secuencialmente. Por un lado, tenemos el sistema atencional, el cual nos aporta una información general de donde se puede producir el estímulo, y por otro lado el sistema de movimiento ocular, que nos aportaría una situación exacta de la localización del estímulo. Los estudios realizados bajo el paradigma que desarrolla esta teoría afirman que:

- a) La presentación de un estímulo periférico fácilmente atrae al sistema de atención hacia él. (Miller, 1989; Posner, Snyder, & Davidson, 1980; Remington Johnston, & Yantis, 1992; Yantis & Jonides, 1984).
- b) El mínimo tiempo que atendemos a un estímulo es de 50 – 60 ms. (Eriksen, 1990; Saarinen & Jules, 1991; Treisman & Gelade, 1980).
- c) El mínimo tamaño en el que podemos centrar nuestra atención es el correspondiente a 3 grados de nuestro ángulo de visibilidad (Eriksen, 1990).
- d) La localización de un estímulo requiere una atención directa a él (Butle, 1980; Johnston & Pashler, 1990; Styles & Allport, 1986; Treisman & Gelade, 1980).
- e) Los cambios de atención preceden a los movimientos sacádicos de los ojos, afirmando la secuencialidad de estos dos sistemas en la localización espacial (Kowler, Anderson, Doshier & Blaser, 1995; Posner, 1980; Remington, 1980).

Olivier (2000) afirma en sus estudios sobre la velocidad de procesamiento de la información mediante la utilización de preíndices en la ejecución de movimientos en niños, que el pico de velocidad gestual aumenta significativamente con la

aplicación de preíndices y matiza que esta mejora es aun mayor cuando el preíndice es aplicado en una sola dimensión (dirección o extensión del movimiento a realizar), debido a que considera que estos dos parámetros son independientes en cuanto a sus procesos de control (Bonnet, Requin & Stelmach, 1991), y que por tanto la utilización de preíndices mixtos hacen retardar la respuesta. Así mismo, considera que la dimensión de dirección del movimiento está controlada por procesos preactivos, correspondientes a estructuras neurales superiores, y que la dimensión correspondiente a la extensión o amplitud del movimiento está controlada procesos tipo feed-back. En este sentido, numerosos autores afirman que movimientos de más de 200-300 ms (incluso menos en ocasiones) requieren de la cooperación entre procesos de planificación central, responsables del inicio del movimiento, y mecanismos de feedback y feedforward, que permitan hacer las correcciones “on-line” oportunas de los siguientes movimientos (Abbs, Gracco y Cole, 1984; Abrams y Prat, 1993; Bullock y Grossberg, 1991; Schmidt, 1975).

La investigación sobre la utilización de estos circuitos rápidos mediante el entrenamiento para los procesos comportamentales como la anticipación, uso de preíndices de movimiento y la decisión en situaciones de complejidad estimular se convierte en una posibilidad muy sugerente cuyo objetivo consistiría en incrementar la eficacia de la conducta motora acortando los tiempos de procesamiento ante los estímulos. Veamos algunas técnicas utilizadas para el estudio de estos procesos de anticipación y percepción de preíndices y comencemos a desarrollar los pilares fundamentales de esta tesis doctoral.

### 1.3.3 TECNICAS UTILIZADAS EN EL ESTUDIO DE LA ANTICIPACIÓN Y PREINDICES DE MOVIMIENTO EN EL DEPORTE.

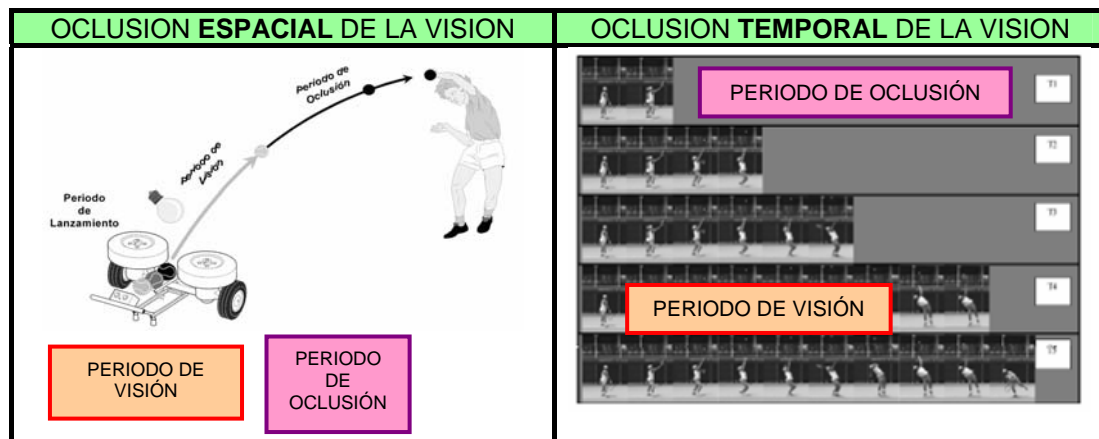
El parámetro más utilizado, en el nivel experimental, en el estudio de este proceso ha sido el tiempo de reacción (TR). Para comprobar la anticipación del sujeto en sucesiones temporales (anticipación motora temporal), se ha manipulado el preperíodo en una situación de tiempo de reacción (TR), comprobándose la diferencia entre preperíodos aleatorios o variables y constantes. En el segundo caso los TR son menores, pudiendo con cierta práctica casi responder simultáneamente a la aparición del estímulo; Quesada y Schmidt (1970) pudieron obtener una media de TR simple de 22 ms. Parece pues, que el sujeto procesa la información más

rápidamente porque se anticipa al fenómeno, al calcular su regularidad en función de los ensayos anteriores. De esta manera, los beneficios en el tiempo de reacción pueden ser explicados por una predisposición a la respuesta, gracias a la tendencia del sujeto a reducir la cantidad de información a la estrictamente necesaria para tomar una respuesta correcta (Nougier, Stein, & Bonnel, 1991).

Sin embargo, algunos autores creen que la medición del TR, si bien puede reflejar la velocidad de procesamiento de la información, no es una medida directa del procesamiento de la información visual, ya que incorpora un componente motriz importante (Adams y Wilberg, 1992). Este es el caso de la mayoría de los deportes colectivos, en los que los mecanismos de anticipación utilizan como referencia al mismo tiempo estructuras temporales y espaciales del movimiento. Uno de los métodos más utilizados para el estudio de acciones motoras anticipatorias espaciales, o espacio-temporales, es el conocido como oclusión temporal de la visión (Williams, 2000; Williams et al, 1999; Starkes, Helsen, & Jack, 2001), existiendo dos variantes: *temporal y espacial* (ver figura 6).

En la primera de ellas, una vez filmado un gesto deportivo determinado en una situación de competición habitual, se manipula la duración del movimiento que es presentado al deportista, el cuál tiene que intentar predecir la trayectoria o movimiento del objeto ocluido. Dicha técnica se ha empleado en deportes como tenis (Farow, Chivers, Hardingham, & Sachse, 1998), Fútbol (Williams et al., 1992), críquet (Houlston y Lowes, 1993), bádminton (Abernethy, 1991). Una de las limitaciones que según Williams et al., (1999) presenta este tipo de técnicas, es que sólo proporciona información sobre el tiempo que tarda el deportista en extraer la información visual importante, no obteniendo nada acerca de la naturaleza o los elementos que ha utilizado el deportista durante el proceso de anticipación. En la oclusión espacial, al deportista solo se le permite ver los movimientos iniciales del oponente hasta un determinado punto de la secuencia completa de la acción (Williams et al., 1993; Tenenbaum, Levy-Kolker, Sade, Liebermann & Lidor, 1996; Lidor, Argov & Sharon, 1998; Williams & Grant, 1999; Tenenbaum, Sar-El & Bar-Eli, 2000; James & Hollely, 2002), es decir, se ocluyen determinadas fuentes de información, para determinar así como éstas inciden en la estrategia perceptiva usada por el deportista. Trabajos recientes han desarrollado tecnologías que

permiten su aplicación en situaciones naturales de estudio, fuera de entornos de laboratorio (Starkes, Edwards, Dissanayake y Dunn, 1995).



**Figura 6: Variantes de la aplicación de la técnica de estudio basada en la oclusión de la visión. (Adaptado de Oña et al., 1999, p. 152 y Farrow & Abernethy, 2002, p.476)**

Mediante las técnicas anteriores al deportista se le pide que de una respuesta que implique la anticipación ante la acción del oponente o de un objeto. Además se puede asumir que sí se produce una disminución del rendimiento mientras un área o fuente de información es ocluida (tanto temporal como espacialmente), ese índice informativo es relevante para el éxito de la tarea (Reina, 2004). A este respecto, existen estudios que afirman la posibilidad de mejorar tanto la velocidad como la exactitud de la respuesta perceptivo-motora mediante la exposición repetida a estos métodos (Singer, Cauraugh, Chen, Steinberg, Frehlich & Wang, 1994; Farrow et al., 1998; Abernethy, Wood, & Parks, 1999; Williams & Grant, 1999). Sin embargo, existen ciertas dudas sobre la aplicabilidad y transferencia que tienen estos métodos al contexto natural del deporte (Adolphe, Vickers, & Laplante, 1997; Scott, Scott, & Howe, 1998). Esta última reflexión es recogida por Farrow & Abernethy (2002), en el establecimiento de los límites de aplicación que han sufrido, en décadas anteriores, los estudios realizados sobre el incremento del rendimiento anticipatorio, y que estos autores resumen en los siguientes:

1. La inclusión de un grupo placebo y otro de control que nos permita afirmar que los resultados obtenidos no son fruto del efecto de familiarización (Farrow et al., 1998; Abernethy et al., 1999). Williams et al., (2002),
2. Si la habilidad perceptiva es susceptible de ser evaluada apropiadamente sin práctica física (Handford, Davids, Bennets, & Button, 1997).

3. Hay estudios que justifican la mejora de las capacidades perceptivas pero no abordan si mejoran el rendimiento deportivo (Adolphe et al., 1997; Scott, et al. 1998).

Williams, et. al. (2002) matizan estas limitaciones y argumentan que:

1. La participación del grupo placebo en los periodos de enseñanza entrenamiento deben ser de la misma duración que la de los grupos experimentales, ya que en caso contrario, quedarían dudas si las mejoras pueden ser explicadas por el efecto de familiarización con la prueba de estudio.
2. Para establecer la mejora del rendimiento deportivo a través de estudios de laboratorio, debe abordarse de manera paralela una evaluación que contemple la verdadera transferencia al juego real (Farrow, et. al, 1998), considerándose a esta como fundamental para la determinación de la mejora del rendimiento deportivo (Scott, et. al., 1998; Singer, et.al., 1994; Starkes & lindley, 1994).

La anticipación espacio-temporal es una de las acciones más determinantes en el rendimiento de deportes en los que el móvil o balón alcanza alta velocidad durante el juego, requiriendo del receptor o del oponente decisiones y respuestas de la misma magnitud (Savelsbergh et al., 2002). Los patrones espacio-temporales consistentes en interceptaciones rápidas de objetos emergen de una preprogramación, o un control del movimiento preprogramado, dentro de su dominio temporal (Tyldesley & Whiting, 1975; Van Soest & Beek, 1996), es decir, que cuanto mayor dominio tengan de la habilidad, o experiencia en la misma, serán más capaces de predecir la duración exacta que requiere la programación de la respuesta, o en este caso la interceptación. Esto queda patente en la bibliografía, en la que se afirma que los jugadores expertos son mejores que los noveles utilizando preíndices de movimiento para guiar sus movimientos anticipatorios (Abernethy, 1987; Williams & Burwitz, 1993, Williams et al., 2002). Incluso hay estudios que afirman, que los jugadores expertos son más rápidos y eficientes por la utilización de preíndices en la toma de sus decisiones (Abernethy & Russel, 1984; Goulet et al., 1989; Starkes et al., 1995; Wright, Pleasants & Gomez-Meza, 1990).

En estos estudios, anteriormente reseñados, se ha utilizado la técnica de *preíndices (precuing technique)*, en la que varios elementos relevantes de la

respuesta pueden ser especificados por adelantado, dejando otros aspectos sin especificar para la llegada del estímulo (Rosenbaum, 1980). Adams, Huys y Van Loom (2000), analizaron los efectos sobre la velocidad y exactitud de localización de un estímulo ante la aplicación de preíndices espaciales o simbólicos. Estos autores concluyen que el avance de la posible ubicación del estímulo a detectar (preíndice) aumenta considerablemente el rendimiento de localización del sujeto, pero acentúan que la presentación de preíndices espaciales aumenta más el rendimiento de localización que la presentación de preíndices simbólicos, tanto más, cuanto menor sea el tiempo de presentación del preíndice. En este estudio se obtienen diferencias de 256 ms. de retraso en el tiempo de reacción en sujetos a los que se le presentaban preíndices simbólicos.

Estos hallazgos son de vital importancia en el planteamiento de nuestro estudio, ya que nos vienen a decir que cuanto más nos acerquemos, con nuestra técnica de valoración, a la situación real de estimulación en la que se desenvuelve el deportista, mejores resultados obtendremos en la transferencia al juego real. Apoyando esta idea, algunos autores afirman que, para conseguir el mayor grado de especificidad y control de las variables de la habilidad estudiada debemos utilizar el método de video simulación o realidad virtual (Franks & Hanvey, 1997; McMorris & Hauxwell, 1995, 1997), ya que la representación de secuencias de movimientos reales es crucial para el estudio de la anticipación en el deporte (Abernethy, Gill, Parks & Packer, 2001; Ward, et. al. 2002).

Este método consiste en presentar imágenes reales al jugador evaluado en una situación controlada de laboratorio. Estas secuencias han de ser presentadas a velocidad real ya que presentar escenas ralentizadas ofrece una información intacta del movimiento, pero podría impedir el reconocimiento de patrones absolutos del movimiento tales como velocidad o duración de la actividad (Al-Abood, Davids, Bennett, Ashford & Martínez, 2001). Las críticas mas realizadas a este tipo de métodos hacen referencia a la dimensionalidad de la imagen y a la perdida de profundidad con las proyecciones de dos dimensiones (Williams, et al., 1999). En cuanto a la dimensión un estudio llevado a cabo con tenistas en laboratorio (Reina, Del Campo, Sanz y Moreno, 2003b), mostró que el tamaño de la imagen parece influir en la estrategia visual empleada, promoviendo la necesidad de desarrollar situaciones de estudio lo más próximas a las demandas reales del juego, esenciales



para el aumento de la validez ecológica de la medida. En cuanto a la profundidad Williams et al. (1999) plantean la hipótesis de que la pérdida de dimensionalidad de una situación a otra podría ser una dificultad para los sujetos a la hora de estimar con precisión la profundidad, así como una posible alteración de su estrategia perceptiva habitual. Sin embargo el trabajo llevado a cabo por Ávila (2002) con entrenadores de tenis, mostró que no se encontraron diferencias consistentes sobre todas las localizaciones espaciales del comportamiento visual, cuando los sujetos eran sometidos a los dos niveles de la variable dimensionalidad (2D y 3D). La simulación en video podría ser efectiva como método para el desarrollo de la habilidad perceptiva, particularmente cuando esté asociada con técnicas apropiadas de instrucción (entrenamiento perceptivo) (McMorris y Hauxwell, 1997; Williams y Burwitz, 1993).

Abernethy et al. (1993) afirman que los verdaderos preíndices aparecen cuando la situación de prueba es idéntica a la real del juego. Féry y Crognier (2001), en su estudio sobre anticipación de trayectorias en tenis, concluyen que los experimentos que estudian comportamientos anticipatorios en deportes que requieren decisiones espacio-temporales reducidas, necesitan un estudio del ejecutante en situ en la elaboración de la respuesta. Según estos autores se consigue un mayor aprendizaje y mejores resultados en cuanto a la precisión de la respuesta en situaciones de respuesta en situ que en situaciones simuladas que no tiene que ver nada con el gesto a realizar. Según los estudios realizados bajo esta perspectiva de especificidad en diversos deportes, cuando el deportista utiliza preíndices, detectados en el entorno real de juego, se producen decisiones más rápidas (Bahill & LaRitz, 1984; Hyllegard, 1991; McPerson & French, 1991; Ripoll, 1988; Singer et al., 1998; Williams & Davids, 1998).

Estos factores han provocado, gracias al desarrollo de nuevos elementos tecnológicos que lo permiten, el estudio de los procesos perceptivos en situaciones lo más similares al juego real, en situaciones de campo. Algunos de los trabajos realizados en este sentido han sido en porteros de hockey (Bard y Fleury, 1981), profesores de tenis (Petrakis, 1986; Ávila, 2002), golf (Vickers, 1992), baloncesto (Vickers, 1996, Cárdenas y Oña, 1997), voleibol (Vickers y Adolphe, 1997, Hernandez 2005), tenis (Singer et. al., 1998; Williams & Davids, 1998, Moreno,

1997), en tenis en silla de ruedas (Reina, Moreno, Sanz y Del Campo, 2003c). Por ello, debemos avanzar hacia el desarrollo de protocolos de registro del comportamiento (perceptivo y motriz en este caso) en entornos naturales, donde la validez ecológica de los experimentos sea máxima.

La problemática a la hora de aplicar esta técnica de preíndices puede resumirse en dos aspectos. Por un lado debemos tener en cuenta que no toda la información es un índice que se haga corresponder con la acción subsiguiente, por lo que cabe la posibilidad de que percibamos un preíndice erróneo que nos haga ser aun más lento que si no hubiéramos percibido ningún preíndice. Esto es lo que se conoce como el paradigma costo-beneficio (cost-benefit paradigm), propuesto por Posner en 1980. Sin embargo existen resultados contradictorios con respecto a esta teoría. Por un lado, los estudios realizados por Schellens et al. (1986) sobre el análisis de la amplitud del movimiento como preíndice de respuesta demostraron que el pico de velocidad gestual en la situación de elección de un preíndice erróneo no difería del obtenido en la situación sin preíndices.

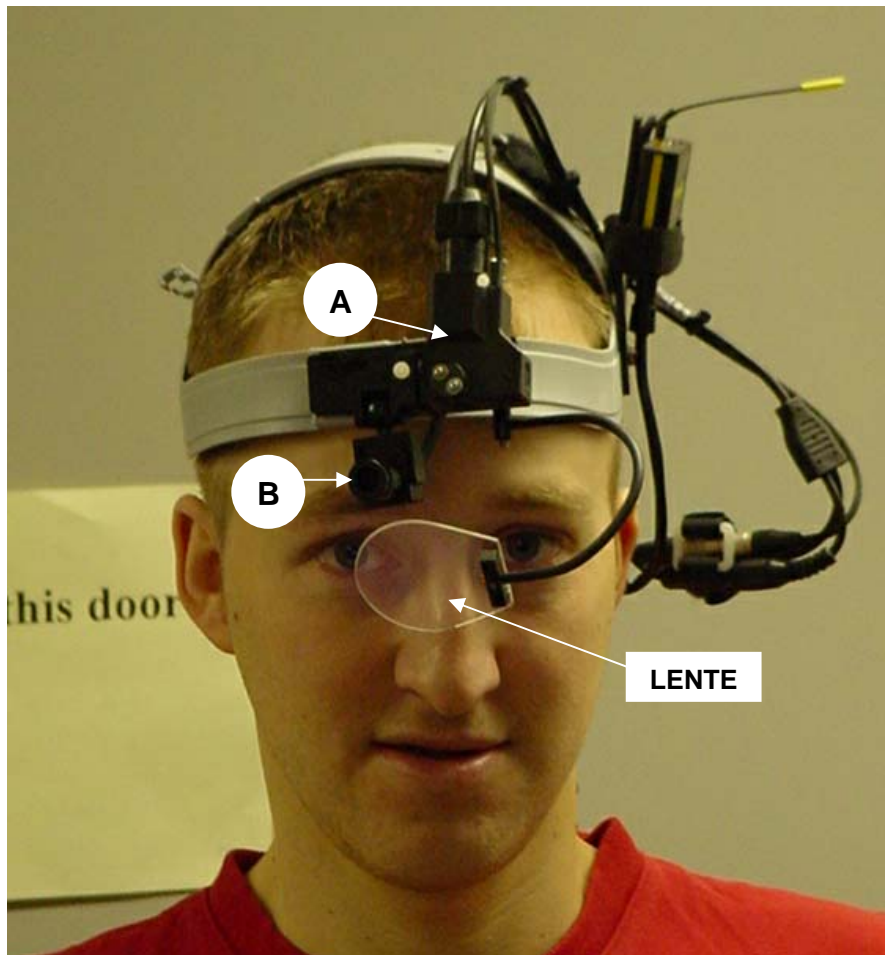
Estudios como el de Olivier (2000), ante la aplicación de preíndices de dirección, afirma que la elección de un preíndice falso disminuía significativamente el pico de velocidad gestual con respecto a la situación de no preíndices. Estos resultados nos hacen deducir que la dimensión de extensión o amplitud de movimiento queda fuera del estudio de decisiones preactivas que nosotros proponemos, debido a que su control reside en procesos posteriores a la decisión de la dirección de movimiento, ayudando a que la velocidad del gesto se adecue a las necesidades del mismo, pero no ofreciendo ningún índice que haga predecir su valor final.

Esta teoría estaría apoyada por los estudios revisados con anterioridad, en los que se afirmaba que ambas manifestaciones anticipatorias se correspondían con estructuras de control distintas y que hacían presagiar un enlace secuencial entre las mismas, apareciendo en primer lugar la anticipación de dirección de movimiento y posteriormente la anticipación correspondiente a la extensión del mismo. Esto explicaría la no existencia de diferencias entre la situación de preíndices erróneos y de no preíndices, mostrando que la adecuación a la respuesta de amplitud se

produce después del inicio de la misma, pudiendo ser modificada en el transcurso de la respuesta.

Por otro lado, cuando intentamos determinar si existen preíndices de movimiento que nos permitan adelantarnos a la acción de nuestro oponente, o sencillamente, queremos asegurarnos de que el deportista está centrando su visión en el punto de la escena que le hemos indicado por adelantado (preíndice) se suele utilizar la Técnica de Seguimiento de la Mirada. Esta técnica pertenece a una popular de investigación que actualmente se está desarrollando en numerosas investigaciones (Liebermann, Katz, Hughes, Bartlett, McClements, & Franks, 2002). Esta técnica basa su funcionamiento en la determinación de los movimientos oculares partiendo de la detección de dos puntos en el ojo: el centro de la pupila y el punto de mayor reflexión de luz sobre la cornea. Estos dos puntos determinan un vector que simularía el punto de focalización de la visión foveal, que será sincronizada con la imagen que el sujeto experimental está visualizando en cada momento temporal (Reina et al., 2003a). El desarrollo de esta técnica lleva asociado el empleo de un instrumental específico denominado EYE TRACKING SYSTEM, basado en un casco que integra 2 cámaras (ver figura 7), una vertical que apoyándose en una lente manipulable permite obtener el registro del vector dirección de la visión foveal (A), y otra frontal que registra lo percibido en cada momento por el deportista (B).

La mayoría de los trabajos que utilizan este instrumento tecnológico, comparan sujetos experimentados con otros menos experimentados (Ripoll, 1991; Williams et al., 1993; Williams & Davids, 1998; Savelsbergh et al., 2002; Ávila & Moreno, 2003; Reina et al., 2003a; Reina, 2004) .En la mayoría de ellos se obtiene que el jugador experto reacciona antes y se anticipa mejor debido a que durante la acción, comparado con los jugadores menos experimentados, realiza un número menor de fijaciones en el balón o el oponente.



**Figura 7: Eye Tracking System. (A) Cámara vertical; (B) cámara frontal**

La anticipación como capacidad de predecir comportamientos futuros, relativos a la percepción de trayectorias, así como la sincronización con el movimiento de uno o varios miembros corporales para considerarlo en un momento temporal (Oña et al., 1999), es definida por algunos autores como asociaciones bidireccionales entre patrones motores y representaciones de eventos en movimiento (Elsner & Hommel, 2001) que el sujeto adquiere primeramente de manera casual y que luego aplica intencionadamente para controlar la acción final. Esto es lo que se conoce como aprendizaje implícito, en el cual el sujeto aprende por la simple exposición a situaciones de estimulación apropiada sin que tenga que existir una intervención explícita por parte del entrenador-profesor. ¿Debemos considerar a la anticipación y la utilización de preíndices de movimiento como un proceso que se adquiera de forma implícita?.

### 1.3.4 EL APRENDIZAJE IMPLÍCITO EN LA ANTICIPACION Y PERCEPCIÓN DE PREINDICES.

Hechos como el que un determinado tipo de habilidad se puede adquirir de forma casual sin un aprendizaje aparente, o como comentábamos en apartados anteriores, la existencia de sistemas de procesamiento de la información rápidos que hacen entrever procesos difícilmente controlable mediante mecanismos conscientes por parte individuo, ha dado pie a los investigadores en ciencias de la actividad física y del deporte a plantearse si existe la posibilidad de aprender habilidades deportivas de forma no consciente. Tanto es así que algunos autores no solo se conforman con decir que sí se puede aprender de forma no consciente, sino que además afirman que los procesamiento de información rápida emergen desde un análisis no consciente de la situación (Lamme, 2003).

Autores como Seger (1994) llegan a determinar la existencia de dos vías de procesamiento, la consciente y la inconsciente, que pueden actuar independientemente o hacerlo relacionándose y complementándose o sustituyendo una a otra con el aprendizaje. Este procesamiento inconsciente hace referencia a lo que llamamos *Aprendizaje Implícito*, el cual, en relación con el ámbito motor se caracteriza por ser un proceso no consciente y relacionado con aspectos abstractos de la tarea (Wulf & Schmidt 1997).

Seger (1994) matiza esta caracterización del aprendizaje implícito indicando que: (a) El conocimiento obtenido no es accesible a la conciencia completamente, los sujetos no pueden relatar verbalmente de forma completa lo que han aprendido, (b) Sólo incluye tareas complejas, de difícil acceso a la cognición consciente (c) Produce conocimiento abstracto, genérico y no de detalles concretos, se relaciona con la memoria abstracta. Esas características se pueden completar con las que apunta Reber (1992): (a) es un proceso evolutivamente más temprano, y robusto que el explícito, (b) Aguanta mejor las alteraciones cognitivas como la amnesia, (c) Muestra menos diferencias individuales.

Aunque en relación directa con el control y aprendizaje motor, existen relativamente pocos estudios en comparación con el aprendizaje explícito, destacan los de McLeod & Dienes (1993) sobre conductas de intercepción en críquet, los de

Green & Flowers, (1991) sobre procesos complejos de cálculo de trayectorias y otros aplicados sobre tareas de seguimiento (tracking) en un rotor de persecución (Pew, 1974; Magill, 1991, Magill & Hall, 1989, Magill, Schoenfelder-Zohdi & Hall, 1990; citados por Wulf & Schmidt, 1997).

Esta dualidad explícito-implícito ha generado, en la actualidad, uno de los grandes campos de debate en el área del aprendizaje y optimización de habilidades motoras, basado en la estructura que debe tener la práctica para conseguir de ella un aprendizaje eficaz (Lee, Chamberling & Hodges, 2001). Actualmente los científicos abogan por la necesidad utilizar técnicas que nos permitan una mayor efectividad que las meras instrucciones explícitas, sobre todo en condiciones de incertidumbre y tensión (Hardy, Mullen, & Jones, 1996; Masters, 1992; Maxwell, Masters & Eves, 2000). Afirmaciones como la evidencia de que se pueden adquirir habilidades bajo un control inconsciente de su proceso de aprendizaje (Masters, 1992; Maxwell, et al., 2000), han propiciado que diversos investigadores hayan desarrollado estudios en los que se compara el progreso, aprendizaje y eficacia de una habilidad concreta, mediante el sometimiento a procesos de aprendizaje basados en la aportación de información explícita y la aplicación de una técnica implícita de aprendizaje.

Con respecto a nuestro objeto de estudio, Williams et al., (2002), analizaron el efecto que producía la forma de transmitir la información relevante referente a los preíndices de movimiento a percibir por el sujeto y actuar en consecuencia. Estos autores analizaron básicamente dos tipos de transmisión de información, y su transferencia desde la prueba de laboratorio a la de campo (situación real):

**Instrucciones Explícitas:** Basados principalmente en una transmisión prescriptiva de instrucciones sobre los aspectos esenciales a tener en cuenta para tener éxito en la habilidad a realizar y anticipar correctamente la ejecución del adversario. Estas instrucciones estaban basadas en aspectos biomecánicos del gesto deportivo a observar y sus consecuentes determinantes.

**Descubrimiento Guiado (Instrucciones Implícitas):** Basado en la información de la zona donde tiene que centrar la atención y modulación de su adquisición de conocimientos a través de preguntas sobre las diferencias que percibían entre las ejecuciones

En este estudio, tras el análisis de las variables de tiempo de decisión y de la eficacia de la respuesta, no encontraron diferencias significativas entre estos dos métodos de transmitir la información, estableciéndose los siguientes valores medios para la variable de tiempo de decisión:

- 120 ms + 0.60 (Prueba de laboratorio)
- 200 ms + 2,8 (Prueba de campo)

Aunque si se encontraron resultados significativos entre estos métodos con respecto a grupos placebo y de control. Esto les hace concluir, a priori, que ambos métodos son eficientes para el entrenamiento- enseñanza de la detección de preíndices de movimiento, pero que debemos adaptar su metodología de enseñanza en función de la situación en la que se tenga que desenvolver el deportista durante el juego real. Así algunos autores afirman que para el análisis de situación de gran incertidumbre y entornos multiestimulantes, que requieran del deportista flexibilidad y adaptación perceptiva, se debe emplear una metodología de descubrimiento guiado (Masters, 1992, Maxwell et. al. 2000, Savelsbergh & Van der Kamp, 2000).

Sin embargo, podemos encontrar resultados contradictorios en la bibliografía revisada. Farrow y Abernethy (2002) en un estudio similar aplicado a la anticipación del saque en tenis, obtienen resultados satisfactorios mediante el empleo de técnicas de aprendizaje implícito, no encontrando diferencias significativas en los grupos a los que se le aportó información explícita, grupos placebo y de control. Por otro lado en estudios similares a los anteriores aplicados a porteros de fútbol durante un lanzamiento de penalti obtienen resultados totalmente contrarios a los obtenidos en el estudio anterior, determinando que el único grupo que consigue mejorar, de forma significativa, su eficacia anticipatoria es el correspondiente a un aprendizaje explícito de los preíndices a percibir ( Poulter y Jackson, 2003).

Parece ser que en la literatura científica aun no se ha determinado la prevalecía de lo explícito sobre lo implícito, o viceversa, por lo que quizás sean razonables adoptar posturas intermedias al respecto. Podemos, por tanto, presuponer que la técnica de percepción de preíndices de movimiento necesite de un aprendizaje mixto explícito-implícito, en el que la clave del éxito radique en la especificidad de la situación de aprendizaje que apliquemos en el entrenamiento deportivo. En la mayoría de las situaciones deportivas existe una oposición entre la atención a áreas de información relevantes con la atención a preíndices específicos

(Magill, 1998). Esta oposición puede hacer que un método implícito de aprendizaje, basado en la resolución de problemas y en el descubrimiento guiado, sea poco eficiente sin la aportación de información explícita que aminore el tiempo de aprendizaje y que enriquezca la información recibida por el sujeto.

Quizás uno de los principales problemas de la determinación de un aprendizaje implícito o no consciente radica es que una situación de actividad cognitiva no-consciente se evalúa mediante entrevista-informe verbal, y se caracteriza no solo porque los sujetos *no saben como hacen la tarea* sino que no tienen idea de *cómo aprendieron a procesar esa información*, al mismo tiempo no debe haber duda de que en algún momento lo aprendieron (Lewicki, Hill & Czyzewska, 1992). Casi todos los estudios revisados han utilizado cuestionarios y entrevistas que tratan de registrar aquellos procedimientos adquiridos por el sujeto durante el programa de intervención, sin que se pueda asegurar de que toda la información adquirida de forma consciente por parte del sujeto sea transmitida a través de estos informes. No es nuestro objetivo el generar dicho instrumento de valoración, pero si es nuestro objetivo, tratar de determinar en la medida de nuestras posibilidades si el aprendizaje y optimización de la tarea adquirido por nuestros sujetos ha sido de forma consciente o simplemente se ha generado de forma no consciente mediante la exposición repetida a nuestro sistema de entrenamiento.

### 1.3.5 A MODO DE CONCLUSIÓN PRELIMINAR SOBRE ANTICIPACION Y PREINDICES DE MOVIMIENTO EN EL DEPORTE.

El control y aprendizaje motor en la búsqueda de rendimiento deportivo queda determinado por la toma de decisiones. La toma de decisiones, entendida como la capacidad cognitiva de optar por la mejor acción de juego en un momento y situación concreta, es un factor determinante del rendimiento deportivo y su predicción una de las herramientas más valiosas para afrontar con éxito la practica deportiva.

La predicción del comportamiento constituye un fenómeno muy común en el ámbito de la actividad física y el deporte, y se denomina *anticipación*. En la anticipación espacio-temporal el sujeto predice la localización futura del estímulo y su clase en función de una serie de índices, que cuando están referidos a movimientos corporales son denominados preíndices de movimiento. Estos



preíndices de movimiento nos permiten procesar la información del entorno con una mayor rapidez, convirtiendo al tiempo de procesamiento de la información, que requiere el sistema comportamental humano, en un factor clave para el control, aprendizaje y entrenamiento de cualquier habilidad deportiva anticipatoria. Pero para ello hace falta que conozcamos qué índices relevantes de los ejecutantes, y en qué momento, establecen la relación entre la información perceptiva y la respuesta o acción que lleva implícita. Ello nos permitiría: a) enseñar a aprender la información entre índices visuales avanzados (preíndices) y el resultado que conllevan, y b) proporcionar al sujeto la información cinemática esencial de la tarea que contempla (Abernethy, 1996).

En el estudio de la utilización de preíndices de movimiento como medio de optimizar los procesos anticipatorios en diversas habilidades deportivas emerge la técnica de *preíndices (precuing technique)*, como la que más nos acerca a una situación real de juego, la que consigue un mayor grado de especificidad, y por tanto la que nos permite un mejor control de variables estudiadas.

Debemos tener cuidado a la hora de aplicar esta técnica con una serie de factores:

- a) Por un lado, evitar la posible mala interpretación de los preíndices aportados, que generen preíndices falsos, ya que si la percepción del entorno no se hace de forma eficiente o correcta, será difícil el tomar decisiones acertadas (McMorris, 1999).
- b) Prever que los preíndices detectados puedan ser percibidos por el deportista. Se suele utilizar para ello la Técnica de Seguimiento de la Mirada.
- c) Que la información explícita que se le aporte vaya referida a una sola dimensión (dirección o extensión del movimiento a realizar) y a ser posible que esta información tenga una compatibilidad alta con la dirección de la respuesta, ya que existen evidencias claras de que cuando la compatibilidad entre la orientación de la atención y la

dirección de la respuesta motora es alta, se produce un descenso en los tiempos de respuesta (Nougier y Rossi, 1999).

La actividad cognitiva no-consciente trata con información más compleja, es mucho más rápida de procesamiento y más eficaz, condiciones que explicarían el procesamiento de la información por canales inconsciente ya que el procesamiento consciente no podría abordar una información tan rápida y compleja (Lewicki et al, 1992). Esta actividad no consciente esta en consonancia con la hipótesis de las dos vías de procesamiento, las teorías de las dos vías visuales, las dos vías atencionales y los dos tipos aprendizaje explícito e implícito, siendo este último el referente de la misma. Ante la diversidad de resultados en investigaciones referentes a la aplicación de un tratamiento explícito o implícito en la predicción del comportamiento, creemos conveniente que en todo estudio de valoración se tenga en cuenta ambos tratamientos con el fin de que esta disyuntiva se esclarezca.

Todo lo reseñado en esta capítulo nos explicaría por que la mayoría de los trabajos sobre anticipación y control de la acción voluntaria e involuntaria (Brady, 1996; Lidor et al., 1998; Farrow, 2001; Elsner & Hommel, 2001) analicen la capacidad de anticipación en jugadores de deportes de habilidades abiertas, ya que comparado con jugadores de deportes de habilidades cerradas, los primeros suelen ser más rápidos y precisos frente a tareas de objetos en movimiento (Brady, 1996) debido a que esa capacidad de anticipación podría ser el resultado de la transferencia de experiencias previas (Schmidt, 1988) características de las habilidades abiertas y menos frecuente en habilidades cerradas. Pero, ¿qué es una habilidad abierta y cuales son susceptibles de ser analizadas bajo los parámetros anticipatorios y predictivos anteriormente descritos?.

#### **1.4 LAS HABILIDADES ABIERTAS EN LOS DEPORTES DE EQUIPO.**

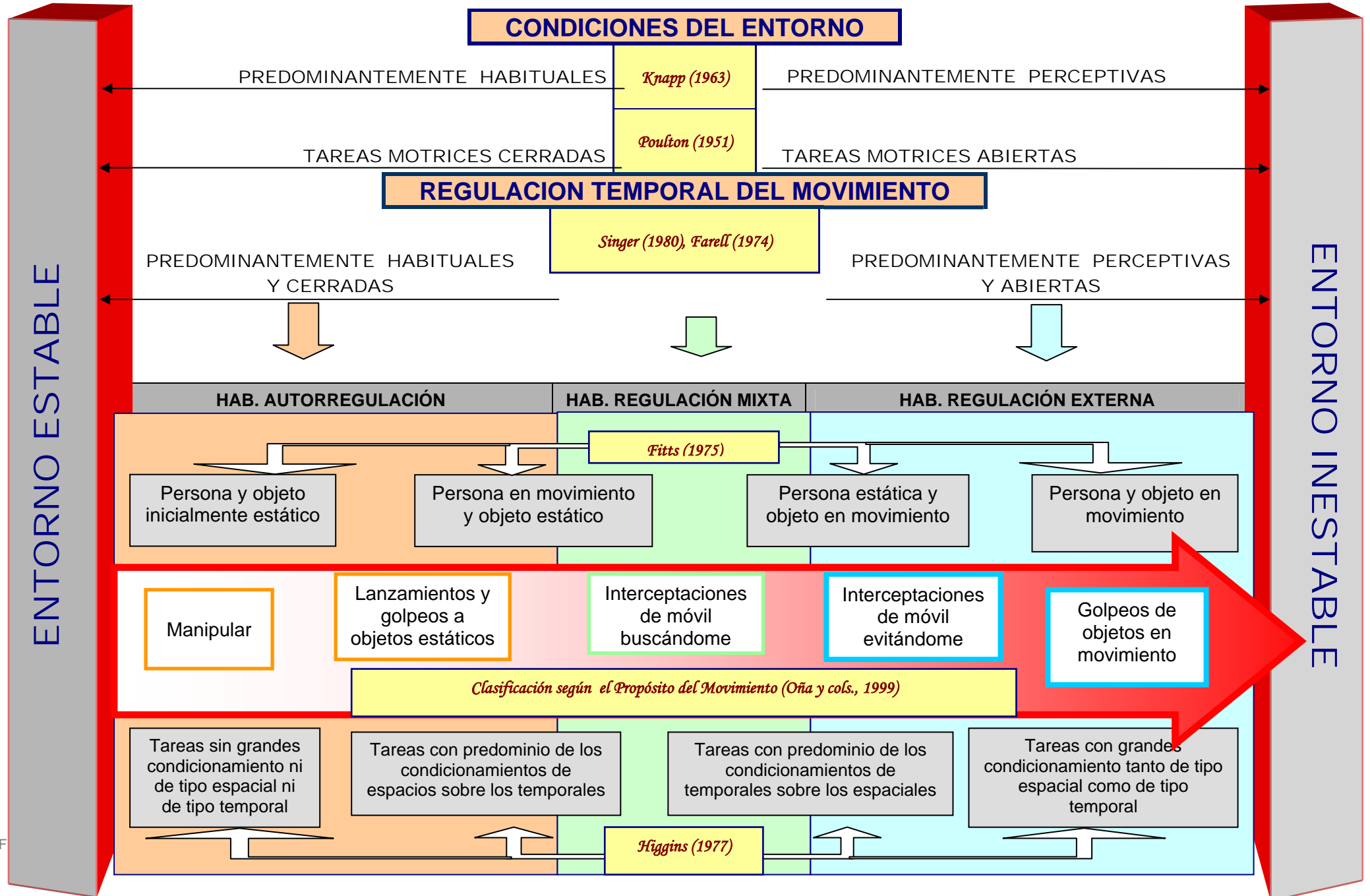
Siguiendo a Oña et al. (1999), el concepto de habilidad motriz posee definiciones diferentes según su valoración como: capacidad de producir una respuesta establecida de antemano o como las aptitudes requeridas, aprendibles, realizables y modificables. Basándose en esta segunda acepción Durand (Citado por Oña et. al., 1999) define habilidad motriz como: Competencia adquirida por un sujeto para realizar una tarea concreta. Se trata de la capacidad para resolver un

problema motor específico, para elaborar y dar una respuesta eficiente y económica, con la finalidad de alcanzar un objetivo preciso. Es el resultado de un aprendizaje, a menudo largo, que depende el conjunto de recursos de que dispone el individuo, es decir, de sus capacidades para transformar su repertorio de respuestas.

Bajo el enfoque de la teoría del procesamiento de la información, las habilidades y tareas motrices son clasificadas y analizadas en términos de sus exigencias perceptivas, de toma de decisión y de ejecución y control del movimiento (Oña et al. 1999). En la figura 8 podemos observar un resumen de las aportaciones que los diferentes sistemas clasificatorios han destacado en cuanto a las exigencias perceptivas.

El concepto de habilidad abierta fue propuesto por Poulton (1957), para designar a las tareas motrices para cuya realización es esencialmente necesario el circuito de “feedback” externo o periférico, es decir, en esta tipología de habilidades el deportista debe actuar de acuerdo a las acciones del objeto o de las características del entorno (Magill, 1993). Se puede decir que las habilidades motoras abiertas son aquellas que varían continuamente a lo largo del juego, siendo menos estables, donde la capacidad de adaptación del movimiento a las demandas situaciones del juego un papel primordial (Oña et al., 1999). Es lo que ocurre con la trayectoria de la pelota en un partido de tenis, en el pase durante un encuentro de baloncesto o en el tiro a portería durante un partido de fútbol. En los deportes abiertos es, sobre todo, donde la complejidad estimular y su aprendizaje tienen un papel muy significativo. En este sentido, Ruiz (1994) señala que la noción de “abierto”, en relación a aspectos espacio temporales de las habilidades motrices, indica incertidumbre, variabilidad y cambio; características del juego que exigen operaciones cognitivas a los deportistas (Iglesias et al., 2002). Las habilidades motrices abiertas tienen una mayor carga de procesamiento dada la complejidad del análisis de la información (Yazdy-Ugav, 1988). De alguna manera aprender a jugar en estos deportes implica reducir la incertidumbre que supone la masa de estímulos a la que está expuesta el jugador: posiciones de los compañeros y de los contrarios, trayectoria y posición de la pelota, posición de la canasta o portería, etc. En todo este complejo estimular se están emitiendo constantemente preíndices de movimiento.

**CLASIFICACION DE LAS HABILIDADES Y TAREAS EN LOS DEPORTES DE PELOTA BASADAS EN LA TEORIA DEL PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN: SEGÚN SUS EXIGENCIAS PERCEPTIVAS**



Sí analizamos los requisitos necesarios para valorar este tipo de habilidades abiertas, vemos como el atleta tiene que hacer predicciones temporales y espaciales para la ejecución cuidadosa de la tarea (Brady, 1996). Así algunos trabajos han sugerido que la capacidad de predecir la acción, o la anticipación, es un importante proceso que está detrás del rendimiento de las habilidades abiertas (Brady, 1996). Tanto es así que emerge la habilidad de anticipar futuros eventos como parte integral del rendimiento (Williams, 2000). Si mediante la aplicación de un entrenamiento podemos conseguir que el jugador los detecte y sepa interpretarlos, podríamos reducir considerablemente nuestros errores de elección y ejecución (Oliver, Ripoll & Audiffren, 1997). En una situación deportiva abierta, las conductas externas (movimientos del contrario o del balón) pueden convertirse en preíndices para el sujeto. Podemos, por tanto, aplicar todos los principios reseñados para la anticipación espacio-temporal, como elementos a tener en cuenta en el entrenamiento.

Partiendo de la base de que los procesos psicológicos cognitivos implicados en una conducta motora, son habilidades medibles y modificables con el entrenamiento (Oña et al., 1999), las regularidades en la estructura óptica del entorno, puede servir como una vía potente de coordinación y control de las acciones deportivas (Radlo, Janelle, Barba & Frehlich, 2001; Anson Hylann, Koetter & Wickens, 2000; Lee, Young, Reddish, Loughs & Clayton, 1983) que nos lleven a la consecución de un mayor rendimiento deportivo. Pero, ¿Qué acciones deportivas son susceptibles de ser estudiadas, en cuanto a su regularidad, con la seguridad de que su optimización, a nivel de procesos psicológicos cognitivos, va a mejorar el rendimiento en esa disciplina deportiva?

Si analizamos los deportes colectivos en general, todos están sujetos a acontecimientos reglamentarios que determinan situaciones específicas y delimitadas, donde el jugador que se ve beneficiado debe poseer ventaja sobre el sancionado. El caso más claro es la sanción con tiro libre en baloncesto, donde se puede decir, que dentro del continuum abierto-cerrado, esta habilidad posee más componentes cerrados que abiertos, ya que no hay incertidumbre en el medio, debido a que la canasta nunca se va a mover de su situación espacial, pero si puede haber cierta incertidumbre psicológica que afecte a su ejecución. Pero si analizamos otros deportes como el balonmano, esta situación pasa a tener más componentes

abiertos, donde el grado de incertidumbre es altísimo por la existencia de un oponente directo que trata de impedir que nuestra ejecución sea efectiva. Si a esto le unimos que la ejecución ha de ser mediante un golpeo de balón con el pie (Penalti en fútbol), donde el tiempo de reacción visual (Montes-Mico, Bueno & Candel, 2000) y la precisión es menor que en las ejecuciones con la mano, la incertidumbre y complejidad aumenta, así como la probabilidad de fallar.

Parece ser que la habilidad motora abierta del lanzamiento de penalti en fútbol, es susceptible de ser estudiada desde los parámetros de anticipación espacio temporal y de predicción de eventos. Realicemos un análisis más exhaustivo de dicha habilidad y de los estudios que ha generado.

#### 1.4.1 EL LANZAMIENTO DE PENALTI: CONDICIONES REGLAMENTARIAS.

Esta situación viene recogida explícitamente en la regla 14, El Tiro de penal, del reglamento de fútbol oficial publicado por la Internacional Football Association Board (2002), en la cual se dice que:

Se concederá un tiro penal contra el equipo que comete una de las diez faltas que entrañan un tiro libre directo, dentro de su propia área penal mientras el balón está en juego. Estas diez faltas vienen recogidas por la regla 12, faltas y conductas antideportivas (ver tabla 3).

**Tabla 3: Faltas y conductas antideportivas recogidas por la Internacional Football Association Board (2002)**

1. Dar o intentar dar una patada a un adversario.
2. Poner o intentar poner una zancadilla a un adversario.
3. Saltar sobre un adversario.
4. Cargar contra un adversario.
5. Golpear o intentar golpear a un adversario.
6. Empujar a un adversario.
7. Dar una patada al adversario antes de tocar el balón.
8. Sujetar a un adversario.
9. Escupir a un adversario.
10. Tocar el balón con las manos deliberadamente (se exceptúa al guardameta dentro de su propia área penal).

No creemos conveniente plasmar en esta tesis toda la reglamentación existente acerca de esta situación, pero si creemos necesario la exposición de algunos aspectos que pueden determinar la dinámica de ejecución de dicha habilidad. Estos aspectos son sacados del reglamento oficial publicado por la Internacional Football Association Board (2002), al cual añadiremos algún comentario propio como medio de clarificar la regla especificada. Las reglas a reseñar se pueden resumir en las siguientes:

- a) **Se podrá marcar un gol directamente de un tiro penal.** Lo cual nos indica que es una acción altamente influyente en el rendimiento de este deporte.
- b) **El balón se colocara en el punto de penal.** Implica que el balón será siempre golpeado desde una distancia de 11 metros entre el punto de penal y la línea de gol.
- c) **El guardameta defensor: Deberá permanecer sobre su propia línea de meta, frente al ejecutor del tiro, y entre los postes de la meta hasta que el balón esté en juego.** Lo que no implica que no se pueda mover hacia derecha e izquierda sobre dicha línea.
- d) **Los jugadores, excepto el ejecutor del tiro, estarán ubicados: En el terreno de juego, fuera del área penal, detrás del punto penal y a un mínimo de 9,15 m del punto penal.** Esta regla implica que el único adversario entre el jugador lanzador y la portería es el portero.
- e) **Procedimiento: El ejecutor del tiro penal pateará el balón hacia delante, no podrá volver a jugar el balón hasta que el esférico no haya tocado a otro Jugador y el balón estará en juego en el momento en que es pateado y se pone en movimiento.**

Además de la reglamentación específica aportada sobre el lanzamiento de penalti, creemos conveniente complementar este apartado con la reglamentación correspondiente al entorno en el que se produce. Para ello destacamos las siguientes consideraciones recogidas en la Internacional Football Association Board (2002):

## REGLA 1: EL TERRENO DE JUEGO

### **El área penal**

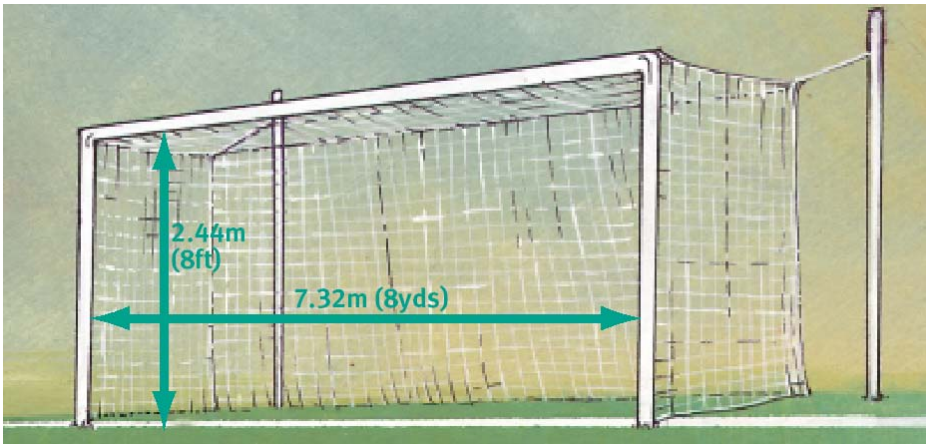
El área penal, situada en ambos extremos del terreno de juego, se demarcará de la siguiente manera: Se trazarán dos líneas perpendiculares a la línea de meta, a 16,5 m de la parte interior de cada poste de meta. Dichas líneas se adentrarán 16,5 m en el terreno de juego y se unirán con una línea paralela a la línea de meta. El área delimitada por dichas líneas y la línea de meta será el área penal.

En cada área penal se marcará un punto penal a 11 m de distancia del punto medio de la línea entre los postes y equidistante a éstos. Al exterior de cada área penal se trazará, asimismo, un semicírculo con un radio de 9,15 m desde el punto penal.

### **Las metas**

Las metas se colocarán en el centro de cada línea de meta. Consistirán en dos postes verticales, equidistantes de los banderines de esquina y unidos en la parte superior por una barra horizontal (travesaño). La distancia entre los postes será de 7,32 m y la distancia del borde inferior del travesaño al suelo será de 2,44 m. (ver figura 9). Los postes y el travesaño tendrán la misma anchura y espesor, como máximo 12 cm. Las líneas de meta tendrán las mismas dimensiones que los postes y el travesaño. Se podrán colgar redes enganchadas en las metas y el suelo detrás de la meta, con la condición de que estén sujetas en forma conveniente y no estorben al guardameta. Los postes y los travesaños deberán ser de color blanco.





**Figura 9: Dimensiones de la meta Internacional Football Association Board (2002)**

Una vez analizados los condicionantes reglamentarios pasaremos a profundizar en los estudios realizados sobre esta habilidad, tratando de determinar nuestro problema de de estudio.

#### 1.4.2 EL LANZAMIENTO DE PENALTI COMO HABILIDAD MOTORA

El lanzamiento de penalti, desde el punto de vista del lanzador, puede identificarse dentro de los patrones generales de lanzamientos y golpes propuestos por Kreighbaum y Barthel (1981), cuyo objetivo es proyectar un objeto (balón) hasta un punto determinado (precisión), intentando evitar la acción del portero en su interceptación (velocidad), como hemos visto con anterioridad. Siguiendo la clasificación en cuanto a exigencias perceptivas, propuesta anteriormente (ver figura 8), bajo el modelo de procesamiento de la información, el lanzamiento de penalti quedaría encuadrado dentro de las habilidades motoras predominantemente perceptivas y abiertas de regulación mixta. Probablemente, si intentáramos hacer un análisis pormenorizado de la situación, esta nos obligaría a observarla desde dos puntos de vista principalmente.

En primer lugar desde el punto de vista del análisis de la acción del portero. Esta acción eminentemente perceptiva, tiene una regulación mixta. Siguiendo la clasificación propuesta por Oña et al. (1999), la acción del portero constituiría una habilidad de interceptación de un móvil que trata de evitarle, en la que se aúnan una regulación externa correspondiente a los parámetros perceptivos espaciales (dirección y altura del balón) y temporales (velocidad del balón) y una regulación

interna o autorregulación temporal, correspondiente a la ejecución de la habilidad, en cuanto al tiempo que necesito para interceptar el balón. En segundo lugar, desde el punto de vista del análisis de la acción del jugador, esta habilidad puede tender hacia la autorregulación desde el punto de vista perceptivo, debido a que se podría encuadrar dentro de las habilidades del golpeo de objetos estáticos ( definidos por Oña et al., 1999).

Sin embargo, nuestro planteamiento parte de un análisis global de la situación, en el que la acción del jugador queda determinada por la del portero y viceversa, pudiendo adquirir diferentes niveles de complejidad en función de la acción del contrario. Como comprobaremos a continuación, nuestra tesis parte de la idea de que es el jugador el que tiene que decidir en función de la acción del portero y no al contrario. Partiendo de esta idea y a modo de ejemplo, el lanzamiento del jugador puede ser considerado como una habilidad con tendencia a la autorregulación si el portero permaneciera estático en el centro de su portería durante el lanzamiento (Golpeo de objeto estático, sin grandes condicionamientos ni de tipo espacial ni temporal). Así mismo adquiriría un grado de regulación mixta si el portero, aun estando en el centro de la portería, moviera los brazos en forma de aspas reduciendo el espacio disponible para introducir el balón (Golpeo de objeto estático, con predominio de condicionamientos espaciales sobre los temporales). Y alcanza su máxima complejidad con tendencia a la regulación externa, en los lanzamientos en los que el portero exhibe libertad de movimientos (Golpeo de objeto estático, con grandes condicionamientos de tipo espacial y temporal).

#### 1.4.3 ESTUDIOS SOBRE EL LANZAMIENTO DE PENALTI

Esta acción ha suscitado una atención especial, a tenor de las investigaciones que ha generado. La problemática más abordada por los investigadores es la que hace referencia a las variables de eficacia del portero, analizando posibles preíndices, o índices de anticipación, generados por el jugador a la hora de lanzar el penalti (McMorris Copeman, Corcoran, Saunders & Potter, 1993; McMorris & Colenso, 1996; Fradua, Raya & Pino, 1994; Williams & Burwartz, 1993, Savelsbergh et al., 2002; James & Hollely, 2002; Williams & Griffiths, 2002).

La mayoría de estas investigaciones se fundamentan en que tratar de anticipar la dirección del balón en el lanzamiento de penalti puede ser una estrategia exitosa para interceptar el balón (Mc Morris et al, 1993). Algunos autores (Savelsbergh y Van der Kamp 2000), afirman que la percepción de una situación es el inicio de nuestra respuesta motora, lo que nos llevaría a suponer que, si el portero experto percibe la acción del lanzador con antelación a que se produzca, su acción motora también debe iniciarse con antelación al golpeo del balón, para conseguir máxima eficacia en su movimiento. En un estudio realizado por Williams & Burwitz (1993) determinaron una tasa de éxito del 74,3% en la elección del lado hacia el que iba a ser lanzado el balón en un penalti.

Williams (2000) estudió los preíndices determinantes en la elección del lado de lanzamiento por parte del portero. En este estudio se concluye que el portero puede anticipar el lado de lanzamiento del penalti antes de que el jugador golpee la pelota, y la altura del mismo durante la fase de vuelo. Savelsbergh et al., (2002), analizaron la capacidad de porteros de fútbol, noveles y expertos, para predecir el lado de lanzamiento del balón, en una situación de penalti, mediante el análisis de los preíndices mostrados por el lanzador antes, durante y después del golpeo. Utilizaron la metodología de oclusión visual sobre filmaciones editadas. Estos autores concluyen en su estudio que la diferencia entre porteros expertos y porteros noveles radica en que los porteros expertos conseguían mejores resultados en predicciones previas al golpeo. En este mismo estudio, Savelsbergh et al., (2002), determinaron que los porteros expertos comienzan su movimiento 300 milisegundos, de media, antes de que el jugador golpee la pelota, muy por debajo de los 500 ms. de media en portero noveles. Esto podría parecer una cuestión de azar, en cuanto a la elección del lado al que me lanzo, puesto que acciones que no duran más de 600 ms, 300ms puede parecer una eternidad de tiempo dispuesta para que el lanzador dirija su lanzamiento en la dirección correcta. Sin embargo estudios de McMorris et al., (1993) muestran como no existen diferencias entre la información detectada por el portero congelando la imagen aproximadamente 120 ms. antes del golpeo y en el momento el jugador golpea la pelota, aunque también existen estudios que afirman un descenso del rendimiento con una oclusión temporal de la visión 200 ms antes del que el jugador golpee la pelota. Teniendo en cuenta que el reglamento federativo, descrito con anterioridad, permite iniciar el movimiento antes del golpeo y que la información ofrecida en ese margen de tiempo es redundante, es preferible que el

portero inicie su movimiento previamente al golpeo consiguiendo más tiempo para realizar su desplazamiento hacia el lado elegido.

Las investigaciones a este respecto (McMorris y Colenso, 1996) han llegado a determinar cuales son los preíndices tenidos en cuenta por los porteros a la hora de anticipar el lugar de lanzamiento. Para ello diseñaron un estudio donde analizaron los preíndices mostrados por jugadores diestros y zurdos. Estos autores concluyeron que los porteros predicen con mayor exactitud los lanzamientos de diestros que de zurdos y que los preíndices de lugar de lanzamiento del jugador, independientemente si era diestro o zurdo se localizaban en tres áreas: el ángulo de carrera, la posición de la pierna de golpeo y la posición de la cadera en el golpeo.

Sin embargo, a pesar de la importancia que se le ha dado a esta habilidad desde los distintos ámbitos de la investigación, encontramos pocos estudios relacionados con el lanzador y sus factores de eficacia (Castillo et al., 2002). Podríamos decir que en el lanzamiento de penalti en fútbol entran en juego dos variables fundamentales para el éxito de la ejecución: Precisión y Velocidad. Pero, ¿Son estas variables analizables en un patrón de movimiento tan aparentemente consolidado como este?

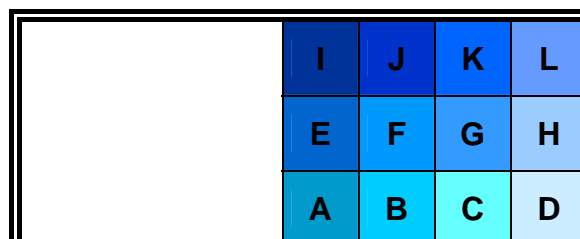
Lees & Nolan, (2002), realizan un análisis en tres dimensiones sobre el paradigma velocidad-precisión en la situación de lanzamiento de penalti en fútbol. Para ello utiliza a jugadores profesionales de fútbol, solicitándoles que lancen hacia 5 objetivos distintos haciendo hincapié en la velocidad del balón por un lado y en la precisión del lanzamiento por otro. Estos autores analizan hasta 8 variables que determinan tanto la velocidad como la precisión del lanzamiento, concluyendo que los jugadores profesionales de fútbol poseen una alta precisión en la proyección de golpes a grandes velocidades y que además el jugador necesita una puesta a punto en el control del golpeo para optimizar su rendimiento.

Como comentábamos anteriormente partimos de que hay una mayor influencia de los movimientos del portero sobre el jugador lanzador que viceversa. En la argumentación de esta hipótesis debemos de reseñar que el penalti es lanzado con una velocidad que supera, normalmente, los 75 Km/h (Kuhn, 1988), ante lo cual el portero sólo dispondría aproximadamente de 400-600 ms

(milisegundos) para salvar la situación en la mayoría de los casos, si iniciase su acción inmediatamente después del contacto pie- balón. Estudios más actuales parecen no están en consonancia con estos resultados, así Savelsbergh et al. (2002) determinó que el tiempo de vuelo medio del balón es de 648ms con un velocidad media de  $16,8 \text{ m.s}^{-1}$  o lo que es lo mismo 60,48 Km/h. Diks y Kingman (2005) obtienen distintas velocidades en función de la carrera de aproximación en jugadores noveles, así se consigue la máxima velocidad cuando no se le propone ninguna modificación de su carrera de aproximación ( $22,30 \text{ m.s}^{-1}$ ), y se obtienen valores menores cuando: se le pide que alargue su ultimo paso antes del golpeo ( $21,90 \text{ m.s}^{-1}$ ), que aumente su velocidad de desplazamiento ( $21,31 \text{ m.s}^{-1}$ ), o se le modifica el ángulo de aproximación al balón ( $20,57 \text{ m.s}^{-1}$ ).

Teniendo en cuenta que el portero tiene que cubrir un espacio muy amplio de portería (7,32 x 2,44 metros), el tiempo disponible para realizar una acción eficaz es insuficiente, viéndose obligado a actuar previamente a la culminación de la acción del oponente o la apreciación de trayectoria del objeto (el balón en nuestro caso).

En este sentido, Graham-Smith, Lees y Richardson, (1999), realizaron un estudio para analizar la técnica y velocidad de movimiento de los porteros en la situación concreta del lanzamiento de penalti. Para ello dividieron en dos mitades el área total correspondiente al plano formado por la portería y la línea de gol, y dentro de esta mitad determinaron 12 zonas iguales (0,91 m. Horizontal y 0,81 m. Vertical) a las que existía la posibilidad de realizar un lanzamiento. Estas zonas quedaban distribuidas en cuatro columnas y tres filas, nombrándolas con letras desde la A a la L, de la siguiente forma (ver figura 10):



**Figura 10: Distribución de las zonas de interceptación (adaptado de Graham-Smith et. al., (1999))**

Estos autores concluyen que el movimiento más amplio que podría realizar un portero sería aquel necesario para interceptar el balón en la zona L (2, 90 m.), para el cual necesitaría un mínimo de 1,3 segundos o 1300 ms. El movimiento más corto realizado por el portero sería alcanzar la zona E (0,33 m.) para el cual necesitaría 0,61 segundos o 610 ms, con lo cual un portero que intente interceptar un balón, lanzado en los rangos de velocidad anteriormente señalados, después del golpeo del mismo, sería prácticamente imposible, viéndose obligado a intentar anticipar el lugar de lanzamiento.

Tras los hechos expuestos, el rendimiento del portero esta altamente condicionado por su capacidad para anticipar el lugar de lanzamiento antes de que el jugador golpee el balón, lo que apoyaría nuestra hipótesis, basada en el hecho de poder anticipar hacia que lado se va a desplazar el portero momentos antes de lanzar el penalti, durante su carrera de aproximación del jugador.

Morya, Ranvaud & Pinheiro, (2001) introduce una variable condicionante en la ejecución del lanzamiento de penalti por parte del jugador de fútbol. Esta no es otra que “el punto de no retorno”, es decir el instante después del cual no sería posible modificar nuestra toma de decisión con respecto al lado de proyección del balón. Existe cierta contradicción al respecto en la literatura científica, pues, si existen estudios basados en habilidades de corta duración, en los que se afirma que necesitaríamos 1000 ms. para inhibir una respuesta basada en la presión de una tecla (Osmand, Kornblum & Meyer, 1986,1990; Band & Van Boxtel, 1999), también existen estudios que indican que el grado de respuesta puede ser evitada en cualquier momento previo a su ejecución (Dejong, Coles, Logan & Granton, 1990; Mc Garry & Franks, 1996).

A este respecto Morya, Ranvaud & Machado, (2003), diseñó un estudio de laboratorio que permitiera determinar si existía este punto de no retorno en el lanzamiento de penalti en fútbol y en caso afirmativo a que distancia temporal se ubicaba del golpeo del balón en dicha situación. Sometía a 10 futbolistas de nivel universitario con más de 10 años de experiencia a 4 experimentos. Los dos primeros se correspondían con una situación de adaptación al sistema, y el tercero y cuarto requería del sujeto que respondiera eficazmente, accionando una palanca, ante una situación simulada de un lanzamiento de penalti, en la que el portero se podía mover

hacia la derecha o izquierda con periodos aleatorios antes del golpeo del balón. Estos periodos variaban desde 51 a 459 ms.. La diferencia entre el experimento tercero y cuarto radicaba que en este último se le pedía al jugador que determinara su lado de lanzamiento antes de comenzar la carrera de aproximación, teniendo que rectificar su acción en función del movimiento del portero. En el experimento tercero no se le indicaba que tuviera ningún lado de lanzamiento predeterminado. En ambas situaciones se obtuvieron porcentajes de acierto superiores al 75% en movimientos anticipatorios del portero por encima de los 240-245 ms., no existiendo diferencias entre ambas situaciones. Según estos autores aquí se situaría el punto de retorno para estos ejecutantes, pero indican que podríamos incrementar el rendimiento de los jugadores aleatorizando dichos movimientos anticipatorios entre 150 y 400 ms. debido a que por debajo de los 150 ms., se obtienen respuestas similares a ejecuciones en las que nos se observa los movimientos del portero y se focaliza la atención sólo en el balón.

Intentando analizar pormenorizadamente la situación del lanzamiento de penalti, algunos autores argumentan que los elementos coordinativos del golpeo se deberían ver modificados por la fatiga pero no sabrían cuantificar cuanto (Davids, 1988). Del mismo modo hay autores que argumentan, como negativa, la influencia que provoca la fatiga física sobre las habilidades visuales (Arteaga, Torres & Delgado, 2002; Quevedo y Solé, 1990), aunque existen pocas evidencias empíricas que demuestren esta hipótesis. Arteaga et al. (2002), mostraron como ningún sujeto empeoró significativamente su capacidad de reacción visual después de aplicar un esfuerzo físico intenso consistente en un test incremental máximo en cicloergómetro. Estos resultados coinciden con los obtenidos por otros investigadores (Bayly, Clark & Perrin, 1996) y apoyan la idea de que la capacidad visual sea una habilidad mejorable con ciertos niveles de actividad física, aumentando los niveles de activación para la mejora del rendimiento en tareas con exigencias visuales (McMoris & Keen, 1994; Arteaga et al., 2002).

Nuestros estudios (Castillo, Raya, Oña & Martínez, 2000), han podido demostrar como la capacidad de decisión del lugar de lanzamiento puede verse reducida hasta 300 milésimas de segundo, antes del contacto mediante el entrenamiento con un sistema automatizado de luces. Esto permite que el jugador pueda analizar los movimientos que realiza el portero hasta instantes previos al

golpeo del balón. Si fuéramos capaces de identificar regularidades en la presentación de estímulos que aporta el portero en su intento de anticipación de la trayectoria que llevará el balón, podremos predecir la aparición de la acción final subsistente del portero y lo que es más importante someter a entrenamiento a nuestros jugadores para la elección del lado correcto de lanzamiento del penalti.

Definida y delimitada la situación de estudio sólo nos quedaría abordar la importancia de del lanzamiento de penalti dentro del rendimiento deportivo del fútbol y su influencia en el resultado final. Para constatar esta incógnita realizaremos una revisión de los últimos estudios realizados al respecto, además de un estudio pormenorizado de la liga de fútbol profesional española en las tres últimas temporadas.

#### 1.4.4. EL LANZAMIENTO DE PENALTI COMO ACCION RELEVANTE EN EL RENDIMIENTO DEPORTIVO DEL FUTBOL

Estudios estadísticos realizados sobre esta acción, durante el periodo de juego (90 minutos de juego reglamentarios más prorrogas), nos aportan datos como que en el campeonato de liga español de primera división en las temporadas 1996/97, 1997/98, 1998/99, 2000/01, 2001/2002 , 2002/2003, 2003/2004, 2004/2005 y la actual 2005/2006 el porcentaje de goles de penalti se establece en un 6.45%, 8.91%, 8.77%, 7.22%, 10.09%, 9.73%, 9.6%, 6.6% y 8.44% ( medido faltando 9 jornadas para el final de liga) respectivamente. Teniendo en cuenta que el porcentaje fallo en dichas temporadas fue de 22.64%, 19.64%, 24.13%, 14.18%, 14.15%, 20.69%, 12.06%, 16.88% y 25.74% respectivamente y que si se hubiera obtenido un 100% de efectividad en dichas acciones el porcentaje de goles de penalti supondrían el 8.33% (96/97), 11.10% (97/98), 11.56% (98/99), 8.31% (00/01) 11.75% (01/02), 12.27% (02/03), 12.03% (03/04), 8,03% (04/05) y 11.37% (05/06) del total de goles conseguidos, parece quedar claro que es una acción determinante para el resultado de muchos encuentros de la liga española de fútbol Professional.

No obstante, realizando el mismo análisis sobre los datos obtenidos en los 6 últimos Campeonatos del Mundo de Fútbol (España´82, Méjico´86, Italia´90, USA´94, Francia´98, Corea-Japon´02) y teniendo en cuenta en ellos sólo los periodos reglamentarios de juego (90 minutos y prorrogas), observamos como se



tienen resultados parecidos, estableciéndose un porcentaje de goles de penalti de 5.19 % (España´82), 8.33% (Méjico´86), 10.15% (Italia´90), 9.61% (USA´94), 9.95% (Francia´98) y 8.17% (Corea – Japon´02). De la misma manera si no se hubiera errado ningún penalti estos porcentajes podrían haber aumentado a 6.49 % (España´82), 11.11% (Méjico´86), 14.06% (Italia´90), 9.61% (USA´94) , 10.52% (Francia´98) y 11.32% (Corea – Japon´02).

Al mismo tiempo si entramos en la valoración de la determinación que entraña la consecución del gol en cada uno de estos lanzamientos de penalti fallados, así como el gran número de eliminatorias que se deciden por esta modalidad (tanda de penaltis), obtenemos datos ejemplificadores de su determinación en el rendimiento del fútbol. Realizando un análisis de todas las eliminatorias finales, de los siguientes campeonatos continentales y mundiales, tanto de selecciones nacionales, como de clubes (Tabla 4):

Se obtienen datos como que a lo largo de la historia de los campeonatos analizados, el lanzamiento de penalti ha decidido el campeón en dicha competición en 49 finales. De estas 49 finales el 48.97% se dan en competiciones a nivel de selecciones nacionales y el 51.02 % en competiciones de clubes. Se contabilizaron un total de 521 lanzamientos de penalti (sin considerar aquellos lanzamientos de penalti que se dieran durante el tiempo reglamentario de juego, 90' y prórroga), de los cuales se erró en el lanzamiento 136 veces lo que supone un índice de error del 26.10%.

Sin entrar en la valoración de la determinación que entrañaba la consecución del gol en cada uno de estos lanzamientos de penalti fallados, así como el gran número de eliminatorias que se deciden por esta modalidad (tanda de penaltis), todo ello nos hace concluir que esta es una de las acciones deportivas más relevantes en el resultado de un partido de fútbol y por tanto en su rendimiento.

**Tabla 4. Campeonatos y fechas analizadas**

	<b>Competición</b>	<b>Años</b>
<b>Selecciones Nacionales</b>	Campeonato Mundial de Selecciones Nacionales Absolutas	1930 - 1998
	Campeonato Mundial de Selecciones Nacionales Juveniles	1977- 2001
	Campeonato Mundial de Selecciones Nacionales SUB-17	1985 - 2001
	Campeonato Mundial de Selecciones Femeninas	1991 - 1999
	Eurocopa de Selecciones Nacionales Absolutas	1960 - 2000
	Campeonato de Europa de Selecciones Nacionales SUB-21	1988- 2001
	Campeonato de Europa de Selecciones Nacionales SUB-19	1975-2001
	Campeonato de Europa de Selecciones Nacionales SUB-17	1980-2001
	Juegos Olímpicos	1908- 2000
	Copa América de Selecciones Nacionales	1995-2001
	Copa de África de Selecciones Nacionales	1957-2002
	Copa de Asia Selecciones Nacionales	1956-2001
	Copa Caribe	1990- 2001
	Meridian Cup	1997- 2001
<b>Clubes</b>	Copa Mundial de Clubes	1999
	Copa Intercontinental de clubes	1960-2000
	Copa de Europa de clubes *	1955- 2001
	Copa de la UEFA de clubes	1971-2001
	Recopa de Europa de clubes**	1961-1999
	Supercopa de Europa de clubes	1974-2001
	Intertoto de clubes	1995-2001
	Copa Libertadores de Clubes	1960-2001
	Campeonato de clubes de Asia	1967-2001

\* Pasó a ser la actual Champions League en la temporada 1992/1993

\*\* Desapareció como competición en 1999.

#### 1.4.5 A MODO DE CONCLUSION PRELIMINAR SOBRE HABILIDADES ABIERTAS EN LOS DEPORTES DE EQUIPO.

Partimos de una de las conclusiones establecidas en apartados anteriores, en la que se afirma la capacidad de predecir la acción, o la anticipación, es un importante proceso que está detrás del rendimiento de las habilidades abiertas (Brady, 1996). Tanto es así que emerge la habilidad de anticipar futuros eventos como parte integral del rendimiento (Williams, 2000).

Podemos afirmar que el lanzamiento de penalti es una habilidad abierta de regulación mixta, y aunque si intentáramos hacer un análisis pormenorizado de la situación, esta nos obligaría a observarla desde dos puntos de vista (portero o jugador lanzador), nuestro planteamiento parte de un análisis global de la situación, en el que la acción del jugador queda determinada por la del portero y viceversa,

pudiendo adquirir diferentes niveles de complejidad en función de la acción del contrario.

Para que una habilidad motora sea susceptible de ser analizada desde los parámetros de anticipación espacio temporal y de predicción de eventos debe cumplir, desde nuestro punto de vista tres requisitos indispensables:

- 1. Deben ser acciones relevantes en el rendimiento deportivo.** Estudios estadísticos de esta acción nos permiten afirmar que es una habilidad altamente influyente en el resultado de un partido de fútbol y por tanto del rendimiento en este deporte.
- 2. Deben ser medibles y modificables. (Oña et al., 1999).** Partimos de la base de que los procesos psicológicos cognitivos implicados en una conducta motora, son habilidades medibles y modificables con el entrenamiento (Oña et al., 1999). Otra cosa es que los instrumentos para medir y modificar dichos procesos sean los adecuados. Este es uno de los objetivos de esta tesis con lo que nos remitiremos a las conclusiones finales para determinar si nuestro instrumental cumple con dichos requerimientos para esta habilidad.
- 3. Presentar regularidades en su ejecución (Radlo et al., 2001; Anson et al., 2000; Lee et al., 1983).** Este es un aspecto fundamental, ya que sin regularidades en el comportamiento careceríamos de criterios fidedignos para poner en práctica mecanismos de anticipación de una manera eficaz.

En cuanto al posible estudio de regularidades en el lanzamiento de penalti, nosotros nos posicionamos en el punto de vista del jugador que lanza dicho penalti. Si tenemos en cuenta que el portero puede moverse sobre su línea de gol antes de que el balón se ponga en juego, que dispone de un reducido tiempo de percepción del estímulo (trayectoria del balón desde que es golpeado hasta que atraviesa la línea de gol), estimado aproximadamente entre 400-600 ms, para cubrir un espacio de 7,32 x 2,44 metros y que su capacidad de movimiento para interceptar el balón en su espacio cercano (0,33 m. desde su posición inicial) obtiene una media de 610 ms., resulta obvio pensar que el portero deba realizar movimientos de anticipación que le permitan obtener un rango de tiempo lo suficientemente amplio como para tener alguna posibilidad de interceptar el balón.

Este aspecto implicaría que el portero comenzaría su acción antes del que el jugador golpee el balón. Este margen temporal de anticipación ha sido estimado aproximadamente en 300 ms. para porteros expertos y 500ms para porteros noveles (Savelsbergh et al., 2002). Si además, tenemos en cuenta que nuestros estudios (Castillo 2000), han podido demostrar como la capacidad de decisión del lugar de lanzamiento puede verse reducida hasta 300 milésimas de segundo, antes del contacto mediante el entrenamiento con un sistema automatizado de luces, podríamos afirmar que nos encontramos ante una habilidad susceptible de ser analizada desde el estudio de sus regularidades con el fin de optimizar sus parámetros predictivos y anticipatorios, por tanto su rendimiento.

No parece ser que la acción del jugador durante un lanzamiento de penalti quede limitada por sus requerimientos de velocidad- precisión (Lees & Nolan, 2002), ni por parámetros relacionados con el punto de no retorno (240-245 ms, antes del golpeo), afirmándose a este respecto que podríamos reducir el tiempo de aparición de dicho punto de no retorno aleatorizando los movimientos anticipatorios presentados entre 150 y 400 ms. antes del golpeo, debido a que por debajo de los 150 ms., se obtienen respuestas similares a ejecuciones en las que no se observa los movimientos del portero y se focaliza la atención sólo en el balón. Del mismo modo no podemos afirmar que las capacidades visuales puestas en juego durante un lanzamiento de penalti se puedan ver afectadas por la fatiga generada en la dinámica del juego, incluso podríamos decir que se ven favorecidas apoyando la idea de que la capacidad visual sea una habilidad mejorable con ciertos niveles de actividad física, aumentando los niveles de activación para la mejora del rendimiento en tareas con exigencias visuales (McMoris & Keen, 1994; Arteaga et al., 2002).

Parece ser que la habilidad motora abierta del lanzamiento de penalti en fútbol, es susceptible de ser estudiada desde los parámetros de anticipación espacio temporal y de predicción de eventos, con el fin de obtener el máximo rendimiento de ella y nos lleva a preguntarnos:

- ¿Existen preíndices en los movimientos anticipatorios del portero de fútbol que nos permitan saber hacia que lado se va a lanzar antes de golpear el balón en un lanzamiento de penalti?.
- ¿Tendría el jugador capacidad para percibir dichos preíndices y decidir golpear el balón hacia el lado contrario al movimiento final del portero?

- ¿ Puede ser entrenada la toma de decisiones y mejorar con ello la eficacia de nuestros jugadores en esta acción en concreto?, ¿Cómo?

Con nuestro proyecto pretendemos que la estimulación para la anticipación perceptiva del lanzador de penalti sea reflejada a través de movimientos humanos representados mediante un diseño automatizado de proyección de imágenes, que nos lleve a poder planificar su proceso de aprendizaje (Sánchez, 1992), intervenir sobre ella y obtener resultados satisfactorios en su rendimiento. Pero ¿qué son los Sistemas Automatizados y que papel tienen en el entrenamiento de la toma de decisiones?

### **1.5 LOS SISTEMAS AUTOMATIZADOS EN LA MEJORA DE LA TOMA DE DECISIONES DE HABILIDADES ABIERTAS.**

La proliferación en la última década de los sistemas instrumentales automatizados, hace que su adecuada integración y programación permita automatizar muchas componentes de los procesos implicados en el comportamiento motor, consiguiendo resultados muy efectivos en el campo del aprendizaje. Se han realizado trabajos en este sentido mostrando resultados muy consistentes ( Martínez, 1994; Oña & Martínez, 1995).

La ventaja del uso de sistemas automatizados, se encuentra en la capacidad de registrar simultáneamente y de forma objetiva mucha información, realizar cálculos, tomar decisiones en función de complejas bases de datos de otros deportistas y poder dar una información multimedia discriminando los aspectos adecuados en cada momento.

Supongamos a un deportista que se encuentre aprendiendo un saque de voleibol. El propio sistema podría presentar una información inicial de un modelo de ejecución adaptado a los niveles y características del sujeto. Mediante una captación de registros directos se podrían analizar aspectos fisiológicos de la respuesta del sujeto y mandarlos por telemetría a un ordenador, unos sensores podrían registrar las posiciones de cada articulación y tener en cada instante una imagen tridimensional de sus posiciones, completándose con el cálculo simultáneo en tiempo real de los parámetros cinemáticos. El sistema podría detectar los errores del movimiento así como los cambios comportamentales detectados durante su

ejecución y administrar al sujeto un informe junto a una imagen computerizada donde se enfatizan aquellas partes que deberían mejorarse en la siguiente ejecución.

En el futuro la integración de estos sistemas junto a la simulación y a la realidad virtual provocará espectaculares avances en los aprendizajes, debido a que los escenarios de enseñanza, entrenamiento y aprendizaje se podrán presentar y controlar virtualmente.

### 1.5.1 LOS SISTEMAS AUTOMATIZADOS Y SU APLICABILIDAD.

Un *sistema automatizado* implica una disposición de elementos físicos conectados entre sí, de manera que actúan y se autorregulan por sí mismos, sin precisar agentes exteriores (Langill, 1965). Si se consigue presentar al sujeto las condiciones del estímulo discriminadas para cada situación, si registro los diferentes parámetros de su respuesta, y si los analizo mediante los sistemas adecuados de cálculo; sin necesitar la presencia del experimentador y asegurando la fiabilidad de todo el sistema, nos encontraremos ante un proceso completamente automatizado.

Los sistemas automatizados, pues, basan su funcionamiento en la utilización de elementos tecnológicos para reducir la intervención de agentes externos, incluido el factor humano. De esta manera permiten reducir el error en la medida, objetivo primordial en la metodología científica, obteniendo datos precisos y fiables. En la medida del comportamiento humano y en concreto del comportamiento motor, estos sistemas permiten integrar diferentes herramientas de recogida de datos, el análisis de éstos y su manipulación, su presentación y el almacenamiento en unidades de rápido acceso.

El papel creciente de la computerización ha permitido avanzar en el desarrollo de sistemas de registros. La industria informática produce continuamente sistemas más rápidos y asequibles. Este aspecto, influye considerablemente en el ámbito científico, donde las tecnologías y las herramientas cada vez más evolucionadas permiten un control del entrenamiento más fiable y preciso. Desde la evaluación hasta la elaboración automática de planes de entrenamiento, los ordenadores van introduciéndose en el deporte tomando un papel imprescindible en muchos casos sobre

todo cuando se tratan tareas de cronometraje electrónico (Oña, Martínez, Moreno, Serra & Arellano, 1993, 1994).

Dentro del aprendizaje motor, el papel del control de la información toma una gran relevancia. La consideración del individuo como un servosistema (Schmidt, 1988), subraya el valor de la información en el estudio del comportamiento humano. Un sistema automatizado de control de la información pretende mejorar los factores relacionados con la información inicial, los mecanismos de referencia y el conocimiento de resultados o Feedback. Actualmente todo esto es integrado mediante un sistema de simulación que nos permita un acercamiento a la situación real de juego.

El sistema automatizado de control de la información basado en sistemas de simulación tiene los cometidos de:

- La presentación de información inicial y estímulos específicos para el entrenamiento en las estrategias atencionales y anticipatorias más adecuadas
- La simulación deportiva a través de estímulos complejos con características próximas a la situación deportiva concreta
- El registro del comportamiento motor del deportista
- La administración de la información con el objetivo de mejorar su eficacia

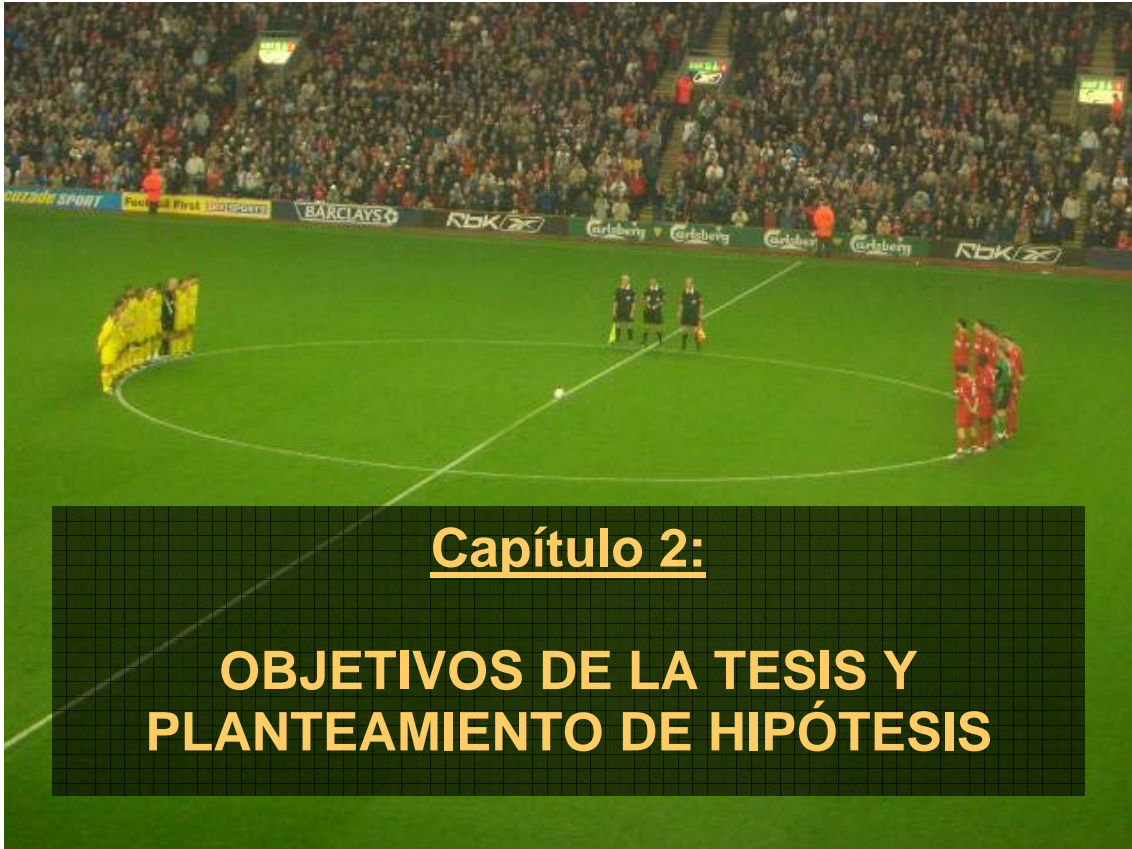
En los últimos años han evolucionado los sistemas basados en la simulación deportiva como elemento de control de la información. Se pueden observar trabajos que van desde el análisis de la toma de decisión en el deporte, hasta el entrenamiento de los deportistas utilizando sistemas que permiten plasmar imágenes similares a las que encuentran en el deporte bien por medio de magnetoscopios o por medio de simulación computarizada.

Los resultados demuestran la utilidad de herramientas diseñadas a tal efecto en la mejora de la eficacia en gestos cerrados como las salidas de atletismo y natación (Arellano & Oña, 1987; Oña, 1989; Martínez & Oña, 1999; Oña et al, 1994). En otros trabajos se han generalizado los éxitos conseguidos a deportes y habilidades motoras abiertas. Se ha diseñado y comprobado experimentalmente herramientas avanzadas útiles en el control del aprendizaje de habilidades deportivas mediante la manipulación

de estímulos complejos cada vez más cercanos a las situaciones reales (Cárdenas & Oña, 1997; Moreno & Oña, 1998; Moreno, Oña, Martínez & García, 1998; Párraga, 1999; Castillo et al., 2000; Hernández, 2005). En esta última línea se encuentra la tecnología desarrollada, aplicando los principios de control de la información y la simulación deportiva para el entrenamiento de habilidades motoras abiertas, que constituye el objeto de este proyecto y supone una línea de investigación consolidada en nuestro grupo de investigación (Cárdenas & Oña, 1997; Moreno & Oña, 1998; Moreno et al., 1998; Párraga, 1999; Castillo et al., 2000; Hernández, 2005).

A través de este grupo se han conseguido avances importantes sobre el diseño de sistemas automatizados que permiten la evaluación y el entrenamiento de habilidades y acciones deportivas, a través del control de la información (Oña, Martínez & Moreno, 1995; Martínez, 1994; Oña et al., 1994, Oña et al., 1993). Nuestro estudio pretende dar un paso más, a igual que lo han dado otras disciplinas deportivas como: tenis (Moreno, 1997), squash (Alain & Sarrazi, 1990), football (Chrisina, Barresi & Shaffner, 1990), voleibol (Castiello & Umilta, 1992), baloncesto (Cardenas, 1995), y este paso está basado en la utilización del movimiento humano como paradigma de anticipación perceptiva en el deporte (Williams, Davids, Burwitz & Williams, 1994). Pretendemos, que la estimulación para la anticipación perceptiva del lanzador de penalti sea reflejada a través de movimientos humanos representados mediante un diseño automatizado de proyección de imágenes, que nos lleve a poder planificar su proceso de aprendizaje (Sánchez, 1992), intervenir sobre ella y obtener resultados satisfactorios en su rendimiento. Además queremos hacer una comparativa sobre la influencia del nivel del ejecutante tratando de aportar datos relevantes sobre el control de esta acción y su capacidad de entrenabilidad.





**2. OBJETIVOS DE LA TESIS Y PLANTEAMIENTO DE HIPÓTESIS.**

Revisado el estado actual del conocimiento relacionado con nuestro problema de estudio, podemos establecer los siguientes objetivos e hipótesis que dirigirán los apartados experimentales de la presente tesis

1. Analizar e identificar, mediante técnicas fotogramétricas de digitalización, los posibles preíndices del desplazamiento final del portero durante una tarea deportiva de lanzamiento de penalti en fútbol que permita el entrenamiento en la anticipación ante la aparición de los estímulos significativos. Así como establecer la diferenciación al respecto entre porteros profesionales y amateur.
2. Evaluar variables comportamentales y de ejecución puestas en juego durante las situaciones de penalti analizadas (Eficacia táctica individual del portero medida a través del número de desplazamientos realizados en dirección no coincidente y dirección coincidente respecto al lanzamiento del jugador, tasa de acierto en la elección del lado al que va a ser lanzado el penalti, número de penaltis parados, fallados, y en los que se ha conseguido gol y pico de velocidad de salida del balón en cada lanzamiento), que nos permitan entender en que circunstancias se identificaron los preíndices de movimiento del portero, así como establecer la diferenciación al respecto de cada una de ellas entre profesionales y amateur.
3. Comprobar la capacidad del futbolista para percibir los preíndices de movimiento determinados en el portero y decidir en consecuencia en márgenes de tiempo muy reducidos. Así como valorar las diferencias al respecto entre jugadores expertos y noveles.
4. Analizar como fluctúa la respuesta de reacción del jugador lanzador de penalti con la aportación de información explícita sobre los preíndices de movimiento del portero, estableciéndose comparaciones entre jugadores expertos y noveles.
5. Ampliar el sistema computerizado de registro de la respuesta motora de reacción elaborado en los proyectos anteriores del Plan Nacional de Investigación, desarrollando el software específico y el instrumental necesario para permitir la

simulación deportiva a través de emisión de señales visuales que recreen la sensación de juego real en el lanzamiento del penalti en fútbol.

6. Aplicar el sistema automatizado de control de la información para la optimización de los parámetros temporales de la respuesta de reacción y toma de decisión durante la habilidad de lanzamiento de penalti en fútbol; a partir de la información sobre los preíndices analizados.
7. Optimizar la respuesta de reacción en situaciones de elección a través del entrenamiento en la detección de preíndices significativos en el entorno del deportista, de forma específica en la situación del lanzamiento del penalti en fútbol.
8. Elevar la tasa de aciertos ante situaciones de juego real en aquellas acciones entrenadas, reflejándose en la mejora del tiempo invertido y la precisión del gesto motor, comprobando se esta manera, la efectividad del tratamiento asociado al sistema automatizado propuesto.
9. Delimitar si las mejoras en las distintas variables analizadas están asociadas a la aportación de información explícita de los preíndices a atender y al entrenamiento mediante el sistema generado, o a la mera practica con el sistema generando un aprendizaje implícito propiciado por la exposición a dicho sistema.

Con el fin de obtener respuesta a todos los objetivos planteados en este estudio, creemos conveniente comenzar nuestra experimentación con las siguientes hipótesis de partida:

Hipótesis 1: *“Existen preíndices de movimiento en el portero de fútbol que nos permiten determinar su desplazamiento final antes del que el jugador golpee el balón en una situación de lanzamiento de penalti”*.

Hipótesis 2: *“El tiempo transcurrido entre la aparición del preíndice de movimiento del portero y el golpeo del balón por parte del jugador será suficiente para tomar decisiones efectivas correspondientes al golpeo del balón hacia el lado contrario del movimiento del portero”*.

Hipótesis 3: *“La aportación de la información, relativa a los preíndices del movimiento final del portero, al jugador de fútbol, reducirá su tiempo de decisión, aumentando el margen temporal para ejecutar la decisión determinada”.*

Hipótesis 4: *“La aplicación de un entrenamiento de 5 sesiones de 20 lanzamientos de penalti mediante un sistema automatizado de control de la información y de simulación de imágenes sobre movimientos anticipatorios del portero de fútbol, más la aportación explícita de preíndices del movimiento final del portero, aumentará la tasa de respuestas efectivas del jugador lanzador del penalti, medidas a través de los lanzamientos hacia el lado no coincidente con el desplazamiento del portero y del número de goles conseguidos”.*

**PreIndex Trainer Fútbol**

**Capítulo 3:**

**ESTUDIOS DESARROLLADOS EN ESTA TESIS**

SISTEMA DE SEGUIMIENTO DE LA MIRADA    ORDENADOR CALIBRACION SEGUIMIENTO DE LA    PANEL DE CONTROL

PLACAS DETECTORAS DE IMPACTO    ORDENADOR REGISTRO RR, ID, EMISION    CAÑON PROYECTOR

1 2 3 4 5 6 7 8

### 3. ESTUDIOS DESARROLLADOS EN ESTA TESIS

El diseño de una infraestructura investigativa que de respuesta a los objetivos propuestos y confirme o desmienta las hipótesis planteadas, solo puede comenzar estableciendo los pilares bajo los que se sustenta esta tesis y que se fundamentan en la existencia o no de preíndices de movimiento en el portero de fútbol que nos permita anticipar hacia que lado se va a desplazar antes de que el jugador golpee el balón en una situación de lanzamiento de penalti. Es por ello que con nuestro primer estudio demos respuesta a dicha inquietud, abordando los objetivos 1 y 2 de esta tesis, tratando de confirmar nuestra primera hipótesis, ya que sin ella toda esta investigación no tendría sentido de ser continuada.

#### 3.1. ESTUDIO 1: VALORACIÓN DEL COMPORTAMIENTO MOTOR Y PREINDICES DE MOVIMIENTO DEL PORTERO DE FUTBOL DURANTE EL LANZAMIENTO DE PENALTI.

##### RESUMEN

El objetivo de este trabajo es estudiar el comportamiento y la detección de preíndices de movimiento final (derecha o izquierda) del portero de fútbol durante el lanzamiento de penalti y establecer comparaciones entre porteros profesionales y amateur de las comunidades autónomas de Andalucía y Murcia. Para este estudio se han seleccionado 6 porteros profesionales ( $29.66 \pm 3.5$  años) y 6 porteros amateur ( $23.16 \pm 3.7$  años), a los cuales se le han filmado con una video cámara durante 20 lanzamientos, 10 lanzamientos realizados por un jugador zurdo y 10 lanzamientos por parte de un lanzador diestro. Hemos utilizado un diseño seccional descriptivo para el análisis de todos los porteros y un diseño seccional comparativo para establecer diferencias entre porteros profesionales y amateur. Mediante la aplicación de técnicas de análisis cinemático bidimensional de las imágenes filmadas y del registro de la velocidad de salida del balón en el lanzamiento, mediante un Sport Radar, hemos podido identificar las trayectorias de diferentes partes del cuerpo antes del golpeo del balón y la velocidad del mismo una vez golpeado. Se han obtenido dos variables significativas que nos permiten predecir el movimiento final del portero hacia derecha o hacia izquierda antes del golpeo del balón. Estas variables son, por orden de fiabilidad, un ángulo de extensión de la rodilla superior a  $150^\circ$ , lo cual determinaría un desplazamiento del portero hacia el lado contrario al de esta rodilla y un ángulo de flexión de la rodilla inferior a  $100^\circ$ , lo cual determinaría un desplazamiento del portero hacia el lado coincidente con dicha rodilla. Salvo la mayor estabilidad de los movimientos previos al golpeo por parte de los porteros profesionales, no se han encontrado diferencias significativas entre porteros profesionales y amateur.

### **3.1.1 METODO (Estudio 1)**

#### **3.1.1.1 Sujetos (Estudio 1)**

La muestra obtenida consta de 12 porteros (n=6), todos pertenecientes a equipos que pertenecen a las categorías nacionales de la Liga Profesional y Amateur de Fútbol Español. Estos sujetos han si distribuidos en dos grupos: Un grupo de porteros profesionales (PP) (n=6) con una media de edad de  $29.66 \pm 3.5$  años y otro de porteros amateur (PA) (n=6) con una media de edad de  $23.16 \pm 3.7$  años. La elección ha de la muestra ha sido al azar entre los porteros equipos de la Comunidad Autónoma Andaluza y Murciana que militen en primera, segunda y tercera división, sin poder valorar a más de un equipo por provincia. Para el establecimiento del grupo (PP) hemos establecido que los porteros debían pertenecer a Primera y Segunda División de la Liga profesional de Fútbol Español, mientras que para conformar el grupo (PA) debían ser porteros pertenecientes a Tercera División Amateur de Fútbol Español. No hemos estimado conveniente valorar a porteros de categoría de Segunda División B, por encontrarse esta categoría a caballo entre el fútbol amateur y profesional. Al mismo tiempo hemos desestimado la valoración de equipos de menor categoría matear (Regional Preferente, Primera Provincial y Segunda Provincial) porque la mayoría de los clubes que militan en esta categoría no desarrollan habitualmente sus entrenamientos sobre un terreno de césped natural o artificial. Los clubes designados fueron:

- RCD Recreativo de Huelva (1ª División): HUELVA
- Murcia C.F. (2ª División): MURCIA
- Córdoba C.F. (2ª División): CORDOBA
- Guadix C.F. (3ª División): GRANADA)
- C.D San Fernando (3ª División): CADIZ
- C.D San José (3ª División): SEVILLA

#### **3.1.1.2 Diseño (Estudio 1)**

Hemos desarrollado un doble diseño realizando un Diseño Seccional Descriptivo para la descripción de las variables dependientes durante el lanzamiento de penalti y un Diseño Seccional Comparativo para analizar, en función de la variable independiente, las diferencias y similitudes de las variables dependientes. En el presente estudio hemos determinado las siguientes variables:

*Variable Independiente:*

- Nivel del portero en función de la categoría de la que procede:
  - Profesional: Primera y Segunda División.
  - Amateur: Tercera División.

*Variables Dependientes:*

- Variables preindicativas del movimiento final del portero antes de del golpeo del jugador (ver figura 11). Estas variables han sido establecidas en un estudio piloto realizado sobre los lanzamientos de penalti producidos durante el mundial de fútbol de 2002 en Korea-Japón, en el que se analizaron todos los parámetros corporales inerciales bajo un modelo humano de 15 segmentos diseñado De Leva (1996). En este estudio piloto se establece todas las combinaciones posibles de desplazamiento segmentarios del portero durante el lanzamiento de penalti, agrupando aquellos movimientos más significativos del mismo y perceptibles para el sujeto desde una distancia de 11 metros. De estas combinaciones y agrupaciones de movimientos segmentarios pudimos obtener que las variables corporales significativamente analizables del comportamiento del portero durante un lanzamiento de penalti se resumen en las expuestas a continuación, debido a que el resto de variables y combinaciones resultaron ser no significativas debida a la variabilidad ofrecían tanto inter-portero como inter-ejecuciones:
  - Longitud de la base de sustentación.
  - Distancia del centro de la base de sustentación a la proyección del centro de gravedad sobre dicha base de sustentación.
  - Angulo de rodilla izquierda y derecha.
  - Angulo del la línea formada por las caderas y la horizontal al plano del suelo.
  - Angulo de la línea formada por los hombros y la horizontal al plano del suelo.





**Figura 11: Variables preindicativas del movimiento final del portero antes del golpeo del jugador.**

- Eficacia táctica individual del portero medida a través del número de desplazamientos realizados en dirección no coincidente y dirección coincidente respecto al lanzamiento del jugador.
- Tasa de acierto en la elección del lado al que va a ser lanzado el penalti
- Número de penaltis parados, fallados, y en los que se ha conseguido gol.
- Análisis del porcentaje de lanzamientos hacia la izquierda y hacia la derecha.
- Valoración del pico de velocidad de salida del balón en cada lanzamiento.

*Control de las Variables Contaminantes:*

1. El terreno donde desarrolla habitualmente sus sesiones de entrenamiento y de competición debe ser de césped natural o de césped artificial.
2. La medidas de la portería, como de la distancia del punto de penalti a la línea de gol deben ser las reglamentarias.

**3.1.1.3 Instrumental (Estudio 1)**

Los componentes para la filmación de las imágenes y el registro de la velocidad de golpeo han sido: el análisis de los preíndices y de la velocidad de golpeo han sido:

- 1 video Cámara Digital SONY, modelo DCR-TRV50E.
- 1 Sport Radar Stalker ATS 34,7 GHZ.
- 2 Trípodes
- Hoja de registro

Los componentes para el análisis de los preíndices y obtención de resultados:

- Ordenador Pentium IV a 2,4 Mghz
- Software de Digitalización, ajuste y representación gráfica Cyborg
- Software de Análisis Estadístico SPSS.11.
- Software de Capturación de imágenes Adobe Premier versión 6.

#### **4.1.1.4 Procedimiento (Estudio 1)**

En este estudio hemos realizado un análisis biomecánico del comportamiento motor del portero durante un lanzamiento de penalti, con el objetivo de determinar aquellos preíndices significativos que podrían dar información al lanzador sobre la dirección de su movimiento final. Para ello hemos desarrollado un procedimiento que podemos dividir en las siguientes fases:

##### **Fase1: Filmación de las imágenes y registro de los picos de velocidad del balón durante el lanzamiento.**

La situación protocolaria viene definida por la ejecución real de un lanzamiento de penalti, según indica las normas reglamentarias definidas con anterioridad. En dicha situación y previo al inicio de los lanzamientos, comprobábamos que las marcas sobre el césped y las dimensiones de las porterías eran las reglamentarias, y señalábamos un segmento imaginario perpendicular a la línea de gol que atravesara el punto de penalti y ubicábamos en siguiente instrumental (ver Figura 12):

- SPORT RADAR, para el cálculo de la velocidad pico de salida del balón durante el lanzamiento, a dos metros del punto de penalti sobre la proyección del segmento definido con anterioridad, a una altura de 40 cm. y orientado hacia el punto de penalti. Este radar es calibrado siempre antes y después de

cada sesión de filmación, con objeto de asegurarnos de la fiabilidad de su registro.

- CAMARA DE VÍDEO DIGITAL, para la filmación de las imágenes, con el objetivo a una altura de 1,70 m. del suelo. Su ubicación se proyectaba a 5 metros del punto de penalti, sobre la proyección del segmento definido con anterioridad, con una desviación lateral con respecto a dicho segmento de  $30^\circ$ . Este desviación lateral es realizada hacia la izquierda cuando el lanzador es zurdo y hacia la derecha cuando es diestro. Esta ubicación de la cámara nos permite filmar todo el movimiento del portero sin que el lanzador se interponga sobre la dirección de filmación en ningún momento y al mismo tiempo nos permite obtener una imagen frontal del portero sin demasiadas distorsiones por el grado de inclinación en la filmación.

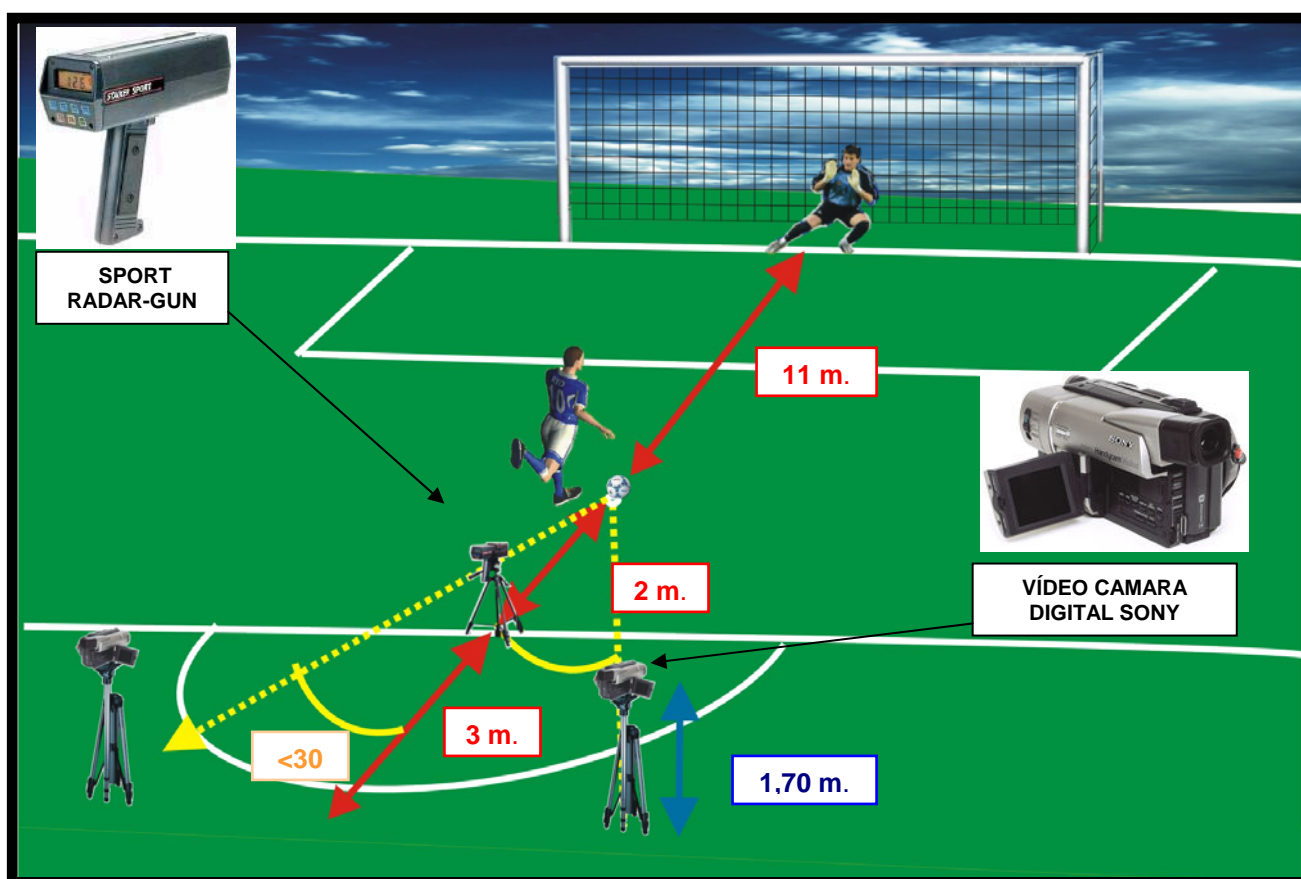


Figura 12: Disposición del material para la filmación de las imágenes y el registro de la velocidad de golpeo.

En cada día se filmaban un total de 20 penaltis por portero, 10 lanzados por un jugador zurdo y 10 por un jugador diestro. La secuencias de lanzamientos queda definida por bloques de 5 lanzamientos, de tal manera que después de cada bloque

se realizaba un cambio de portero hasta completar todas las filmaciones previstas. Los jugadores empleados para lanzar dichos penaltis eran los habituales lanzadores de los respectivos equipos valorados. Se establecía un mínimo de 3 minutos entre bloque y bloque para evitar la fatiga tanto de lanzadores como de porteros. Ubicamos un observador detrás del radar que registraba los picos de velocidad de salida del balón obtenidos en cada lanzamiento.

### **Fase 2: Captura y digitalización de las imágenes.**

La captura de las imágenes ha sido realizada a través de conexión directa con el puerto firewire del ordenador, utilizando el software Adobe Premier 6.5. En la digitalización hemos utilizado técnicas cinemáticas bidimensionales. El modelo humano diseñado para el análisis se define por 15 segmentos y utiliza los parámetros inerciales aportados por De Leva (1996). La digitalización y el almacenamiento de las coordenadas planas correspondientes a los 21 puntos que componen el modelo humano predeterminado, se utilizará el programa informático CYBORG desarrollado en la Facultad de Ciencias de la Actividad Física y del Deporte de la Universidad de Granada, en el laboratorio de biomecánica (Gutiérrez, Soto, & Martínez, 1990; Soto, 1995).

### **Fase 3: Análisis de los resultados obtenidos.**

Para el análisis de los resultados obtenidos hemos utilizado el programa estadístico SPSS, en su versión 11. Se han utilizado la media, la desviación típica y los valores máximos y mínimos observados en cada variable estudiada, como estadísticos descriptivos de las variables analizadas. Para la comparación de las variables cuantitativas (Velocidad de lanzamiento del balón y tiempo de anticipación) entre profesionales y amateurs hemos aplicado una comparación de medias mediante la prueba T para muestras independientes, estableciendo un intervalo de confianza del 95%. En el siguiente paso de Inferencia Estadística, dado que se pretende predecir el movimiento final del portero( hacia la derecha o izquierda), en función de una serie de variables independientes medidas, se ha ajustado un modelo de Regresión Logística binaria, mediante un procedimiento paso a paso hacia delante, mediante el Test de Wald, donde en los sucesivos pasos se van incluyendo en el modelo aquellas variables que mayor capacidad tengan para predecir correctamente hacia que lado se va mover el portero.. El modelo probabilístico sería como el siguiente (Figura 13):

$$\text{PROBABILIDAD} = \frac{1}{1 + e^{-(A B_1 X_1 + A B_2 X_2 + A B_3 X_3 + \dots)}}$$

**Figura 13: Modelo probabilístico generado mediante regresión logística**

**X:** Valor de la variable que introduce el sistema en la ecuación

**B:** Constante que establece el sistema para la variable correspondiente.

**A:** Constante que establece el sistema para todas las variables incluidas en el Modelo.

Para comprobar la estabilidad del modelo realizamos una doble comprobación: por un lado construimos otro modelo basado en el 80% de la muestra, elegida aleatoriamente por el programa, y comparamos con el modelo establecido, por otro lado, al no analizar variables categóricas, realizamos el mismo modelo mediante un análisis discriminante de las variables mediante validación cruzada y de nuevo comparamos con el modelo original. Finalmente para comprobar la significación del modelo y de las variables en él incluidas aplicamos el Test de chi-cuadrado.

### 3.1.2 RESULTADOS (Estudio 1)

#### 3.1.2.1 Resultados obtenidos del análisis descriptivo de la digitalización.

Se han filmado una totalidad de 240 penaltis con una media de velocidad de lanzamiento de  $91.24 \pm 13,4$  km/h (ver tabla 5), 106 (44.16%) lanzados hacia el lado derecho del portero y 134 (55.83%) hacia el lado izquierdo del portero. De la totalidad de los lanzamientos se contabilizaron 174 goles (72.5%) y 66 fallos (27.5%). De estos 66 fallos 48 (72.72%) fueron parados por los porteros, mientras que 18 (27.28%) fueron lanzados fuera de los límites de la portería por los jugadores. Esto supone que de los 222 penaltis que fueron lanzados entre los márgenes que determinan los postes y el larguero los porteros pararon un 21 % de los lanzamientos.

**Tabla 5: Estadísticos descriptivos correspondientes a los variables cuantitativas de velocidad de lanzamiento y de tiempo de anticipación de la dirección del balón, general y comparativa entre porteros profesionales y amateur.**

	N	Mínimo	Máximo	Media	Desv. típ.
<b>VELOLANZ</b>	240	49	125	91,24	13,42
<b>ANTICIPA</b>	220	100,00	1080,00	237,33	116,59
<b>VELANAMA</b>	120	49,00	118,00	87,24	11,59
<b>VELANPROF</b>	120	51,00	125,00	96,83	13,85
<b>ANTIAMA</b>	108	100,00	1080,00	240,49	142,98
<b>ANTI PROF</b>	112	120,00	540,00	233,33	70,58

VELOLANZ: Velocidad de lanzamiento

ANTICIPACIPA: Tiempo de anticipación utilizado por el portero.

VELANAMA: Velocidad de lanzamiento jugadores amateur.

VELANPROF: Velocidad de lanzamiento profesionales.

ANTIAMA: Tiempo de anticipación utilizado por el portero amateur.

ANTI PROF: Tiempo de anticipación utilizado por el portero profesional.

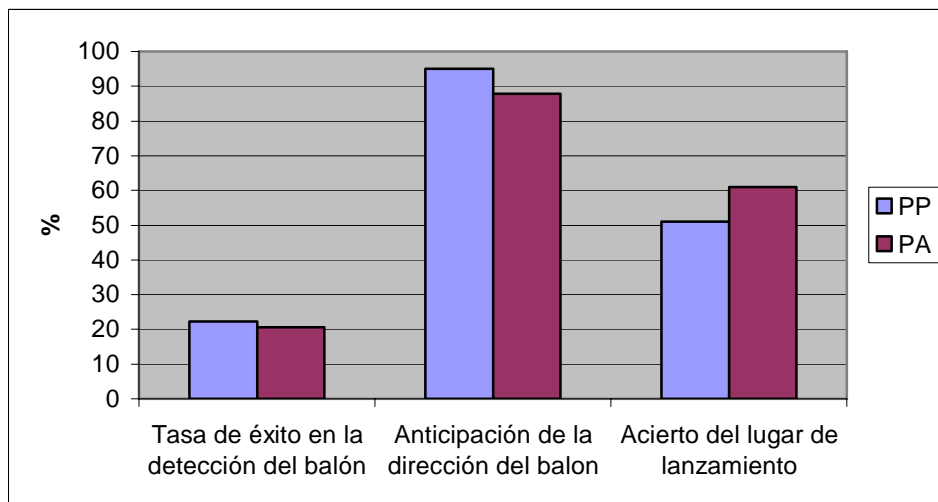
El portero realizó movimientos de anticipación de la dirección del lanzamiento antes del golpeo del balón por parte del jugador en 220 ocasiones (91.65%), con una media de anticipación de  $237.33 \pm 116.5$  ms., errando en la dirección del mismo en 94 ocasiones (43.12%) y acertando con la dirección del balón en 124 lanzamientos (56.88%), 54 veces (43.54%) en lanzamientos hacia su derecha y 70 veces (56.46%) a su izquierda. Los porteros permanecieron inmóviles hasta el momento del golpeo del balón por parte del jugador en 22 ocasiones (8.34%), de las cuales, logró detener en una ocasión el balón con éxito, suponiendo una tasa de éxito del 4.54%. Sin embargo realizando movimientos de anticipación, los porteros lograron detener con éxito el balón en 47 ocasiones generando una tasa de éxito del 21.36% de los lanzamientos, de los cuales 23 (48.94%) fueron hacia su lado derecho y 24 (51.06%) fueron hacia su lado izquierdo.

En cuanto a las diferencias entre porteros profesionales (ver tabla 6; figuras 14 y 15) y amateur debemos de reseñar que no existen diferencias significativas en: la tasa de éxito en la detección del balón (PP: 22.30% vs. PA: 20.65%), la realización de movimientos anticipatorios antes del que el jugador golpee el balón (PP: 93.33% vs. PA: 90%), ni en el tiempo de anticipación al lanzamiento (PP:  $233.33 \pm 70$  vs. PA:  $240 \pm 142.9$ ;  $p = 0.654$ , (ver tabla 6)). Aunque si encontramos diferencias en el acierto del lugar hacia el que va a ser lanzado el penalti (PP: 51.04 % vs 60,97%), la velocidad de lanzamiento (P:  $96.83 \pm 13.8$  vs A:  $87.24 \pm 11.59$ ;  $p < 0,000$ , (ver tabla 3)), y en la estabilidad del tiempo de anticipación presentando el grupo de porteros profesionales desviaciones un 50% menores que las mostradas por porteros amateur.

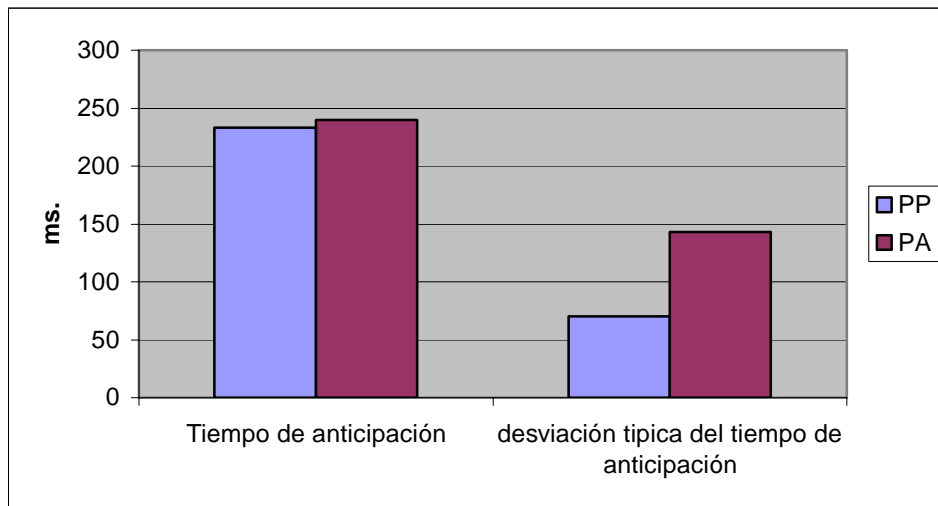
**Tabla 6: Prueba de muestras independientes para el análisis de las diferencias entre profesionales y amateur en la velocidad del lanzamiento de penalti y en el tiempo de anticipación.**

		Prueba de Levene para la igualdad de varianzas		Prueba T para la igualdad de medias						
		F	Sig.	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	Error típ. de la diferencia	95% Intervalo de confianza para la diferencia	
									Inferior	Superior
<b>VELOLANZ</b>	<b>Se han asumido varianzas iguales</b>	,597	,441	5,817	238	<b>,000</b>	9,59	1,648	6,340	12,834
<b>ANTICIPA</b>	<b>Se han asumido varianzas iguales</b>	5,619	,019	-,449	216	<b>,654</b>	-7,1585	15,93670	-38,56982	24,25288

VELOLANZ: Velocidad de lanzamiento; ANTICIPACIPA: Tiempo de anticipación utilizado por el portero



**Figura 14: Diferencias entre porteros profesionales (PP) y porteros amateur (PA) en cuanto las variables porcentuales de tasa de éxito en la detección del balón, anticipación de la dirección del balón y acierto del lugar de lanzamiento.**



**Figuras 15: Diferencias entre porteros profesionales (PP) y porteros amateur (PA) en cuanto a las variables de tiempo de anticipación y desviación típica del tiempo de anticipación en milisegundos (ms.).**

### 3.1.2.2. Resultados obtenidos en la elaboración del modelo probabilístico predictivo del movimiento final del portero del portero.

En el establecimiento del modelo probabilístico hemos introducido como variable dependiente el movimiento del portero hacia la derecha, teniendo en consideración que, al utilizar el procedimiento de Regresión Logística Binaria, el modelo para el movimiento hacia la izquierda será justamente el contrario al obtenido para el movimiento hacia al derecha. De igual manera, hemos introducido como variables independientes a analizar, las correspondientes a la digitalización del portero en sus movimientos previos al golpeo del balón por parte del jugador:

- Base de Sustentación determinada por la distancia entre el talón de derecho e izquierdo.
- Desplazamiento del centro de gravedad hacia la izquierda o derecha.
- Angulo de la rodilla derecha.
- Angulo de la rodilla Izquierda
- Angulo de la línea que une hombro derecho e izquierdo con respecto a la horizontal.
- Angulo de la línea que une la cadera derecha e izquierda con respecto a la horizontal.

Las variables que el sistema logístico binario ha incluido en el modelo son el ángulo de la rodilla derecha e izquierda como queda reflejado en la Tabla 7.



**Tabla 7: Variables en la ecuación**

		B	E.T.	Wald	gl	Sig.	Exp(B)	I.C. 95,0% para EXP(B)	
								Inferior	Superior
Paso 1	DESPLCG	16.519	2.09	62.396	1	.000	14934671.26	247801.113	900094448.153
Paso 2	DESPLCG	17.406	2.27	58.554	1	.000	36264709.51	419976.360	3131436154.545
	ANRODDER	-.003	.002	3.972	1	.046	.99	.994	1.000
Paso 3	DESPLCG	2.771	4.11	.455	1	.500	15.97	.005	50332.369
	ANRODDER	-.096	.017	31.001	1	.000	.91	.879	.940
	ANRODIZQ	.096	.018	29.761	1	.000	1.10	1.063	1.139
<b>Paso 4</b>	<b>ANRODDER</b>	<b>-.102</b>	<b>.015</b>	<b>44.381</b>	<b>1</b>	<b>.000</b>	<b>.903</b>	<b>.876</b>	<b>.931</b>
	<b>ANRODIZQ</b>	<b>.103</b>	<b>.015</b>	<b>44.98</b>	<b>1</b>	<b>.000</b>	<b>1.11</b>	<b>1.075</b>	<b>1.142</b>

a Variable(s) introducida(s) en el paso 1: DESPLCG.

b Variable(s) introducida(s) en el paso 2: ANRODDER.

c Variable(s) introducida(s) en el paso 3: ANRODIZQ.

El modelo de probabilidad que hemos generado, tras la inclusión de estas dos variables, queda reflejado por la siguiente función (Figura 16):

Probabilidad  
Movimiento del Portero=  
Hacia la Derecha

$$1 + e^{-(-0.102 [ \text{Anrodder} ] + 0.103 [ \text{Anrodizq} ])}$$

**Figura 16: Función de probabilidad determinada para el modelo creado mediante Regresión Logística Binaria del movimiento del portero previo al golpeo de balón durante el lanzamiento de penalti. Anrodder: Angulo rodilla derecha, Anrodizq: Angulo rodilla izquierda.**

Como podemos observar, hemos eliminado la constante de la función, dado que al realizar un primer ajuste dicha constante resulto ser no significativa, por lo que se ha ajustado un modelo posterior sin ella. El coeficiente negativo de la primera variable lo que nos indica es que cuanto menor sea el valor de la variable más probabilidad hay de que el portero se desplace hacia la derecha, y el coeficiente positivo de la segunda variable nos indica que cuanto mayor sea, el valor de la variable, más posibilidad hay de que el portero se desplace hacia la derecha. Esto queda reflejado en la Figura 17 y 18. Podemos determinar que el valor medio a partir del cual consideramos que obtenemos una probabilidad muy alta, entorno al 99% de probabilidad, de que se produzca el movimiento del portero hacia la derecha es cuando:

- El ángulo de la rodilla derecha es igual o menor de 90°.
- El ángulo de la rodilla izquierda es mayor de 150°.

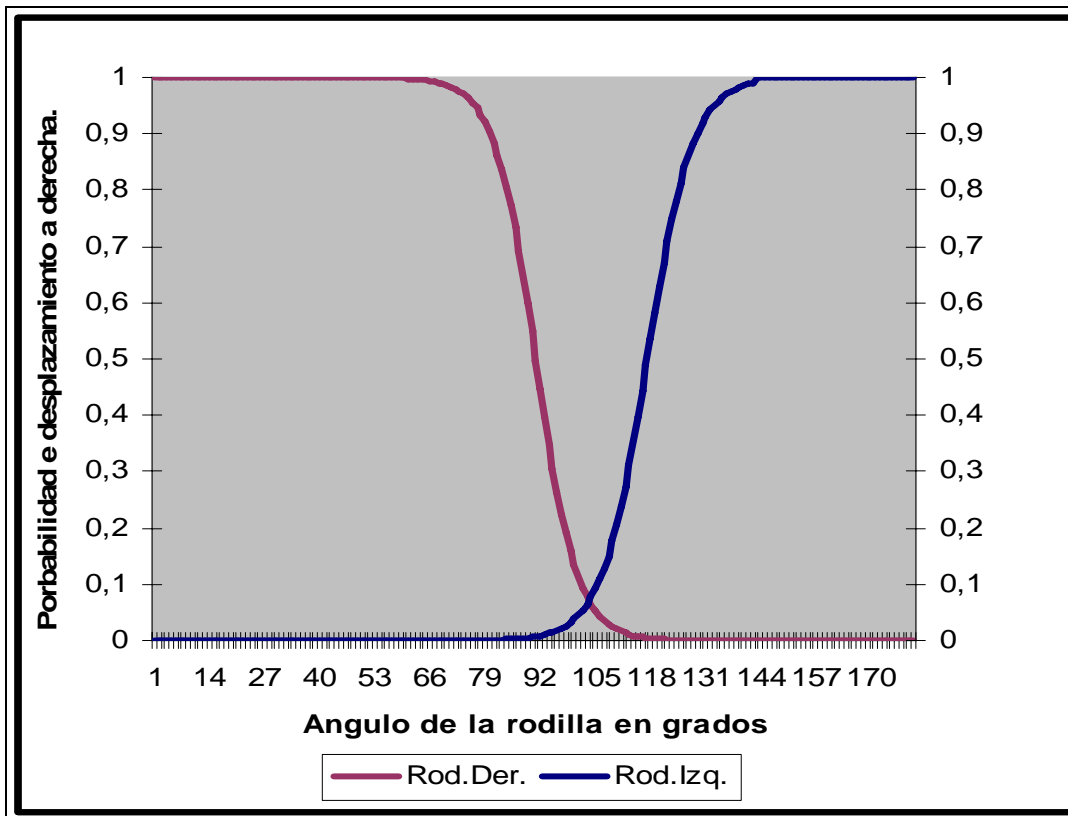


Figura 17: Evolución de la probabilidad de movimiento del portero hacia la derecha en función del ángulo de la rodilla derecha e izquierda

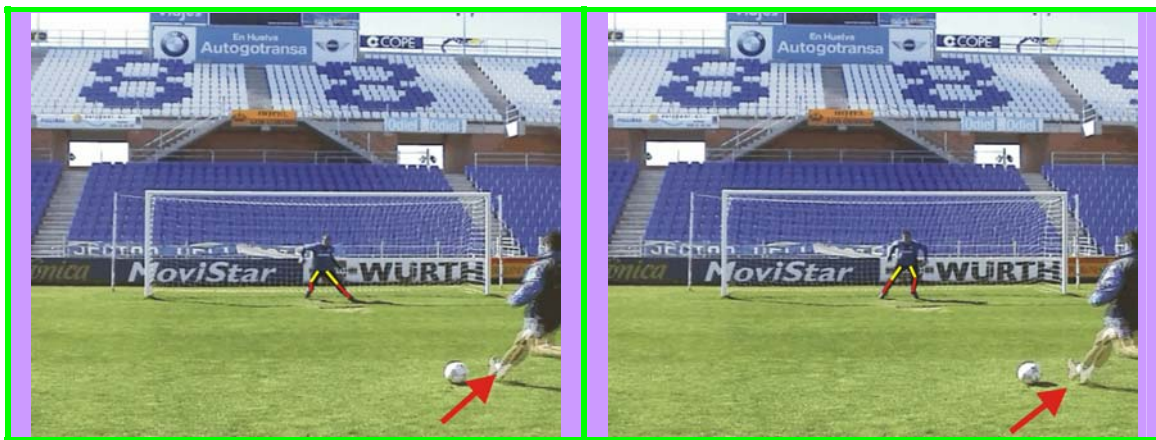


Figura 18: Representación de los ángulos de las rodillas del portero en un movimiento hacia la derecha y en otro hacia la izquierda, durante el último apoyo antes del jugador lanzador.

El modelo generado alcanza un porcentaje de acierto en la clasificación del lado de movimiento del portero del 98,2 %, dejando sin clasificar 4 lanzamientos, 2 pronosticados hacia la izquierda y 2 hacia la derecha (Tabla 8).

**Tabla 8: Tabla de clasificación**

Observado			Pronosticado		Porcentaje correcto
			Desplazamiento del portero hacia la derecha		
			desplazamiento hacia la izquierda	desplazamiento hacia la derecha	
Paso 4	Desplazamiento del portero hacia la derecha	desplazamiento hacia la izquierda	107	2	98.2
		desplazamiento hacia la derecha	2	108	98.2
	Porcentaje global				

a El valor de corte es .500

Las variables incluidas en el modelo son altamente significativas ( $p > 0.000$ ) como se refleja en la tabla 9, mediante el resumen de los pasos en el que hemos obtenido un chi-cuadrado de 254.155 con dos grados de libertad sobre el 98.2% de clasificación correcta.

**Tabla 9: Resumen de los pasos en la elaboración del modelo.**

Paso	Modelo			% de clas. correcta	Variable
	Chi-cuadrado	gl	Sig.		
1	164.733	1	.000	88.6%	IN: DESPLCG
2	168.998	2	.000	89.0%	IN: ANRODDER
3	254.608	3	.000	98.6%	IN: ANRODIZQ
4	254.155	2	.000	98.2%	OUT: DESPLCG

a No se pueden eliminar ni añadir más variables al modelo actual.

b Bloque final: 1

Podemos afirmar que el modelo creado es estable tras aplicar la validación cruzada del mismo mediante la aplicación del mismo procedimiento a una muestra del 80 % de la muestra total, escogida aleatoriamente y de la aplicación de un análisis discriminante. No existen diferencias significativas, ni en las constantes "B" de las variables incluidas en el modelo, ni en el porcentaje de buena clasificación, así como en la significatividad de las variables escogidas, entre el modelo con todos los sujetos y el modelo con el 80% de ellos, como refleja la Tabla 10.

**Tabla 10: Comparación de resultados en la generación del modelo probalístico entre el total de la muestra y un 80% de la misma escogida aleatoriamente.**

	B anrodder	B anroizq	% clasificación	Chi-cuadrado	Sig.
<b>Muestra Total</b>	-0.102	0.103	98.2	254.155	0.000
<b>80% de la Muestra</b>	-0.102	0.104	98.9	214.459	0.000

Los sujetos no incluidos en el modelo han sido luego correctamente clasificados. Mediante el modelo del 80%, lo cual confirma su “bondad” a la hora de predecir correctamente. Así también obtenemos que el porcentaje de bien clasificados tanto en la Regresión Logística como con el Análisis Discriminante coincide exactamente

### 3.1.3 DISCUSIÓN (Estudio 1)

Una de las cuestiones más estudiadas y confirmadas por la investigación deportiva sobre la percepción y respuesta en habilidades abiertas en general (Abernethy, 1987; Williams & Burwitz, 1993, Williams et al., 2002) y del portero de fútbol en particular (Savelsbergh et al., 2002), es que los jugadores expertos son mejores que los novatos utilizando preíndices de movimiento para guiar sus movimientos anticipatorios. Incluso hay estudios que afirman, que los jugadores expertos son más rápidos y eficientes por la utilización de preíndices en la toma de sus decisiones (Abernethy & Russel, 1984; Goulet et al., 1989; Starkes et al., 1995; Wright et al., 1990). En nuestro estudio hemos podido comprobar que variables como la tasa de éxito en la detección del balón (PP: 22.30% vs. PA: 20.65%), la realización de movimientos anticipatorios antes del que el jugador golpee el balón (PP: 95.04% vs. PA: 87.85%), y el tiempo de anticipación al lanzamiento (PP:  $233.33 \pm 70$  vs. PA:  $240 \pm 142.9$ ) no parecen diferir entre porteros amateurs y profesionales. Sin embargo encontramos diferencias en otras variables determinantes para la utilización de preíndices en la anticipación del movimiento como: el acierto del lugar hacia el que va a ser lanzado el penalti (PP: 51.04 % vs. 60.97%) y la velocidad de lanzamiento (PP:  $96.83 \pm 13,8$  vs. PA:  $87.24 \pm 11.59$ ); pero al contrario que los estudios referenciados, nosotros detectamos mejores resultados en porteros amateur que en los profesionales. No obstante hay que tener en cuenta que los lanzadores eran de la misma categoría que el portero que era valorado, lo cual puede ser una variable contaminante que no hemos tenido en cuenta en nuestro estudio y que puede condicionar nuestras conclusiones al respecto de las variables comentadas. En relación a esta posible variabilidad de los lanzadores hemos constatado diferencias altamente significativas ( $p < 0,000$ ) entre la velocidad de lanzamiento de los jugadores profesionales ( $P: 96.83 \pm 13.8$ ) y jugadores amateur ( $87.24 \pm 11.59$ ), lo cual puede provocar que los porteros profesionales ante esta evidencia hayan generado un patrón de anticipación más prematuro que el de los porteros amateur provocándose con ello una mayor tasa de error en la elección del

lado adecuado, pero como comentábamos con anterioridad mediante este estudio no podríamos determinar que esto se produzca así.

En lo que los resultados no nos dan lugar a duda es que los porteros profesionales presentan una mayor estabilidad del tiempo de anticipación (PP:  $233.33 \pm 70$  vs. PA:  $240 \pm 142.9$ ) presentando una desviación típica menor que el grupo amateur, lo cual representa tienen más automatizado los movimientos ante la situación de penalti. La tasa de acierto de la dirección del balón que hemos obtenido es del 56.88%, algo más baja que la obtenida por Williams & Burwitz (1993) que determinaron una tasa de éxito del 74.3% en la elección del lado hacia el que iba a ser lanzado el balón en un penalti.

En el total de los lanzamientos hemos obtenido una media de anticipación de  $237.33 \pm 116.5$  ms. Estos datos se corresponden con los 300 ms. de anticipación obtenidos por Savelsbergh et al., (2002). La velocidad media obtenida es de  $91.24 \pm 13.4$  km/h, muy por encima de los 75 Km/h obtenidos por Kuhn, 1988, y muy por encima de los 60.48 Km/h obtenidos por Savelsbergh et al., 2002.

Hemos consultado estudios que indican que la anticipación es fundamental para detección del penalti por parte del portero de fútbol (Savelsbergh & Van der Kamp 2000), sin embargo no hemos encontrado estudios que hayan determinado comportamentalmente los parámetros que determinan estos movimientos. El modelo que hemos generado en este estudio parece responder al vacío que planteábamos con nuestro problema determinando: por un lado, que cuanto menor sea el ángulo de la rodilla derecha y mayor sea el ángulo de la rodilla izquierda más probabilidades existen de que el portero se lance hacia la derecha, y por otro lado, que cuanto menor sea el ángulo de la rodilla izquierda y mayor sea el ángulo de la rodilla derecha, mas probabilidades existen de que el portero se lance hacia la izquierda. Teniendo en cuenta que el mínimo tamaño en el que podemos centrar nuestra atención es el correspondiente a 3 grados de nuestro ángulo de visibilidad (Eriksen, 1990) y que la localización de un estímulo requiere una atención directa a él (Butler, 1980; Johnston & Pashler, 1990; Styles & Allport, 1986; Treisman & Gelade, 1980), debemos intentar determinar un solo preíndice de movimiento con el fin de no difuminar la atención del jugador. La variable con más significación es la correspondiente a la rodilla contraria a la del movimiento, o lo que es lo mismo,

determinar que el portero se tiene un 98.2% de probabilidad de lanzarse hacia el lado contrario de la rodilla que tiene más extendida. La determinación de este preíndice de movimiento nos permite obtener un parámetro de regularidad en los movimientos del portero antes del lanzamiento de penalti y al mismo tiempo una herramienta para el entrenamiento de lanzadores de penalti para la mejora de eficacia en dicha situación.

Partiendo de la seguridad de que con la identificación del preíndice correcto sabremos hacia que lado se desplazará el portero, y que nos encontramos ante una toma de decisión que se ha de producir en márgenes de tiempo muy reducidos, nos preguntamos: ¿La aportación explícita de la información relativa a los preíndices del portero de fútbol mejorará la capacidad de anticipación del futbolista?, ¿Tiene capacidad el futbolista de percibir este preíndice y decidir en consecuencia en los márgenes de tiempo adecuados?, ¿Existen diferencias en cuanto a esta percepción del preíndice y toma de decisión entre jugadores expertos y noveles?. Con el fin de dar respuesta a estas inquietudes emanadas de los resultados obtenidos en nuestro primer estudio, abordamos los objetivos 3 y 4 de esta tesis tratando de confirmar nuestra segunda y tercera hipótesis.

### 3.2. ESTUDIO 2: DIFERENCIAS EXPERTO- NOVEL EN LA UTILIZACIÓN DE PREINDICES DE MOVIMIENTO DURANTE UN LANZAMIENTO DE PENALTI EN FUTBOL.

#### RESUMEN

Tras los resultados obtenidos en las distintas variables propuestas para el análisis del comportamiento predictivo del lugar de desplazamiento final del portero durante el lanzamiento de penalti, El objetivo de este estudio es evaluar si la aportación explícita de información sobre los preíndices del movimiento final del portero durante un lanzamiento de penalti reduce la respuesta de reacción (TD) del jugador de fútbol por debajo del "point of no return" y aumenta su tasa de acierto en la elección del lugar contrario a dicho desplazamiento, estableciéndose comparaciones entre jugadores expertos y noveles. Realizando una adaptación, a la ejecución con el pie, del sistema instrumental diseñado por Salvendy et al (2002), hemos obtenido una reducción de la TD significativamente mayor en expertos (102 ms.) que en noveles (47 ms.), estableciéndose tiempos medios de TD de 172 ms. (Expertos) vs. 189 ms. (noveles), por debajo del "point of no return" establecido para esta habilidad en 241 ms. por estudios anteriores. Hemos aumentado la tasa de acierto del lugar contrario al desplazamiento del portero del 58% al 91,33% (Expertos) y 90,66% (noveles). Concluimos que la aportación explícita de preíndices mejora los mecanismos de anticipación tanto de expertos como de noveles, aunque no en la misma medida.

#### 3.2.1 METODO (Estudio 2)

##### 3.2.1.1 Sujetos (Estudio 2)

Hemos utilizado una muestra total de 20 sujetos ( $n=20$ ), dividida en dos grupos, un Grupo Experto GE ( $n=10$ ) con una media de edad de  $(25,7 \pm 4,2$  años) y un Grupo Novel o No Experto GN ( $n=10$ ), con una media de edad de  $(22,1 \pm 2,5$  años). Para la consideración del nivel experto hemos determinado que tengan al menos 10 años y más de 10.000 horas de práctica, y que hayan jugado al menos 2 años en categoría semiprofesional. El grupo novel esta compuesto por sujetos que solo han jugado al fútbol de forma casual y recreativa. Habría que reseñar que este estudio ha sido realizado en la Universidad John Moores de Liverpool (Reino Unido), por lo que los sujetos son de nacionalidad inglesa y por tanto las categorías de juego también están referidas al sistema de competición de dicho país.

### 3.2.1.2 Diseño (Estudio 2)

Realizaremos un diseño experimental factorial mixto, estableciendo un grupo experimental (n=5) y un grupo control (n=5) dentro de la variables de grado de experiencia (Experto- Novel) en el que analizaremos las diferencias y similitudes con respecto a las siguientes variables:

#### *Variables Independientes:*

Hemos establecido dos variables independientes. Una referida a la aplicación o no de tratamiento (INFORMACION), estableciéndose 2 niveles: Grupo Experimental (GE) al que se le aplicara tratamiento y Grupo Control (GC)al que no de le aplicara tratamiento; y otra referida al grado de experiencia de los sujetos participantes (EXPERIENCIA), estableciéndose otros dos niveles Grupo Experto (exp) y Grupo Novel o No Experto (nov). Esta disposición de variables genera 4 grupos específicos de estudio:

- GEexp: Grupo experimental experto (n=5)
- GENov: Grupo experimental novel (n=5)
- GCexp: Grupo control experto (n=5)
- GCnov: Grupo control novel (n=5)

#### *Variables Dependientes:*

*Respuesta de reacción:* Esta variable se corresponderá con el tiempo que transcurre desde la aparición del preíndice hasta la respuesta del sujeto en milisegundos (ms.).

*Toma de decisión:* Con esta variable pretendemos medir la eficacia en la respuesta (A) como el numero de aciertos en la elección del lado contrario al desplazamiento final del portero estableciéndose la media para cada grupo, así como el numero de errores (E) en dicho propósito.

*Fijación de la mirada.* Lugar de fijación de la mirada durante la aparición del preíndice de movimiento en cada ejecución Creemos conveniente describir cada una de las localizaciones corporales y espaciales sobre las cuales el sujeto puede fijar su atención antes de proseguir la descripción de este estudio. Por tanto, entendemos a las localizaciones como las zonas o áreas sobre las que un individuo sitúa su visión



central o en fóvea dentro de su campo visual. Hemos dividido este campo visual en 4 zonas (ver figura 19):

Zona 1. Abarcaría la zona corporal del portero comprendida por la cabeza y las articulaciones de hombros y clavícula,

Zona 2. Abarcaría el espacio restante del tronco y las articulaciones de los codos y cadera.

Zona 3. Abarcaría el tercio distal del fémur, articulación de la rodilla y tercio proximal de tibia y peroné, de ambas rodillas.

Zona 4. Abarcaría desde el tercio proximal de tibia y peroné hasta la punta del pie de ambas piernas.

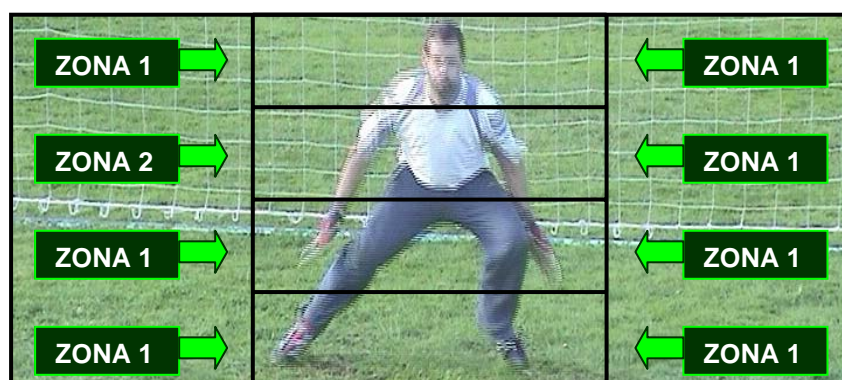


Figura 19: Delimitación de las zonas de fijación visual foveal del lanzador de penalti en fútbol sobre la posición del portero.

### 3.2.1.3 Instrumental (Estudio 2)

- Pantalla de proyección 4x3 m.
- Cañón proyector modelo: SHARP XG NV2E.
- Ordenador portátil Pentium IV, para la aportación de información en el tratamiento.
- 2 Ordenador Pentium IV, uno para el registro y calibración del Eye System, y otro para el registro de toma de decisión, respuesta de reacción y emisión de videos.
- Sistema de Seguimiento de la Mirada: EYE SYSTEM ASL 5000 (Applied Science Laboratorios, USA).
- Sistema de cronometraje de la respuesta de reacción desarrollado por el laboratorio de Motor Skills de la Universidad John Moores de Liverpool.
- 2 placas detectoras de presión, para determinación de la toma de decisión a izquierda a derecha.

### 3.2.1.4 Procedimiento (Estudio 2)

Previo al comienzo de cada test, se requirió que todo sujeto participante en el estudio rellenase un formulario con: Nombre y apellido, máximo nivel o categoría en la que había jugado al fútbol, equipo al que pertenecía en dicha categoría y número de años que jugó en ese nivel, además de firmar su consentimiento para someterse a esta investigación.

Durante la ejecución del test, el sujeto permanecía de pie ubicando su pierna dominante o habitual de golpeo entre dos placas detectoras de contacto situadas en el suelo (ver figura 20). Este sujeto estará situado frente a una pantalla de proyección, donde se le proyectaran videos editados de movimientos de un portero durante toda la ejecución de un penalti a tamaño y perspectiva reales. Se le solicitó al jugador que respondiera pisando, lo más rápido que pudiera, la placa detectora de contacto correspondiente al lado contrario al que él creía que se iba a lanzar el portero. Es decir el sujeto simularía la ejecución real de un penalti, decidiendo el lugar al que debería golpear el balón para conseguir gol evitando la acción del portero.

Previo al comienzo del test se le colocaba en la cabeza un sistema de seguimiento de la mirada (Eye System ASL 5000), el cual era calibrado en cada sesión, para cada sujeto, en la situación real de ejecución del test.

Realizamos una valoración pretest-posttest con un total de 36 ejecuciones por sesión. Las 36 ejecuciones de que constaba cada test quedaban organizadas de la siguiente manera: un bloque de 6 ejecuciones de calentamiento y adaptación al sistema de valoración, seguida de un total de un total de 30 ejecuciones de evaluación, en las que los videos presentados eran establecidos previamente, de forma aleatoria, y en el mismo orden para todos los ejecutantes. Tras la primera valoración correspondiente al pretest, los grupos experimentales eran sometidos a un tratamiento consistente en la proyección de un video informativo, en el que se les indicaba claramente cual era el preíndice de movimiento que debían percibir en el portero para aumentar su eficacia y para anticipar, hacia que lado se iba a desplazar el portero, con mayor rapidez, o dicho de otro modo, se les sometía a un entrenamiento de la atención visual basado en la focalización de la misma hacia los

preíndices de movimiento del portero estimados. Este preíndice se localizaba en la rodilla más extendida del portero durante su movimiento de anticipación, ya que es hacia ese lado al que tenían que responder pisando la alfombrilla correspondiente. Los sujetos pertenecientes a grupos control no se les ofrecía ningún tipo de información.

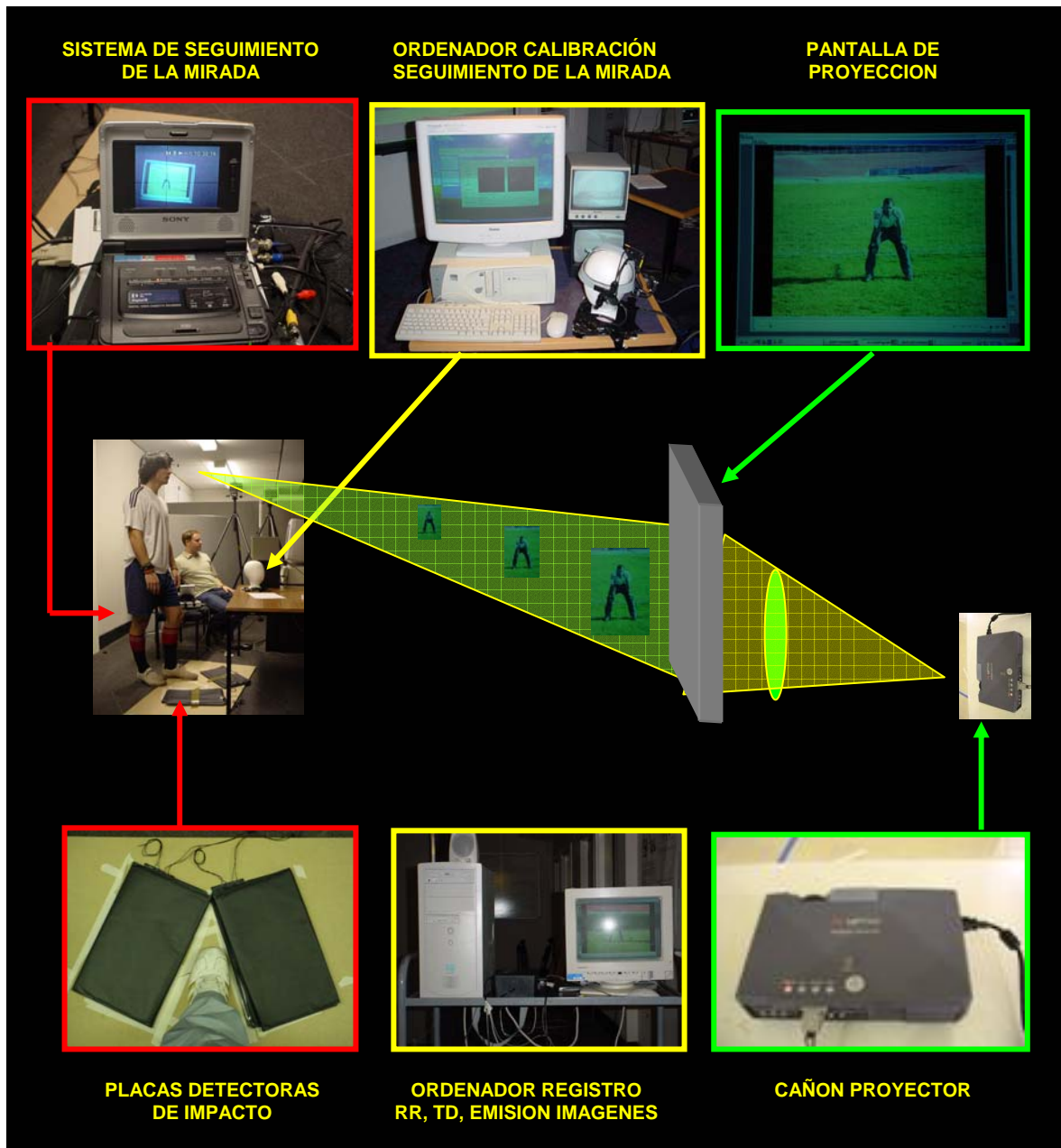


Figura 20: Sistema de evaluación

Tras un receso de 24 horas se les sometía a una segunda valoración en las mismas condiciones, de la obtenida en el pretest, con la salvedad de que entre los 36 videos editados, los 21 primeros coincidían con la situación pretest, pero en los

15 últimos, hemos introducido 15 videos nuevos con respecto a la sesión anterior. Esta modificación de los últimos 15 videos nos permite evitar un posible mejora por aprendizaje de la secuencia de videos proyectados.

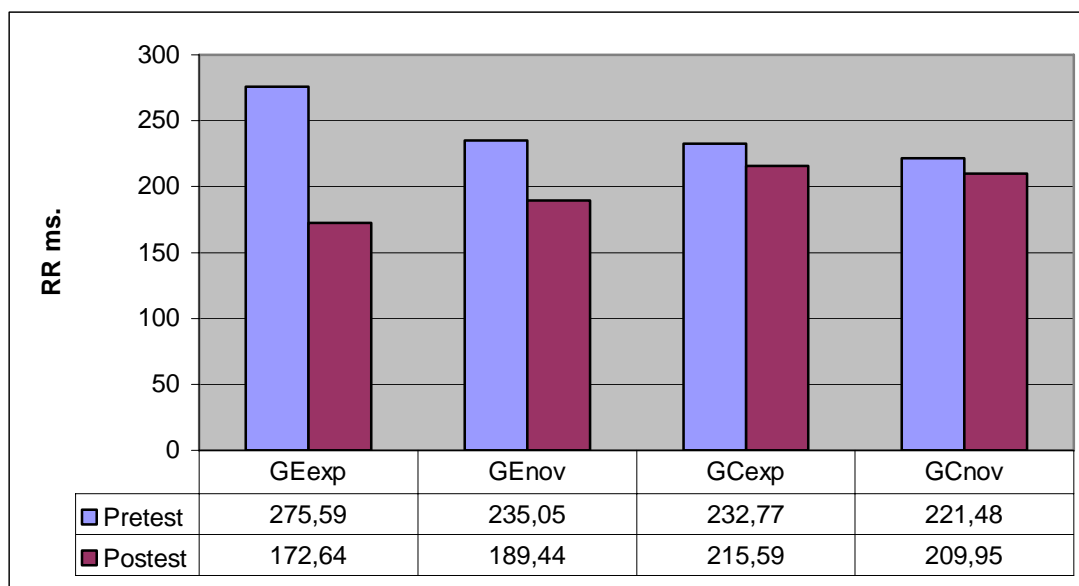
### 3.2.2 RESULTADOS (Estudio 2)

Para la valoración de los resultados en cuanto a la respuesta de reacción (RR) hemos realizado un análisis Anova de 2 factores, en cada una de las situaciones de experimentación, para cada una de las variables generales analizadas (INFORMACION y EXPERIENCIA). Este análisis nos revela que no existen diferencias significativas para ninguna de las variables en la situación PRETEST, lo cual nos confirma una distribución homogénea de los grupos con respecto a la RR previa al tratamiento (Tabla 11), y que en el posttest se alcanzan valores medios para los grupos experimentales de  $172 \pm 107$  ms (expertos) y  $189 \pm 98$  ms. (noveles) (Ver figura 21).

**Tabla 11: Análisis del tiempo empleado en la respuesta de reacción para cada una de las variables INFORMACION y EXPERIENCIA en la situación PRETEST.**

Fuente	Suma de cuadrados tipo III	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Modelo	1167918,36	4	291979,59	105,08	,000
INFORMACION	4214,28	1	4214,28	1,52	,236
EXPERIENCIA	3610,52	1	3610,52	1,3	,271
INFORMACION * EXPERIENCIA	949,72	1	949,71	,34	,567
Error	44459,42	16	2778,71		
Total	1212377,79	20			

a R cuadrado = ,963 (R cuadrado corregido = ,954)



**Figura 21 : Valores medios de RR para cada grupo de experimentación en las situaciones pretest y postest.**

En cuanto a las diferencias PRE-POST de la RR de cada sujeto, el análisis con respecto a la variable EXPERIENCIA, a nivel general, no observamos resultados significativos ( $F=2,10$ ;  $p=0,166$ ), sin embargo si encontramos significación en cuanto a la variable INFORMACION, obteniéndose resultados significativamente menores de (RR) en el grupo experimental que el grupo control ( $F= 7,37$ ;  $p=0,015$ )(ver tabla 12).

**Tabla 12: Análisis de la diferencia PRE-POST del tiempo empleado en la respuesta de reacción para cada una de las variables INFORMACION y EXPERIENCIA.**

Fuente	Suma de cuadrados tipo III	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Modelo	65287,208	4	16321,802	6,519	,003
INFORMACION	18458,888	1	18458,888	7,373	,015
EXPERIENCIA	5265,662	1	5265,662	2,103	,166
INFORMACION * EXPERIENCIA	3125,500	1	3125,500	1,248	,280
Error	40059,633	16	2503,727		
Total	105346,841	20			

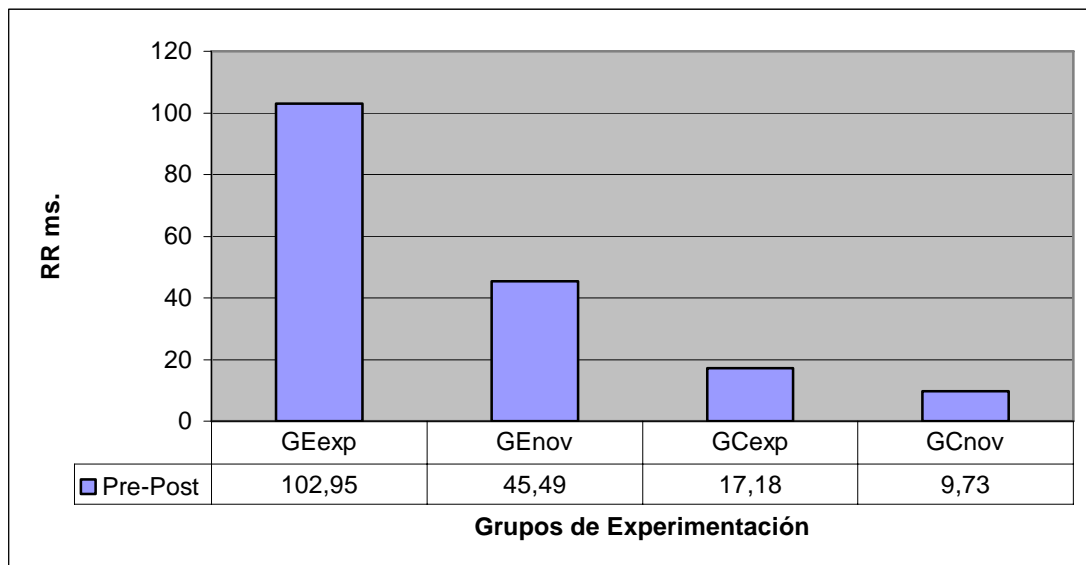
a R cuadrado = ,620 (R cuadrado corregido = ,525)

Si diferenciamos los resultados obtenidos para cada uno de los grupos en cada una de las situaciones de experimentación obtenemos los siguientes resultados (ver tabla 13)

**Tabla 13: Tiempos medios de RR  $\pm$  DT en cada prueba de valoración para cada grupo de investigación.**

	PRETEST	POSTEST	DIFERENCIA PRE-POST
GExp	275,59 $\pm$ 185,37	172,64 $\pm$ 107,44	102,95 $\pm$ 22,05
GENov	235,05 $\pm$ 186,40	189,44 $\pm$ 98,48	45,49 $\pm$ 47,48
GCexp	232,77 $\pm$ 178,99	215,59 $\pm$ 183,14	17,18 $\pm$ 78,38
GCnov	221,48 $\pm$ 134,85	209,95 $\pm$ 137,36	9,73 $\pm$ 33,14

Aplicamos una t de student de muestras independientes para analizar la diferencia PRE-POST de la (RR) en cada uno de los grupos de investigación. Así obtenemos que el grupo experimental experto (GExp) reduce su respuesta de reacción en 102 $\pm$ 22 ms., esta reducción es significativamente mayor que la obtenida por el grupo control experto (GCexp) 17 $\pm$ 78 ms. (t=2,36; p=0,046), y que la obtenida por el grupo experimental novato (GENov) 45 $\pm$ 47 (t=2,44; p= 0,041) (ver Figura 22).

**Figura 22: Cuantificación de la reducción de la RR del pretest al posttest.**

Teniendo en cuenta que no existe ninguna diferencia significativa en la comparación del resto de los grupos (ver tabla 14), podemos asegurar, a pesar de una considerable reducción en la RR del GENov, que la mejora obtenida en la variable INFORMACION, se debe en gran medida a la reducción de la RR del grupo GExp.

**Tabla 14: Analisis de las diferencias PRE-POST de la RR para cada uno de los grupos.**

		Prueba de Levene para la igualdad de varianzas		Prueba T para la igualdad de medias							
		F	Sig.	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	Error típ. de la diferencia	95% Intervalo de confianza para la diferencia		
										Inferior	Superior
GEexp vs. GEnov	Se han asumido varianzas iguales	4,45	,068	-2,44	8	,041	-57,45	23,55	111,76	-3,15	
GEnov vs. GCnov	Se han asumido varianzas iguales	1,12	,320	-1,37	8	,207	-35,76	26,02	95,76	24,24	
GCexp vs. GC nov	Se han asumido varianzas iguales	2,47	,155	-2,35	8	,046	-85,76	36,41	169,73	-1,79	

Con todo ello, debemos de reseñar que por las características de los test propuestos obtenemos una alta variabilidad en la RR de todos los sujetos, sobretodo en la situación Pretest. Dicha variabilidad es acentuada por una serie de ensayos que hacen disparar la media, dándole un claro carácter asimétrico a esta variable. Sin embargo, podemos apreciar que en torno al 95% de las respuestas se encuentran por debajo de los 500 ms. de duración. Si contabilizamos en número de ensayos por encima de esta duración en las situaciones PRETEST Y POSTEST obtenemos los siguientes resultados (ver tabla 15).

**Tabla 15: Numero de respuestas por encima de los 500 ms. en las situaciones pretest y posttest**

	PRETEST	POSTEST
GEexp	16	2
GEnov	16	1
GCexp	13	10
GCnov	6	6

Aplicando el Test de Poisson a estos resultados sobre el total de 300 ensayos para cada grupo obtenemos que los grupos experimentales alcanzan resultados altamente significativos con respecto a los grupos control (GEexp  $t=3,18$   $p<0,001$ ; GEnov  $t=3,52$   $p<0,001$ ), los cuales nos indican la tendencia a estabilizar su respuesta de reacción entorno a un estímulo, en este caso el preíndice de movimiento aportado (ver figura 23).

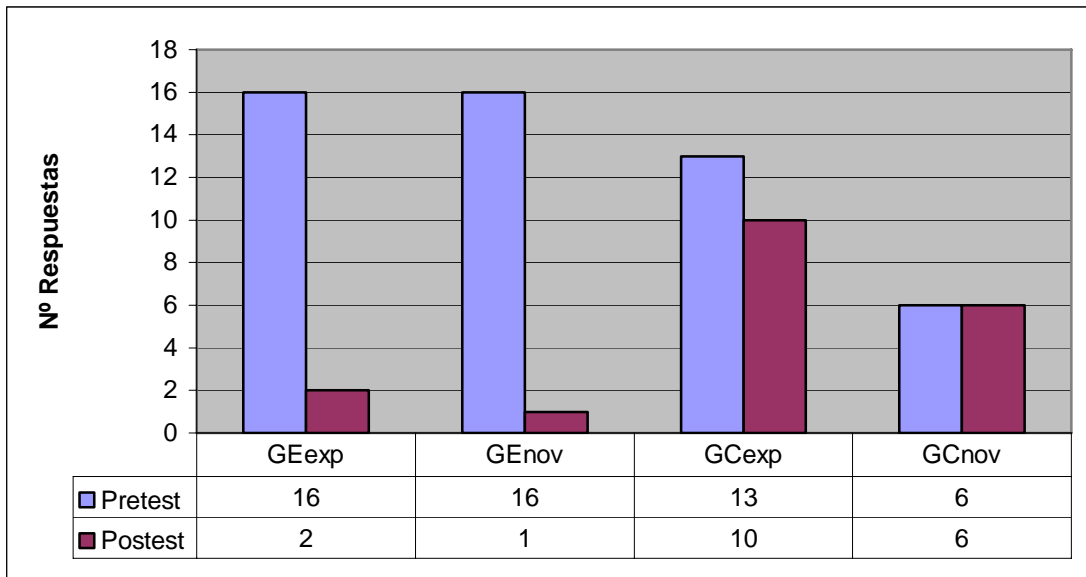


Figura 23: Valoración de ensayos de duración por encima de los 500 ms.

En cuanto a la variable toma de decisión (ver figura 24), hemos aplicado un test chi-cuadrado para tablas de contingencia (ver tabla 16 y 17). Hemos encontrado un aumento de los aciertos altamente significativos en los grupos experimentales, consiguiéndose pasar de 58% a un 91% de acierto en la toma de decisión ( $X^2=85,99$   $p<0,001$ ), no existiendo diferencias entre el grupo experto (91,33%) y novel (90,66%). No existe mejora significativa en los grupos control pasando de un 61,66% a un 66% ( $X^2=1,22$   $p<0,269$ ) (Ver tabla 13 y 14)

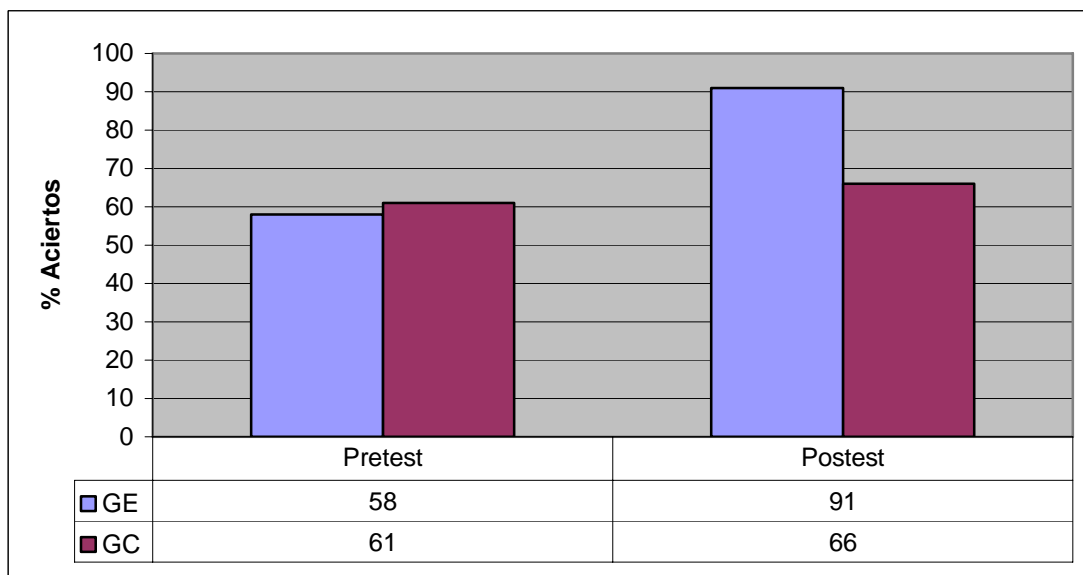


Figura 24: Valoración porcentual de la toma de decisión correcta



**Tabla 16: Tabla de contingencia PRETEST- POSTEST Acierto o error en la ejecución de la prueba**

Grupo		Acierto o error en la ejecución de la prueba		Total
		Error	Acierto	
Grupo Control	Pretest	115	185	300
	Postest	102	198	300
Grupo Experimental	Pretest	126	174	300
	Postest	27	273	300
GExp	Pretest	63	87	150
	Postest	13	137	150
GEnov	Pretest	63	87	150
	Postest	14	136	150

**Tabla 17: Pruebas de chi-cuadrado para cada las variables analizadas**

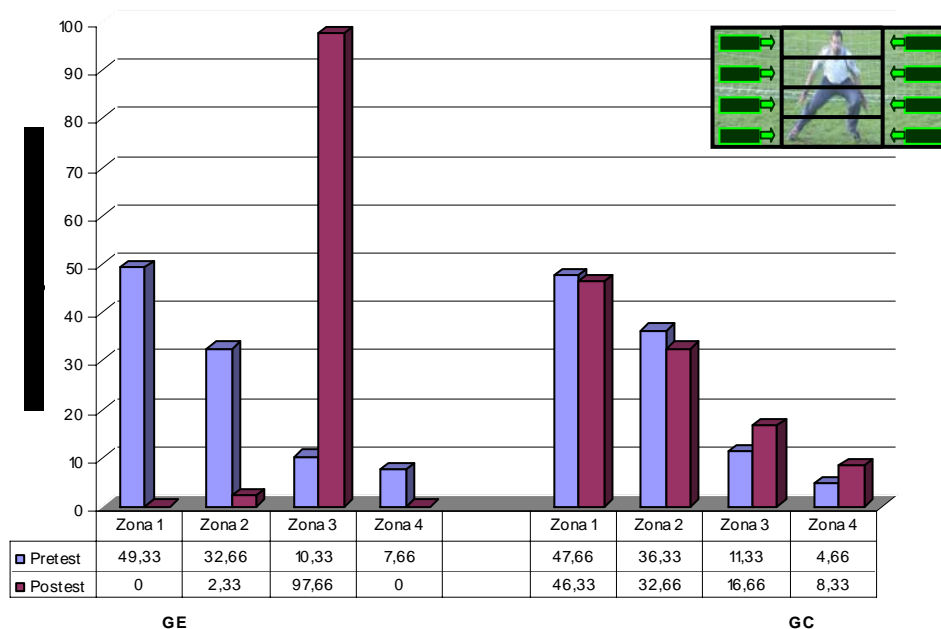
Grupo de investigación		Valor	gl	Sig. asintótica (bilateral)	Sig. exacta (bilateral)	Sig. exacta (unilateral)
Grupo Control	Chi-cuadrado de Pearson	1,220	1	,269	,308	,154
	Corrección por continuidad	1,040	1	,308		
	Razón de verosimilitud	1,221	1	,269		
	Estadístico exacto de Fisher					
	Asociación lineal por lineal	1,218	1	,270		
	N de casos válidos	600				
Grupo Experimental	Chi-cuadrado de Pearson	85,985	1	,000	,000	,000
	Corrección por continuidad	84,257	1	,000		
	Razón de verosimilitud	91,616	1	,000		
	Estadístico exacto de Fisher					
	Asociación lineal por lineal	85,842	1	,000		
	N de casos válidos	600				

a. Calculado sólo para una tabla de 2x2.

b. 0 casillas (,0%) tienen una frecuencia esperada inferior a 5. La frecuencia mínima esperada es 108,50.

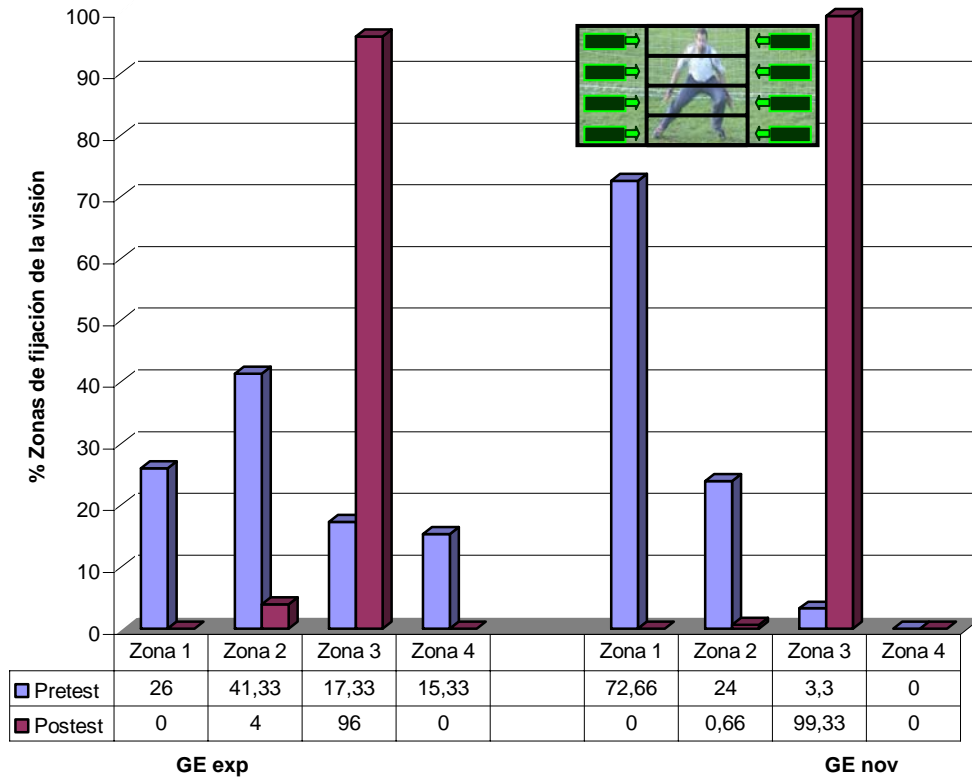
c. 0 casillas (,0%) tienen una frecuencia esperada inferior a 5. La frecuencia mínima esperada es 76,50.

En cuanto a las zonas de fijación de la mirada durante la aparición del preíndice de movimiento, no existen diferencias significativas pretest entre el GE y GC (ver figura 25). Durante el pretest las zonas más frecuentada por los sujetos ha sido la zona 1 (GE: 49,33%; GC: 47,66%) seguida de la zona 2 (GE:32,66%; GC: 36,33%). Tampoco existe diferencias en las zonas de fijación durante el pretest y el postest del GC ( Zona 1: 46,33%; Zona 2: 32,66%). Sin embargo si existen diferencias significativas en las zonas de fijación durante el pretest y el postest del GE, concentrándose el 97,66% de las fijaciones en la zona 3 durante el postest.

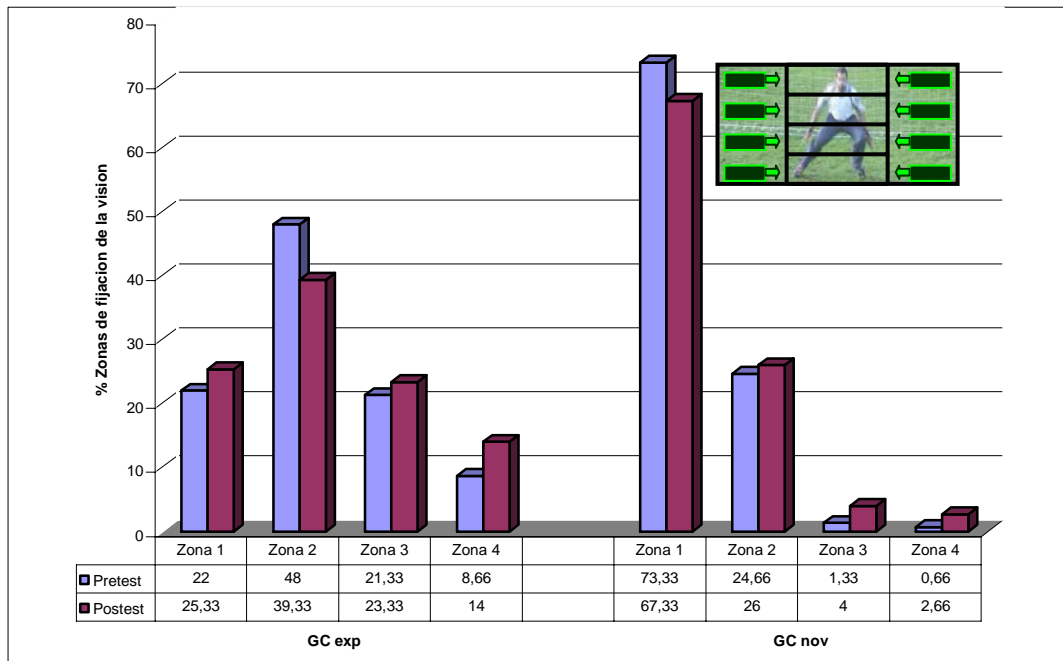


**Figura 25: Porcentajes de zonas de fijación de la mirada durante el lanzamiento de penalti para el GE y GC.**

Esta fijación de la visión en la zona 3 del GE durante el posttest no presenta diferencias entre el grupo experto y novel (GE experto: 96%; GE novel: 99,33%),(Figura 26). Sin embargo si podemos observar que existen diferencias en la distribución de las fijaciones durante la realización del pretest entre el grupo experto (Zona 2: 41,33; Zona 1: 26%; Zona 3: 17,33% y Zona 4: 15,33%) y el grupo novel (Zona 1: 72,66; Zona 2: 24%; Zona 3: 3,3% y Zona 4: 0%). Sin embargo no existen diferencias significativas en cuanto a la dinámica de fijación de la visión entre el GC experto y GC novel (Ver figura 27).



**Figura 26: Porcentajes de zonas de fijación de la mirada durante el lanzamiento de penalti para el GE experto y GE novel.**



**Figura 27: Porcentajes de zonas de fijación de la mirada durante el lanzamiento de penalti para el GC experto y GC novel.**

### 3.2.3 DISCUSIÓN (Estudio 2)

En este estudio hemos desarrollado un sistema que nos ha permitido analizar como influye la aplicación de un entrenamiento, basado en la aportación de preíndices de movimiento del portero, sobre la anticipación de jugadores de fútbol expertos y noveles durante la ejecución de un penalti. Como segundo objetivo hemos planteado un análisis de los lugares de fijación de la mirada de jugadores expertos y noveles durante el desarrollo de esta habilidad, con el fin de determinar si existían estrategias o puntos de fijación claves establecidos de una manera no consciente.

La no existencia de diferencias significativas, en cuanto a la respuesta de reacción, entre los grupos experimentales y control de cada nivel (experto- novel) durante el pretest, nos confirma una distribución homogénea, de dichos grupos, previa a la aplicación del tratamiento. Hemos podido comprobar como la aplicación del entrenamiento específico de preíndices de movimiento ha provocado en los jugadores una reducción temporal en la respuesta de reacción con respecto a los que no lo recibieron. Según lo expuesto por Adam y Wilberg (1992), la reducción del tiempo de procesamiento de información a través de la aplicación del tratamiento, basado en la aportación de preíndices de movimiento del portero (Núñez et. al. (2005), denotaría una optimización de los procesos de anticipación de los futbolistas. Esta reducción de la respuesta de reacción ha sido significativamente mayor en jugadores expertos (102 ms) que en jugadores noveles (45 ms), estando en consonancia con la afirmación de que los jugadores de fútbol expertos son mejores que los noveles en la utilización de preíndices de movimiento para realizar sus movimientos de anticipación (Helsen & Pauwels, 1993, Jones, James & Mellalieu, 2003). Además, en el análisis de las asimetrías de los tiempo de respuestas obtenidos, podemos observar como los jugadores expertos, tras la aplicación del tratamiento, tienden a estabilizar más sus respuestas de reacción que los jugadores noveles que ofrecen ejecuciones más dispersas. Esta estabilización de la respuesta entorno al rango de tiempo donde existe la aparición del preíndice, no solo obtendría la valoración objetiva de la reducción de su respuesta de reacción, sino que además, aportamos un parámetro de focalización atencional que nos permitiría abstraerlo de otros factores distractores, como el público y otros adversarios.

Tras la aportación de la información preindicativa del movimiento final del portero, se han obtenido valores medios de respuesta de reacción de 172 ms, para los jugadores expertos, y 189 ms para jugadores noveles, muy por debajo de los 241 ms propuestos por Morya et al (2003) como “point of no return”. Este resultado nos indicaría que en la situación concreta de valoración que hemos empleado, el “point of no return” estaría por debajo de lo establecido por Morya et al. (2003). Tendríamos que tener en cuenta que estos autores requerían de los jugadores un golpeo real del balón, hecho que puede darle explicación a las diferencias establecidas con nuestro estudio, ya que nuestros jugadores partían con tiempos de respuesta de reacción previa al tratamiento de 275 ms para expertos y 235 para noveles. Con todo ello, en situaciones parecidas, aunque analizadas sobre porteros de fútbol, los datos obtenidos en nuestro estudio están por debajo de los 296 ms para expertos y muy por debajo de los 480 ms para noveles, obtenidos por Salvendy et al. (2002). Lo que si podemos afirmar es que si existe alguna limitación a este respecto va a radicar en el mecanismo ejecutor-efector, ya que a nivel anticipatorio y decisional hemos demostrado como los jugadores de fútbol expertos y noveles entrenados mediante la aportación de preíndices obtienen valores de respuesta de reacción dentro del tiempo disponible desde que el portero comienza su movimiento hasta que el jugador golpea el balón, estimados por Núñez et al. (2004) en 237ms.

En cuanto a la efectividad de la toma de decisión tanto el grupo experto como el novel que recibieron información sobre preíndices de movimiento del portero obtuvieron una mejora significativa, alcanzando un nivel de acierto del 91% (expertos) y 90% (noveles) frente al 58% de partida previo para ambos grupos. La aportación de preíndices obtiene datos de efectividad en la anticipación superiores a otros tratamientos como la edición de imágenes Expertos 83% y Noveles 71,4% (Salvendy et al. 2002). La no existencia de diferencias entre expertos y noveles no se corresponden con los resultados obtenidos con la técnica de edición de imágenes, los cuales afirman de un mayor porcentaje de acierto en expertos que en noveles. (Salvendy et al. 2002, Mc Morris et al. 1993, Williams & Burwitz 1993). La explicación de estos resultados radica en que con la aportación de preíndices de movimiento estamos supliendo la posible ventaja del experto sobre el novato en su estrategia de búsqueda de información relevante, de ahí que no existan diferencias en cuanto a la variable toma de decisión y si en cuanto a al respuesta de reacción,

ya que con dicho tratamiento no aportamos nada nuevo para mejorar el mecanismo ejecutivo que debe ser mejor y más adaptable en el jugador experto que el jugador novel.

La variabilidad tanto Inter.-grupal como Inter.-sujeto en cuanto a la fijación de la mirada durante la ejecución de la prueba previa al tratamiento, nos hace afirmar la no existencia de un patrón fijo de mirada que nos pudiera establecer una estrategia previa a la realización de este estudio. Partiendo de los datos generales que nos revelan que los jugadores tanto expertos como no expertos fijan su mirada preferente mente en la mitad superior del cuerpo del portero, si podemos establecer que los jugadores expertos tienden a fijar su mirada en la zona 2 correspondiente al tronco (41,33%) y los jugadores noveles en la zona 1 correspondiente a la cabeza (72,66%). Tras la aplicación del tratamiento observamos como tanto los jugadores expertos y noveles a los que se le aplicó el tratamiento fijan su mirada en la zona 3 (97%), zona en la que ubicábamos el preíndice a detectar para anticipar el movimiento final del portero. Este dato nos corrobora que las mejoras obtenidas por estos dos grupos en el resto de variables analizadas han venido precedida de una adecuada asimilación del tratamiento por parte del jugador, confirmándonos que la aportación explícita de preíndices de movimiento mejora los mecanismos de anticipación sobre todo en habilidades que requieren velocidad y precisión de ubicación del estímulo (Bahill y LaRitz, 1984; Ripoll, 1991; Lenoir et al., 2000).

En resumen, nuestros resultados indican que la aplicación de un entrenamiento basado en la aportación explícita de preíndices del movimiento final del portero de fútbol durante la ejecución del un penalti, mejora los mecanismos de anticipación en jugadores de fútbol expertos y noveles aunque no en la misma medida. Los jugadores expertos parecen tener estructuras funcionales más desarrolladas que les permiten un mayor aprovechamiento de dicha información preindicativa aumentando el margen de tiempo que tienen para decidir golpear el balón hacia un lado u otro. Las posibles limitaciones en cuanto a la capacidad anticipatoria del jugador de fútbol radican en sus mecanismos ejecutivo-efector, debido a que el estudio de regularidades en el comportamiento del adversario puede solventar las limitaciones temporales existentes por la búsqueda aleatoria de preíndices de movimiento, hasta el momento, solo atribuibles a la experiencia adquirida por su práctica deportiva.

Tras la confirmación de que los preíndices del portero de fútbol determinados en el estudio 1 son perceptibles por el jugador y le permiten decidir en consecuencia dentro de los márgenes temporales establecidos, además de que la aportación de la información sobre dichos preíndices mejoran la capacidad anticipatoria del jugador lanzador de penalti, se nos abre nuevas líneas de investigación que radican en el estudio de preíndices de movimiento en habilidades y situaciones relevantes para el rendimiento deportivo, y en el diseño de sistemas automatizados que permitan la aportación de información preinducativa y el entrenamiento de la habilidad a optimizar en situaciones reales. Tomando esta última idea y abordando el objetivo 5 de esta tesis, nuestro siguiente estudio trata de generar un sistema automatizado que integre todas las variables relevantes a tener en cuenta para el entrenamiento del lanzador de penalti de una manera eficaz, objetiva y autónoma.

### 3.3. DESARROLLO DE UN SISTEMA AUTOMATIZADO DE PROYECCION DE PREINDICES PARA LA MEJORA DEL LANZAMIENTO DE PENALTI EN FUTBOL.

#### RESUMEN

El presente trabajo desarrolla un sistema novedoso, automático y portátil para el control, valoración y entrenamiento de habilidades deportivas abiertas. Este sistema ha sido diseñado para la mejora la anticipación y la toma de decisión del jugador lanzador de penalti mediante un sistema de proyección de preíndices de movimientos del portero de fútbol durante la ejecución del mismo. Al mismo tiempo, permite el control de las variables temporales de la respuesta de reacción correspondientes a, la toma de decisión, preperíodos y tipos de estimulación, así como la tasa de éxito en su ejecución. Se ha constatado la gran utilidad del sistema en el campo del entrenamiento deportivo aportando una alta transferencia al gesto real de juego.

#### 3.3.1 DESCRIPCIÓN GENERAL DEL SISTEMA AUTOMATIZADO

Un *sistema automatizado* implica una disposición de elementos físicos conectados entre sí, de manera que actúan y se autorregulan por sí mismos, sin precisar agentes exteriores. Si se consigue presentar al sujeto las condiciones del estímulo discriminadas para cada situación, si registro los diferentes parámetros de su respuesta, y si los analizo mediante los sistemas adecuados de cálculo; sin necesitar la presencia del experimentador y asegurando la fiabilidad de todo el sistema, nos encontraremos ante un proceso completamente automatizado.

Los sistemas automatizados, pues, basan su funcionamiento en la utilización de elementos tecnológicos para reducir la intervención de agentes externos, incluido el factor humano. De esta manera permiten reducir el error en la medida, objetivo primordial en la metodología científica, obteniendo datos precisos y fiables. En la medida del comportamiento humano y en concreto del comportamiento motor, estos sistemas permiten integrar diferentes herramientas de recogida de datos, el análisis de éstos y su manipulación, su presentación y el almacenamiento en unidades de rápido acceso.

Dentro del aprendizaje motor, el papel del control de la información toma una gran relevancia. La consideración del individuo como un servosistema (Schmidt, 1988), subraya el valor de la información en el estudio del comportamiento humano. Un sistema automatizado de control de la información pretende mejorar los factores relacionados con la información inicial, los mecanismos de referencia y el conocimiento de resultados o Feedback. En resumidas cuentas, el sistema



automatizado de control de la información basado en sistemas de simulación tiene los cometidos de:

- La presentación de información inicial y estímulos específicos para el entrenamiento en las estrategias atencionales y anticipatorias más adecuadas
- La simulación deportiva a través de estímulos complejos con características próximas a la situación deportiva concreta
- El registro del comportamiento motor del deportista
- La administración de la información sobre su ejecución, con el objetivo de mejorar su eficacia

### 3.3.2. ELEMENTOS QUE INTEGRAN PREINDEX TRAINER FÚTBOL

Se pueden establecer tres elementos estructurales claramente diferenciados que nos recuerdan los modelos de servosistema en el procesamiento de la información dentro del aprendizaje de habilidades deportivas (Moreno, 1997; Moreno et al., 1998):

- ☞ Estructura de información inicial
- ☞ Estructura de control de estímulos y registro
- ☞ Estructura de feedback o retroalimentación

Sobre estos tres niveles secuenciales en el tiempo y dentro de un ciclo cerrado, se sitúa una unidad de control o centro de procesamiento que se encarga de sincronizar en el tiempo la función de cada una de las estructuras y de integrar y gestionar los datos que se aportarán o se requerirán en cada momento.

#### 3.3.2.1 Descripción del Soporte Físico

##### 1. *Material encargado de proporcionar la Información Inicial:*

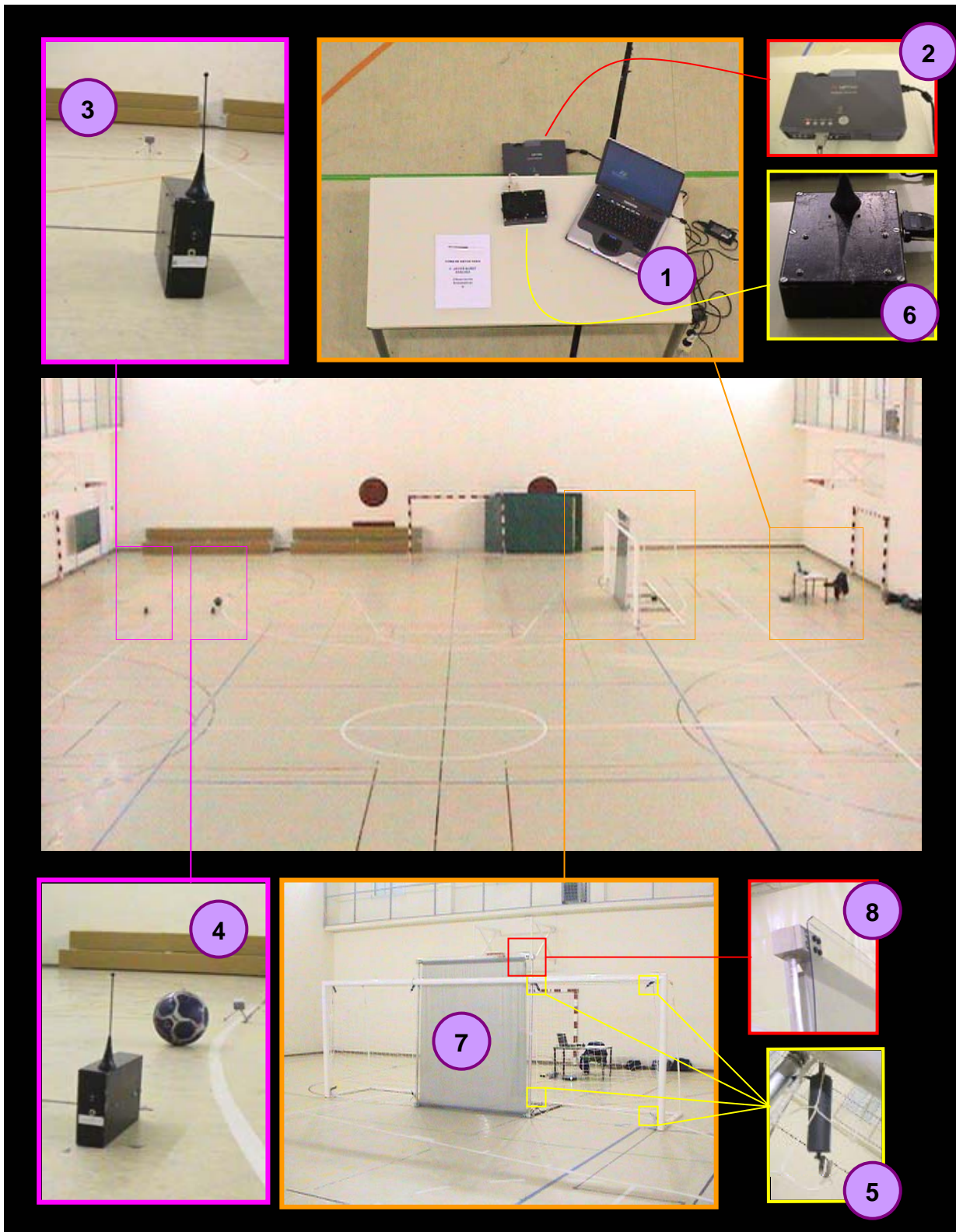
Este material tiene como función presentar al sujeto la información en formato audiovisual. Debe permitir presentar tanto texto como imágenes estáticas o en movimiento, sucesión de imágenes animadas y sonido. De ello se encarga la misma unidad central, un portátil hp nx-9010, con una CPU de 2.80 GHz y una memoria RAM de 704 MB, a través del cual se muestran videos editados con el fin de proporcionar información visual y auditiva sobre los preíndices a percibir en el portero para poder anticipar su movimiento final durante un lanzamiento de penalti.

Gracias a este sistema y al software desarrollado se puede ofrecer una información elaborada al sujeto, el cual puede verla y escucharla sentado ante el monitor y/o proyectada ante la pantalla a tamaño real.

## *2. Material de registro de la Respuesta Motora:*

Este material tiene como objetivo aportar información sobre los parámetros temporales de la respuesta de reacción del sujeto. Para ello se utilizarán diversos dispositivos comercializados y otros que han sido construidos para esta aplicación concreta y que enunciamos a continuación (Ver figura 28):

- Ordenador portátil hp nx9010 construido sobre un procesador intel con una CPU 280 GHz y una memoria RAM de 704 MB (1)
- Cañón Retroproyector 3M MP7740i, que proyecta con una luminosidad de 1800 lumens(2)
- 2 juegos de células fotoeléctricas polarizadas (Photoelectric Switch EJM-R4M4-G), una a 1,75 metros del punto de penalti (3), y otra a una altura de 15 cm. del suelo y tangente a la línea concava del balón más cercana a la portería (4).
- 2 mallas de red de 2,5 x 2,5 m (5) en las cuales se distribuirán 8 células de garga, 4 por malla, en su perímetro.
- Receptor modular de telemetría 8 canales de entrada y 4 de salida + 4 Emisores de telemetría 2 integrados en cada una de las mallas y otros 2 uno por cada módulo de células fotoeléctricas. (6)
- Una pantalla de retroproyección Reflectante Retrolite. De 2,44 m. (alto) x 2 m. (ancho)(7).
- Sistema de protección anti-impactos de la pantalla de proyección, basado en una lámina de policarbonato de 3 mm, transparente. (8)



**Figura 28: Distribución del material constituyente del sistema automatizado de proyección de preíndices.**

La unidad central consistirá en un ordenador portátil hp nx9010 construido sobre un procesador intel con una CPU 280 GHz y una memoria RAM de 704 MB, que realizará las siguientes funciones:

- Mostrar la Información inicial al deportista
- Controlar las sucesiones de series de ensayos y descansos
- Controlar el comienzo de las imágenes animadas
- Registrar los parámetros temporales de la respuesta de reacción del sujeto
- Detectar la decisión del sujeto y su tiempo de movimiento
- Analizar los datos y ofrecer los resultados (feedback) de forma gráfica en el monitor externo

### 3.3.2.2 Descripción del Sistema Hardware

El sistema hardware queda definido por las conexiones, mediante un sistema de radiofrecuencia, que establecemos entre los periféricos y el ordenador (unidad central) a través del puerto “centronics” o paralelo (ver figura 29). Este sistema de transmisión (radiofrecuencia) es una de las novedades que presenta el este sistema respecto a otros trabajos que siguen una línea de trabajo similar, ya que al eliminar el cableado específico de los dispositivos, no se interfiere en la ejecución del movimiento

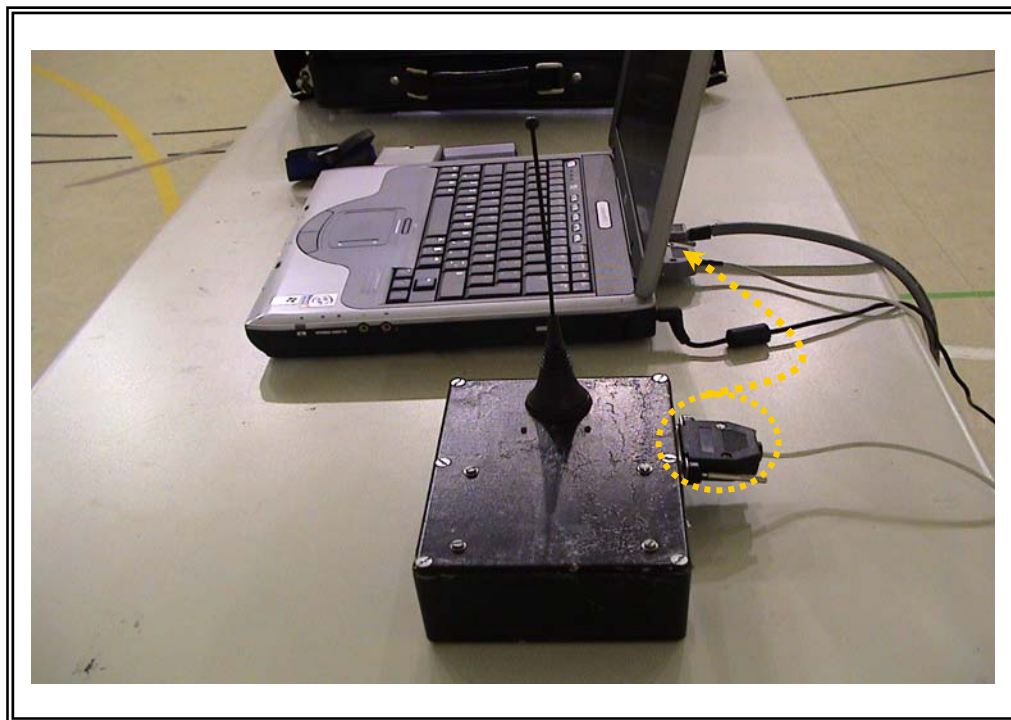


Figura 29: Caja de conexiones conectada a la unidad central que recoge la señal de los dispositivos.

### 3.3.2.3 Descripción del Soporte Lógico o Sistema Software.

El soporte lógico (software) se ha realizado específicamente para este trabajo, siendo denominada dicha aplicación informática como “*Preindex Trainer Fútbol*”. Dentro del soporte lógico, podemos encontrar dos núcleos funcionales importantes:

el que se ocupa de aportar la información inicial al deportista (que es independiente del programa Preindex), y el modelo encargado de la presentación del estímulo, el programa central de registro y control que ha sido diseñado mediante el programa Visual Basic. Net y se compone de distintos niveles:

### 1. Sistema de Información Inicial:

Este módulo fue programado sobre la aplicación multimedia Macromedia Director ver. 8 que permitía combinar los dispositivos de sonido y de vídeo para dar una información elaborada al sujeto.

En primer lugar al sujeto se le dará información general sobre la importancia que tiene el entrenamiento que va a poner en práctico y su utilidad en las situaciones de juego. Posteriormente se llamará la atención del jugador en diversos índices corporales que debe observar durante el movimiento del portero de fútbol, resaltando la importancia de estos aspectos para anticipación de las intenciones del oponente. (*preíndices de movimiento*).

### 2. Sistema de Registro de la Respuesta de Reacción: **Preindex Trainer Futbol**

Este soporte lógico se encontraba en el ordenador principal (integrado en el programa "Preindex") y es un sistema que permite un control avanzado de la información, el registro de datos a través del puerto paralelo y la presentación de estímulos dinámicos.

El programa utilizado para su codificación es el *Visual Basic. Net*. Este se divide en diferentes módulos cada uno con funciones específicas (rutinas principales, relación con los periféricos, base de datos, administración de información, etc.) y permite el control del sistema desde el registro de la respuesta motora, la presentación del estímulo, la manipulación de los datos y feedback, todo integrado en el mismo sistema.

El objetivo entre otros, es registrar las variaciones en los distintos dispositivos ubicados en la situación de prueba, que nos indican las características del movimiento del deportista, dispositivos que conectados a través del puerto paralelo

mandan una señal digital procesable por el programa. Debido a que el ordenador trabaja en décimas de segundo, ha sido necesario la utilización dentro del programa la librería de cronómetros de contador: Marbry HiTime Control, lo que nos permite hacer un registro temporal en milisegundos.

En el inicio del programa, el sistema te solicita la selección de algún sujeto incluido en su base de datos o en su defecto la incorporación de los datos identificativos del sujeto que va a entrenar con el sistema. Dicha operación solo se realizará una vez, aunque la información introducida puede ser modificada en cualquier momento (ver figura 30)

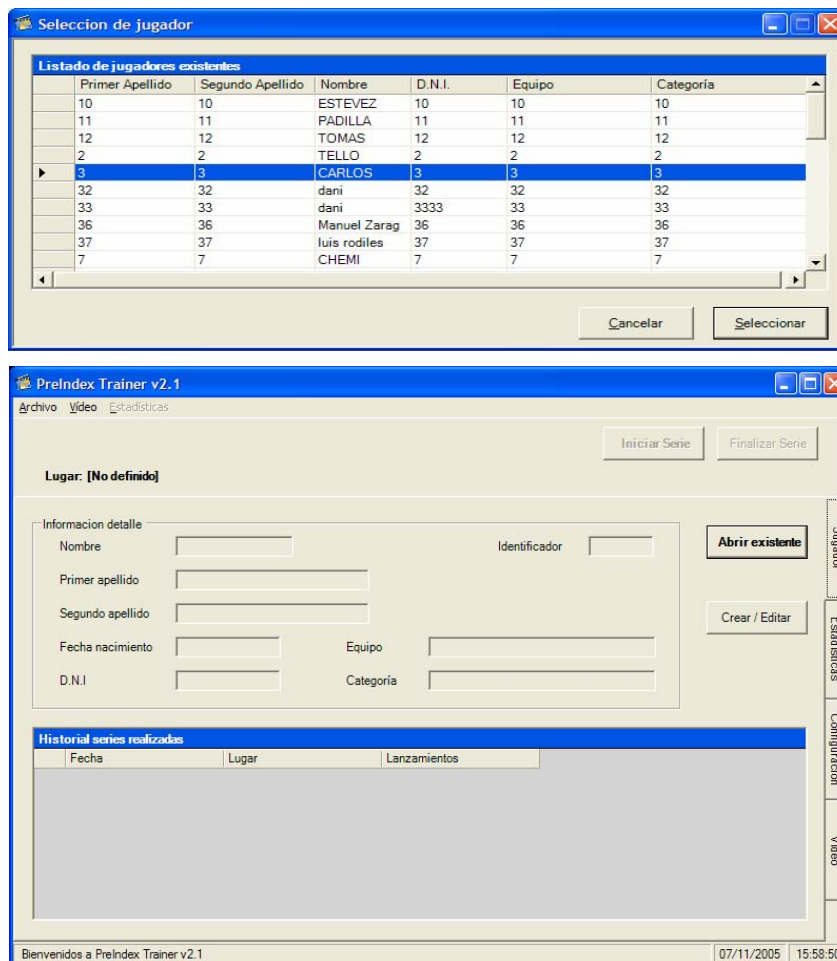
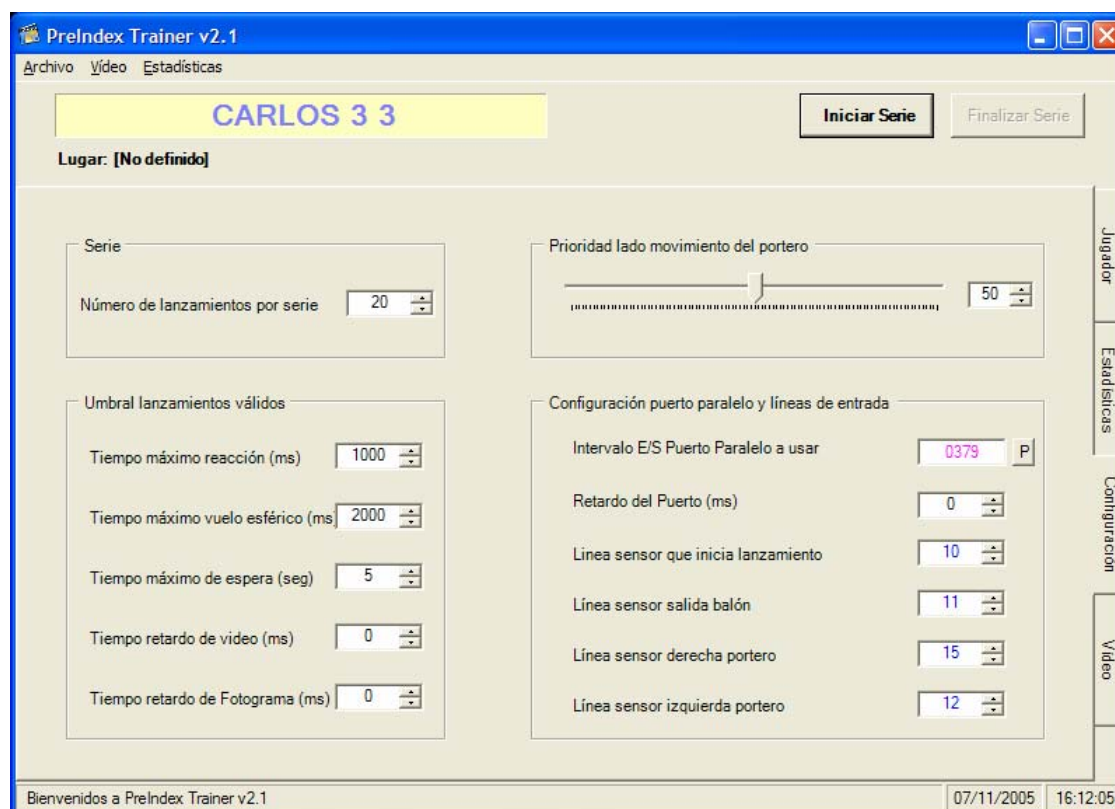


Figura 30: Introducción datos identificativos de sujetos

Una vez seleccionado el sujeto, tenemos la posibilidad de configurar el sistema de valoración determinando (Ver figura 31):

- El número de lanzamientos por bloque.

- La prioridad del movimiento del portero, pudiendo establecerse que el portero se desplace hacia la izquierda o hacia la derecha en porcentajes distintos al 50% de todos los lanzamientos.
- Podemos configurar el sistema de señales de entradas a través del puerto paralelo.
- Incluso podemos establecer límites y retardos temporales a todas las señales captadas por el sistema.



**Figura 31 : Configuración del sistema**

Esta opción de configuración nos permite adaptar el sistema a otras habilidades deportivas como la acción de bloqueo en voleibol (Hernández, 2005). Cuando se inicia el programa, éste busca de manera aleatoria los videos almacenados de las secuencias deportivas que deberá ver el deportista. En este caso movimientos de porteros de fútbol durante un lanzamiento de penalti, permitiéndonos el sistema cambiar la ruta de acceso a estos videos. Este hecho nos favorece el almacenamiento de videos de mayor o menor dificultad en distintas carpetas generando mayores posibilidades para el entrenamiento.

El jugador se prepara ante la situación habitual de lanzamiento de penalti. El sistema habrá escogido aleatoriamente la reproducción de un archivo de movimiento del portero, hacia izquierda o derecha, de los archivos almacenados en la carpeta que hayamos determinado en el sistema. En la pantalla de proyección aparecerá la imagen congelada de un portero en posición de espera para tratar de detener el penalti. El jugador en su carrera de aproximación cortará el haz de luz generado por la primera célula (3). Esta señal entrará en el ordenador iniciando la reproducción del video seleccionado con anterioridad y pondrá en marcha el reloj interno del ordenador. El jugador deberá detectar los preíndices de movimientos indicados en la fase de información inicial, anticiparse al movimiento del portero y golpear el balón hacia el lado no coincidente con el movimiento final del portero. En el momento en que el balón es golpeado se cortará el haz de luz de la segunda célula fotoeléctrica (4) parando el conteo del primer reloj y poniendo en marcha un segundo reloj. En el momento que el balón golpee una de las redes laterales, esta emitirá una señal de entrada codificada hacia el ordenador, determinando el lugar de impacto (a la derecha del portero o a la izquierda) y detendrá el conteo del segundo reloj. El sistema lógico registrará e interpretará los datos mediante la codificación siguiente:

Cada secuencia seleccionada por el sistema tendrá una codificación de 1 o 0 según si el portero realiza, en dicha secuencia, un movimiento hacia la derecha o izquierda. Del mismo modo las mallas laterales están codificadas con una entrada de 1 si se activa la malla a la derecha del portero (Izquierda del lanzador) y 0 si se activa la malla a la izquierda del portero (Derecha del lanzador). El sistema lógico determinará como error en la toma de decisión cuando ambas señales coincidan y acierto cuando no, según indica la siguiente matriz: (ver tabla 18)

Tabla 18: Sistema de códigos para determinar el acierto o error en el lanzamiento

	LUGAR HACIA DONDE SE GOLPEA EL BALÓN	CODIFICACIÓN	RESULTADO
1	1	1	Error
1	0	0	Acierto
0	1	0	Acierto
0	0	1	Error



Igualmente el sistema calcula los siguientes registros temporales:

**TIEMPO DE LA TOMA DE DECISION:** Intervalo de tiempo en ms., entre la señal de entrada de la primera célula y la señal de entrada de la segunda célula (primer reloj), menos el tiempo que transcurre desde el inicio del movimiento hasta el fotograma clave de aparición del preíndice de movimiento.

**TIEMPO DE VUELO DEL BALON EN SU PROYECCION A LA PORTERÍA:** Intervalo de tiempo en ms. desde la señal de entrada de la segunda célula hasta la entrada de la señal de una de las dos mallas laterales.

Además el sistema infiere las siguientes posibilidades de actuación errónea:

- Si el tiempo de la toma de decisiones es superior a 1000 ms., el sistema nos indicará que ha habido error por “paradinha”, o detección de la carrera de aproximación al balón entre la 1ª y segunda célula.
- Si el tiempo de vuelo es superior a 2000 milisegundos. El sistema nos indicara error por lanzamiento excesivamente lento (Por debajo de los 50 km/h) o por proyección del balón fuera de los márgenes de la portería de fútbol.

El almacenamiento de los datos se realizará 1 a 1 confirmando al sistema que el lanzamiento ha sido válido .La representación de los datos puede ser en cada lanzamiento o acumulados por bloques de lanzamientos de 3, 5, 10 o todos los lanzamientos, estableciendo comparaciones por fechas de test.

### 3. Sistema de Feedback:

El sistema de feedback es un módulo encargado de exponer gráficamente los resultados del registro. Tiene básicamente las siguientes funciones:

- Seleccionar los datos procedentes del registro para ser expuestos
- Relacionar los datos procedentes del registro con su correspondiente secuencia de vídeo, para que ambos puedan ser consultados.
- Ajustar el resultado de los datos a las condiciones de gráficas definidas
- Presentar gráficamente en función de los parámetros definidos, los datos seleccionados

Este módulo está integrado en el programa principal de registro y por tanto, muestra los datos del registro de manera automática, después de finalizar cada ensayo o cuando sea requerido por el ejecutante. En los diversos gráficos que muestra el programa, se puede ver el desarrollo de la serie y precisar si las respuestas dadas por el deportista corresponde con la situación estimular dada, es decir, golpeo el balón hacia el lado de la portería no coincidente con el desplazamiento del portero. Además el programa, dentro de la opción “estadística” permite el acceso no solo a los resultados inmediatos, sino también a los acumulados por el sujeto durante los diferentes ensayos, disponiendo de ellos sin necesidad de protocolos de comunicación, lo cual mantiene la integridad de los datos (ver figura 32).

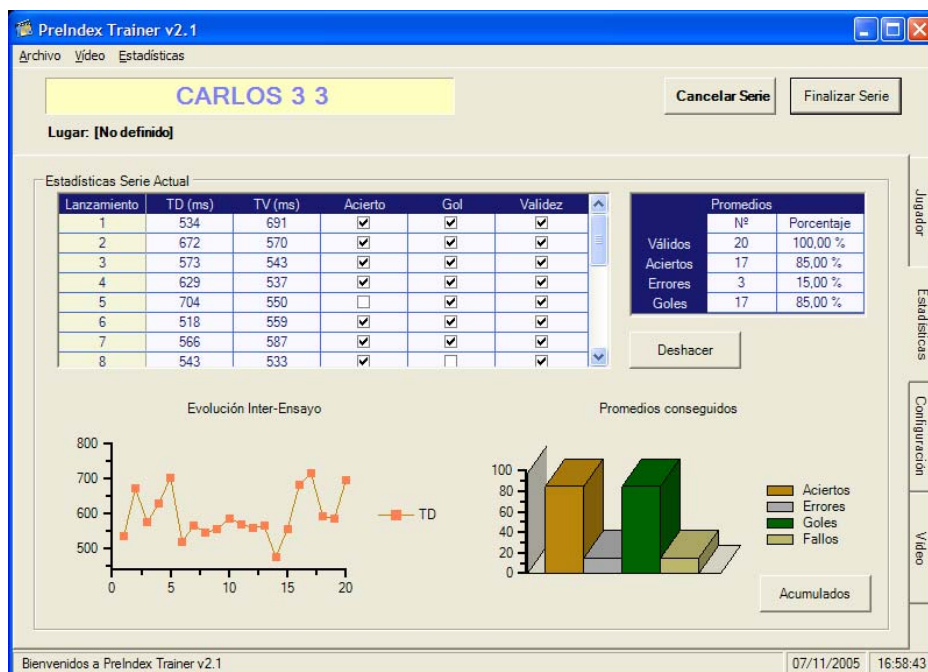


Figura 32 : Sistema de Feedback automático sobre las ejecuciones realizadas y acumuladas.

Esta aplicación del sistema también nos permite reproducir automáticamente, después de cada bloque de lanzamientos, las secuencias escogidas aleatoriamente por el sistema en cada bloque pulsando con el ratón sobre ella, pudiendo manipular las imágenes en las que el jugador haya cometido error de percepción, analizando los preíndices que nos daba la imagen presentada (Ver figura 33).



Figura 33: Feed-back visual sobre las ejecuciones erradas.

### 3.3.3 APLICACIÓN AL ÁMBITO DEPORTIVO

Nuestra investigación ha transcurrido desde sus orígenes ligada al desarrollo de sistemas automatizados para simular las variables relevantes de conductas motoras deportivas y administrar información precisa que faciliten los procesos de aprendizaje psicológico en el deporte.

El sistema automatizado generado nos permite mejorar los factores relacionados con la información inicial, los mecanismos de referencia y el conocimiento de resultados o Feedback del jugador/ra en la habilidad del lanzamiento de penalti. Y lo que es más importante con él controlamos todos los factores influyentes en la optimización de los procesos de anticipación en dichas situaciones: Probabilidad de predicción del estímulo, velocidad del estímulo, tiempo de presencia del estímulo, cantidad de entrenamiento, complejidad de la respuesta, número de estímulos a detectar y características y ubicación del estímulo

Con este sistema automatizado no sólo conseguimos registrar simultáneamente y de forma objetiva mucha información, realizar cálculos, tomar decisiones en función

de complejas bases de datos de otros deportistas y poder dar una información multimedia discriminando los aspectos adecuados en cada momento, si no que además rompemos la barrera del laboratorio asegurando la transferencia al gesto durante el juego real.

El sistema Preindex trainer, parece cumplir con todas las variables analizables en la habilidad de lanzamiento de penalti y lo que es más importante permite integrar nuevas aplicaciones que pudieran optimizarlo, pero carecería de sentido el no demostrar su aplicabilidad de nua manera experimental. Es por ello que concluimos esta infraestructura investigativa abordando los objetivos 6, 7 y 8 de esta tesis tratando de confirmar nuestra cuarta hipótesis que por su relevancia creemos conveniente volver a mostrarsela:

*Hipótesis 4: “La aplicación de un entrenamiento de 5 sesiones de 20 lanzamientos de penalti mediante un sistema automatizado de control de la información y de simulación de imágenes sobre movimientos anticipatorios del portero de fútbol, más la aportación explícita de preíndices del movimiento final del portero, aumentará la tasa de respuestas efectivas del jugador lanzador del penalti, medidas a través de los lanzamientos hacia el lado no coincidente con el desplazamiento del portero y del número de goles conseguidos”.*

### 3.4. EFECTOS DE LA APLICACIÓN DE UN SISTEMA AUTOMATIZADO DE PROYECCION DE PREINDICES EN LA MEJORA DE LA EFECTIVIDAD DEL LANZAMIENTO DE PENALTI EN FÚTBOL

#### RESUMEN

El objetivo de este estudio es evaluar los efectos de la aplicación de un entrenamiento, basado en la aportación explícita de preíndices de movimiento del portero de fútbol mediante un sistema automatizado (Preindex Trainer Fútbol), sobre la mejora de la efectividad del jugador lanzador de penalti, medidos a través de la tasa de golpes hacia el lado contrario del movimiento final del portero y del tiempo que tarda en decidir. Hemos obtenido una tasa de acierto postratamiento del 83% en nuestro grupo experimental (GE), significativamente mayor que las obtenidas por otros grupos de experimentación (GAI: 58%, GP:61% y GP: 46%), manteniéndose estas diferencias tras 1 y 7 días sin entrenamiento. El GE es el que adapta mejor al rango temporal donde la respuesta puede ser efectiva obteniendo una media entorno a los 257ms, no existiendo diferencias significativas con el Grupo de Aprendizaje Implícito (GAI: 310 ms), que también entrena con el Sistema Preindex Trainer Fútbol, pero sin información sobre preíndices, y diferencias altamente significativas con los Grupos Placebo (GP:156 ms.) y Control (GC: 22 ms). Esta variable sufre en GE y GAI más fluctuaciones a los 1 y 7 días postratamiento mostrando su necesidad de ser puesta a punto en días cercanos a la competición. Concluimos que El Sistema Preindex Trainer Fútbol, nos permite registrar, controlar e informar de todas las variables para la optimización de los procesos de anticipación en la habilidad de lanzamiento de penalti, configurando un sistema de entrenamiento ideal para planificar su proceso de aprendizaje, e intervenir sobre ella y obtener resultados satisfactorios en su rendimiento.

#### 3.4.1 METODO (Estudio 3)

##### 3.4.1.1. Sujetos (Estudio 3)

Hemos valorado un total de 32 jugadores de fútbol con una media de edad de (23,18 $\pm$ 2,17). Estos 32 han sido divididos de forma aleatoria en 4 grupos de 8 jugadores. Un grupo experimental (n=8) con una media de edad de 23,25 $\pm$ 1,83 años, un grupo de aprendizaje implícito (n=8) con una media de edad de 23,25 $\pm$ 2,31 años, un grupo placebo (n=8) con una media de edad de 23,25 $\pm$ 2,49 años y un grupo control (n=8) con una media de edad de 23 $\pm$ 2,17 años. Todos los sujetos ofrecieron su consentimiento para participar como sujetos experimentales en este estudio.

### 3.4.1.2. Diseño (Estudio 3)

Realizaremos un diseño experimental factorial mixto PRE-POST en el que analizaremos las siguientes variables:

#### *Variables Dependientes:*

Como variables dependientes establecemos, por un lado, la aportación de información sobre los preíndices a detectar para poder anticipar hacia que lado se va a realizar su movimiento final el portero, y por otro, el entrenamiento ofrecido mediante el Preindex Trainer System descrito en apartados anteriores. El estudio de estas dos variables ha requerido el establecimiento de 4 **GRUPOS** de experimentación:

- Grupo Experimental (n=8): Al cual se le aplicaba el entrenamiento con el sistema y además se le ofrecía la información sobre los preíndices a detectar en el portero mediante el visionado y audición de un video editado para tal efecto. (GE)
- Grupo de Aprendizaje Implícito (n=8): Se le aplicaba el entrenamiento con el sistema pero sin ofrecerle información sobre los preíndices a detectar en el portero. (GAI)
- Grupo Placebo (n=8): Se le sometía a un entrenamiento basado en el visionado de un video sobre aspectos relacionados con la ejecución de del jugador durante un lanzamiento de penalti, sin ofrecer ningún tipo de información relevante para la mejora de su eficacia en el lanzamiento de penalti, aunque si se le hacía tomar conciencia de que dicha información era importantísima para ello. (GP)
- Grupo Control, n=8): No se ofrecía ni información, ni entrenamiento. (GC).

#### *Variables Independientes:*

*Respuesta de reacción:* Esta variable se corresponderá con el tiempo de decisión (**TD**) que transcurre desde la aparición del preíndice hasta la respuesta del sujeto en milisegundos (ms.).

*Toma de decisión:* Con esta variable pretendemos medir la eficacia en la respuesta como el número de aciertos en la elección del lado contrario al desplazamiento final

del portero (**ACIERTOS**) estableciéndose la media para cada grupo, así como el número de errores en dicho propósito, golpeando el balón hacia el lugar hacia el que se ha desplazado el portero (**ERRORES**).

Goles: Medido a través del número de golpes que son dirigidos dentro de los márgenes delimitados por las dos mallas laterales. Considerándose como no gol, aquellos que iban fuera de esos límites, o que golpeaban la estructura de la portería o la pantalla protectora central. Mediante la unión de las variables Toma de Decisión y Goles, estableceremos una diferenciación entre 2 variables fundamentales para nuestro estudio: Por un lado, la ya establecida con anterioridad como variable de “ACIERTOS” con independencia de si ha sido gol o no, y por otro la correspondiente a los lanzamientos en los que decide golpear hacia el lado contrario del desplazamiento del portero y dirige el balón dentro de los límites de la portería, la cual denominaremos “**ACIERTOGOL**”. Para el análisis de esta última variable solo consideraremos como acierto cuando se cumplan las 2 circunstancias considerando errores los lanzamientos hacia el lado contrario del desplazamiento final del portero y que vayan fuera de los límites de la portería así como los que sean coincidentes con el movimiento del portero.

Tiempo de Vuelo del Balón: Medido como el tiempo, en ms. transcurrido desde el golpeo del balón hasta su contacto con una red colocada en la línea de gol (**TV**).

*Control de Variables Contaminadoras:*

- Para controlar la variable de las condiciones del sujeto previas a la sesión se le solicitará que no realicen ejercicio intenso, comidas copiosas, ni ingieran sustancias excitadoras o inhibitorias del sistema nervioso central antes de la sesión y se mantendrá el mismo horario de las sesiones para cada sujeto.
- Las condiciones de experimentación se mantendrán constantes en todos sus elementos intervinientes: Hora del día a la que se produce, presión de balones, temperatura, ruido, visibilidad o iluminación, distancias de lanzamiento, etc..

*Análisis estadístico:*

Para la comparación de los porcentajes de ACIERTOS/ERRORES y del análisis de la variable ACIERTOGOL cada uno de los grupos y los test propuestos, hemos realizado un test de chi-cuadrado para tablas de contingencias.

Hemos aplicado un Análisis de la Varianza basado en modelo lineal para 3 factores para el análisis las variables correspondientes a la cuantificación en ms. de TD, tomando las variables TEST y GRUPO como factores fijos y la ejecución de cada sujeto como factor variable.

Para la comparación de los valores de TD según correspondieran a un ACIERTO, ERROR o ACIERTOGOL, Hemos aplicado un análisis de la varianza de una vía, previa comprobación de homogeneidad de la varianza.

**3.4.1.3. Instrumental (Estudio 3)**

El instrumental utilizado estaba integrado por el Preindex Trainer System, expuesto en capítulos anteriores anteriores, una portería de fútbol, y 2 balones de fútbol. También hemos utilizado cuestionarios para obtener si el sujeto había obtenido información relevante sobre los preíndices mostrados por el portero por el mero hecho de exponerse al sistema de forma repetida (ANEXO....), aplicados a los grupos: GAI, GP y GC, así como un cuestionario aplicado al grupo GP durante su entrenamiento para asegurarnos que no recibía ninguna información relevante (ANEXO.....).

**3.4.1.4. Procedimiento (Estudio 3)**

Previo al comienzo de cada sesión se le pedía a cada sujeto que realizara un calentamiento físico basado en 5 minutos de movilidad articular y 5 minutos de amplitud de movimiento. Establecimos un periodo de adaptación al sistema Preindex Trainer basado en la ejecución de 20 lanzamientos de penalti con dicho sistema. En los primeros 10 lanzamientos se le pedía al sujeto que golpeará el balón 5 veces de forma consecutiva hacia la malla izquierda del sistema y 5 veces hacia la malla derecha, en estas ejecuciones no se le ofrecía ningún tipo de imagen en la pantalla de proyección. Seguidamente se le pedía que repitiera los mismos lanzamientos pero con imágenes de movimientos del portero de forma real, tal como establece el sistema, en este caso se le solicitaba además que nos dijera hacia que lado se



lanzaba el portero durante su golpeo. Este calentamiento cumplía con una doble función: Por un lado nos permitía obtener una puesta a punto de todas las estructuras corporales, sensitivas y cognoscitivas utilizadas por parte del sujeto en la realización de esta habilidad, y por otro, nos ha permitido corroborar el nivel de los sujetos utilizados en este estudio en cuanto a su respuesta de reacción en dicha situación y precisión de golpear a un lado u otro de la posición inicial del portero. Al mismo tiempo esta adaptación nos permitía corroborar si hemos realizado una construcción homogénea de los grupos que nos permitan asegurar que cualquier diferencia entre-grupos sea referida a los tratamientos a los que han sido sometidos.

Todos los sujetos han sido sometidos a la evaluación de todas las variables independientes mediante un pretest basado en la ejecución de 20 lanzamientos de penalti con el sistema Preindex Trainer Fútbol. Los videos mostrados en este pretest eran los mismos para todos los sujetos, aunque el orden variaba aleatoriamente para cada uno de ellos. Se le pedía que tratara de golpear el balón hacia el lado contrario del desplazamiento del portero dentro de los márgenes establecidos por la portería evitando la pantalla central. Para evitar, que el jugador modificara su dinámica de ejecución se le explicaba que un retraso superior a 1000 ms. entre el corte de la primera célula y la segunda, así como que un tiempo de vuelo de balón por debajo de 900 ms., supondría un error para el sistema y la consideración de dicho lanzamiento como fallo.

Una vez finalizado el pretest los sujetos han sido sometidos a un tratamiento distinto, dependiendo del grupo que integre:

Grupo Experimental: Eran sometidos a 5 bloques de 20 lanzamientos de penalti mediante el sistema Preindex Trainer Fútbol. Antes del comienzo de cada bloque se exponía al sujeto a un video en el que se le ofrecía información precisa sobre los preíndices, obtenidos en el estudio 1, ofrecidos por el portero en sus movimientos de anticipación con el fin de que los pusieran en práctica en sus ejecuciones con el sistema. Los videos ofrecidos en este entrenamiento eran diferentes de los videos utilizados para el pretest, aunque como en el caso anterior eran los mismos para todos los sujetos pero ofrecidos de forma aleatoria para cada uno de ellos.

Grupo Aprendizaje Implícito: Eran sometidos a 5 bloques de 20 lanzamientos de penalti mediante el sistema Preindex Trainer Fútbol. Los videos ofrecidos en este entrenamiento eran diferentes de los videos utilizados para el pretest, aunque como en el caso anterior eran los mismos para todos los sujetos pero ofrecidos de forma aleatoria para cada uno de ellos.

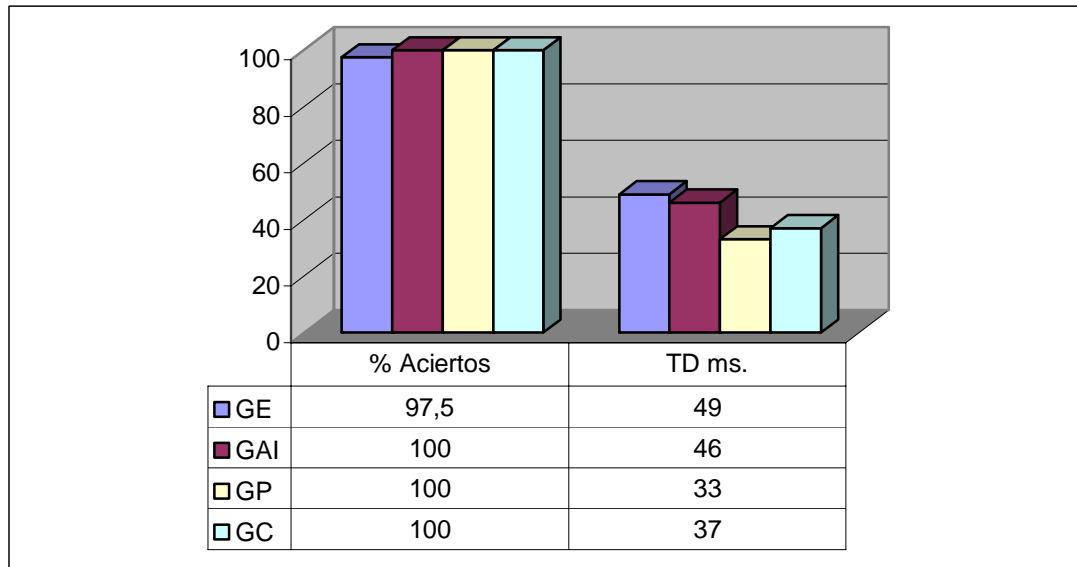
Grupo Placebo: Eran sometidos a un entrenamiento basado en el visionado de un video editado de futbolistas durante lanzamientos de penalti. Se les pedía que a medida que visionaban el video registraran aspectos como: con que pie golpeaba el balón el jugador, si realizaba un apoyo frontal o lateral al balón...etc (Ver Anexo 1) Con este cuestionario pretendíamos que el jugador no registrara ninguna acción del portero, y conseguir un efecto placebo adecuado, ya que el ofrecimiento de imágenes en las que no se refleja la acción a valorar carece de sentido lógico como placebo. Se le indicaba al sujeto que la información registrada era de vital importancia para mejorar su eficacia durante el lanzamiento de penalti.

Grupo Control: No se le sometía a ningún tipo de entrenamiento.

Posteriormente al tratamiento los grupos eran sometidos a un postest, retest1 a las 24 horas del postest y un retest7 a los 7 días de la finalización del postest, en las mismas condiciones del pretest, con los mismos videos, aunque en un orden de aparición aleatoriamente diferente para cada sujeto. Los sujetos integrantes del grupos GAI, inmediatamente después de finalizar el retest7, tenían que rellenar un cuestionario (ver anexo 2), con el que pretendíamos averiguar si el sujeto había aprendido de forma implícita los preíndices de movimiento mostrados por el portero.

### **3.4.2. RESULTADOS (Estudio 3)**

En la prueba de adaptación al sistema propuesta en nuestro estudio, obtenemos resultados contundentes, mostrando que la ejecución técnica no va a ser un factor determinante de los resultados de este estudio (Ver figura 34). Así alcanzamos una efectividad muy cercana al 100% del objetivo propuesto en cuanto a la efectividad en la ejecución del golpeo hacia cada una de las mallas laterales y un tiempo de ejecución que equivaldría a golpear el balón unos 50 ms antes de la aparición del preíndice de movimiento a detectar.



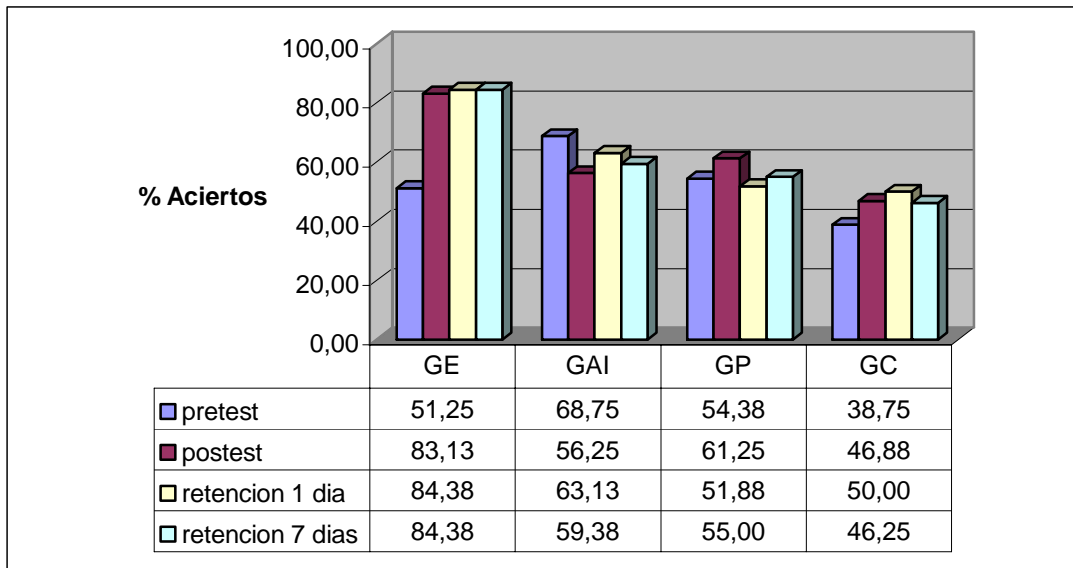
**Figura 34: Resultados correspondientes a la efectividad técnica y al tiempo de decisión (TD) en las ejecuciones de adaptación al sistema**

El análisis de las variables correspondientes a la toma de decisión (ACIERTOS y ERRORES), y a los goles conseguidos (Sobretudo la variable ACIERTOGOL) manteniendo como factor fijo la variable GRUPO, nos revela que el Grupo experimental (GE) es el único que consigue diferencias altamente significativas en el balance Aciertos/errores entre el Pretest y el resto de test ( $X^2=40,04$ ;  $p < 0,000$ ), no existiendo diferencias significativas entre Posttest, Retest1 y Retest7 para dicho grupo. (ver tabla 19)

**Tabla 19: Resultados de la toma de decisión de cada grupo de experimentación en los distintos test propuestos.**

		Decisión GE		Decisión GAI		Decisión GP		Decisión GC	
		error	acierto	error	acierto	error	acierto	error	acierto
test	pretest	78	82	50	110	73	87	98	62
	posttest	27	133	70	90	62	98	85	75
	retencion 1 día	25	135	59	101	77	83	80	80
	retencion 7 días	25	135	65	95	72	88	86	74
Chi-cuadrado de Pearson		70,04		5,88		3,09		4,4	
Sig. Asintótica (bilateral)		,000		,118		,378		,221	

Como podemos observar (ver figura 35) el GE alcanza porcentajes de aciertos tras el posttest del 83,13%, frente al 56% del GAI, 61,25% del GP y 46,88% del GC. Esta mejora de 31,88% (pretest-posttest) del GE es aumentada en test posteriores (Retención 1 y Retención 7: 84,38%), mientras que el resto de los grupos tienen resultados más aleatorios sin llegar a obtener diferencias significativas con respecto al pretest.



**Figura 35: Porcentajes de Aciertos en la toma de decisión de cada grupo de experimentación en los distintos test propuestos.**

Dichos resultados se mantienen en el análisis de la variable ACIERTOGOL, siendo el GE el único en obtener diferencias significativas entre el Pretest y el resto de los test ( $X^2 = 28,14$ ;  $p < 0,000$ ), no existiendo diferencias significativas entre Posttest, Retest1 y Retest7 para dicho grupo (ver tabla 20)

**Tabla 20: Resultados del análisis de la variable ACIERTOGOL para cada grupo de experimentación en los distintos test propuestos.**

		Acierto-gol GE		Acierto-gol GAI		Acierto-gol GP		Acierto-gol GC	
		error	acierto	error	acierto	error	acierto	error	acierto
test	pretest	92	68	84	76	90	70	112	48
	posttest	55	105	91	69	79	81	98	62
	retencion 1 dia	49	111	81	79	92	68	99	61
	retencion 7 dias	64	96	89	71	93	67	99	61
Chi-cuadrado de Pearson		28,14		1,57		3,16		3,62	
Sig. Asintótica (bilateral)		,000		,664		,368		,305	

El análisis de las variables correspondientes a la toma de decisión (ACIERTOS y ERRORES), y a los goles conseguidos (ACIERTOGOL) manteniendo como factor fijo la variable TEST, no hace sino confirmar que el GE obtiene diferencias altamente significativas ( $p < .000$ ) con respecto al resto de grupos tanto en el Posttest, Retención 1 y Retención 7, para ambas variables (ver tablas 21 y 22).

**Tabla 21: Resultados de la toma de decisión de cada text en los distintos grupos de experimentación.**

		Pretest		Posttest		Retención 1		Retención 7	
		error	acierto	error	acierto	error	acierto	error	acierto
Grupos	GE	78	82	27	133	25	135	25	135
	GAI	50	11	70	90	59	101	65	95
	GP	73	87	62	98	77	83	72	88
	GC	98	62	85	75	80	8	86	74
Chi-cuadrado de Pearson		29,29		48,6		50,97		54,08	
Sig. Asintótica (bilateral)		,000		,000		,000		,000	

**Tabla 22: Resultados del análisis de la variable ACIERTOGOL para cada text en los distintos grupos de experimentación.**

		Pretest		Posttest		Retención 1		Retención 7	
		error	acierto	error	acierto	error	acierto	error	acierto
Grupos	GE	92	68	55	15	49	111	64	96
	GAI	84	76	91	69	81	79	89	71
	GP	90	7	79	81	92	68	93	67
	GC	112	48	98	62	99	61	99	61
Chi-cuadrado de Pearson		11,45		26,72		36,67		17,87	
Sig. Asintótica (bilateral)		,01		,000		,000		,000	

Con todo ello hemos de destacar que en este análisis aparecen diferencias significativas durante el pretest entre el GAI y el resto de grupos en el análisis de la variable toma de decisión ( $X^2= 29,29$ ;  $p < 0,000$ ), y entre el GC y el resto de grupos en el análisis de la variable ACIERTOGOL ( $X^2= 11,45$ ;  $p < 0,01$ ). Esto no hace más que confirmar la aleatoriedad de los resultados de estos grupos, ya que no son resultados que se mantengan a lo largo de todos los test.

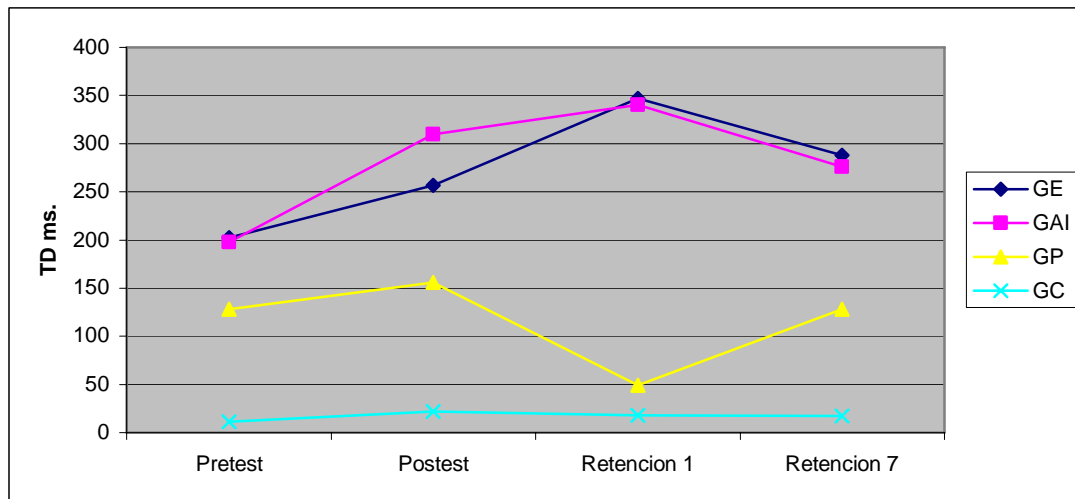
El análisis de la varianza del TD manteniendo como factor fijo la variable TEST (ver tabla 23), nos revela que el GE obtiene toma de decisiones significativamente mayores en todas las pruebas posteriores al pretest ( $p < ,001$ ), alcanzando en el posttest una media de 257 ms. significativamente menor que la obtenida en Retención 1 ( $p < ,001$ ), aunque sin diferencias significativas con respecto a la media obtenida en Retención 7 ( $p < ,27$ ) para dicho grupo. El GAI obtiene un comportamiento similar siendo los valores obtenidos en el pretest significativamente menores que en el resto de pruebas ( $p < ,001$ ), aunque en este caso alcanza su menor registro en la ejecución de la prueba de Retención 7, 276 ms., significativamente menor que la obtenida en Retención 1 ( $p < ,001$ ), pero con diferencias no significativas con los 310 ms. de media obtenidos en el Posttest ( $p < ,$

056). El GP obtiene su menor registro en la Prueba Retención 1 (49 ms.) resultado significativamente menos que el resto de pruebas ( $p < ,001$ ), no existiendo diferencias entre estas últimas. El GC tiene un comportamiento más acorde a lo esperado no existiendo diferencias significativas entre ninguna de sus pruebas y obteniendo un valor medio mínimo de tiempo de decisión de 11 ms.

**Tabla 23: Resultados del análisis de la variable TD (ms.) de cada grupo de experimentación en los distintos test propuestos.**

		GE	GAI	GP	GC
Test	Pretest	202±189	198±149	128±159	11±158
	Posttest	257±126	310±146	156±158	22±178
	Retención 1	347±92	340±148	49±146	18±149
	Retención 7	288±132	276±165	128±133	17±175
Valor F		31,05	44,04	17,84	,22
Sig.		,001	,001	,001	,88

En la Figura 36 podemos observar como evolucionan los tiempos de TD a lo largo de todas las pruebas para los grupos, observando un comportamiento similar para los grupos GE y GAI, claramente diferenciados del comportamiento del GC y enlazados por el comportamiento aleatorio del GP.



**Figura 36: Evolución de las medias de TD para cada grupo a lo largo de las pruebas propuestas.**

El análisis de la varianza del TD manteniendo como factor fijo la variable GRUPOS (ver tabla 24) nos revela que en el Pretest el GC obtiene medias TD significativamente menores que el GE ( $p < ,04$ ) y que el GAI ( $p < ,05$ ), no existiendo diferencias significativas entre el resto de los grupos. Durante el Posttest se

mantienen dichas diferencias y se les une un aumento del tiempo de TD del GP con respecto al GAI altamente significativo ( $p < ,002$ ). Tras la finalización de las pruebas Retención 1 y Retención 7, no existen diferencias significativas entre GE y GAI, aunque si entre estos dos y los grupos GP y GC, obteniendo estos últimos valores significativamente menores ( $p < ,001$ ).

**Tabla 24: Resultados del análisis de la variable TD (ms.) para cada text en los distintos grupos de experimentación.**

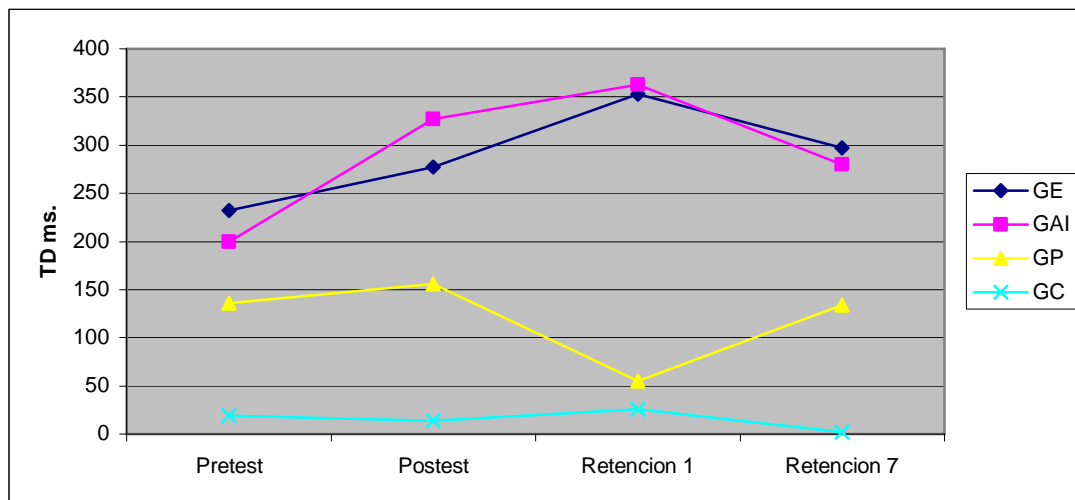
		Pretest	Postest	Retención 1	Retención 7
Grupos	GE	202±198	257±126	347±92	288±132
	GAI	198±149	310±146	340±148	276±165
	GP	128±159	156±158	49±146	128±133
	GC	11±158	22±178	18±149	17±175
Valor F		3,85	14,49	27,43	14,61
Sig.		,02	,001	,001	,001

Otro de los resultados a tener en cuenta es, si el tiempo de decisión obtenido puede fluctuar con respecto al resultado de la toma de decisión (ACIERTO ERROR). El grupo experimental es el que sufre más fluctuaciones al respecto (ver Tabla 25), ya que parte en el Pretest con TD menores para los errores que para los aciertos (Error 172 ms. vs Acierto 232 ms;  $p < 0,05$ ), aunque estos resultados adquieren un carácter altamente significativo en el postest, reduciendo el TD para el error y aumentando el TD para el acierto (Error 158 ms. vs Acierto 277 ms;  $p < 0,001$ ). En posteriores pruebas aumentan tanto las medias de TD tanto para el error como para el acierto, no estableciéndose diferencias significativas en el test de Retención 1, y ligeramente significativas en el de Retención 2 (Error 239 ms. vs Acierto 297 ms;  $p < 0,05$ ), aunque como podemos observar con medias de TD muy por encima de las obtenidas en el Pretest. El resto de grupos podemos decir que no obtiene resultados significativos al respecto, salvo en la realización del test de Retención 1 para el GAI, que llega a tener diferencias significativas de manera puntual (Error 300 ms. vs Acierto 363 ms;  $p < 0,01$ ).

**Tabla 25: Resultados del análisis de la variable TD con respecto a la de Toma de Decisión para cada grupo de experimentación en los distintos test propuestos.**

		TD - Decisión		Valor de F	Sig.
		error	acierto		
Pretest	GE	172±191	232±184	4,6	,05
	GAI	177±141	200±153	1,44	Ns
	GP	118±138	136±174	0,47	Ns
	GC	05±169	19±140	0,30	Ns
Postest	GE	158±156	277±110	22,35	,001
	GAI	289±122	327±160	2,78	Ns
	GP	155±135	156±172	0,001	Ns
	GC	29±167	14±190	0,25	Ns
Retención 1	GE	316±80	353±93	3,44	Ns
	GAI	300±129	363±153	7,12	,01
	GP	42±152	55±141	0,29	Ns
	GC	11±147	26±152	0,43	Ns
Retención 7	GE	239±167	297±122	4,18	,05
	GAI	271±159	280±170	0,11	Ns
	GP	121±138	134±130	0,40	Ns
	GC	30±179	02±171	1,02	ns

Aunque como podemos observar en la figura 37, sigue la misma dinámica que el análisis de la variable TD sin tener en cuenta la diferenciación entre aciertos y errores.

**Figura 37: Evolución de las medias de TD para las ejecuciones acertadas de cada grupo a lo largo de las pruebas propuestas.**

En cuanto a si el tiempo de decisión TD puede fluctuar de manera diferente con respecto a la variable ACIERTOGOL, no encontramos diferencias con respecto al comportamiento establecido anteriormente para la variable e toma de decisión (ver figura 38)



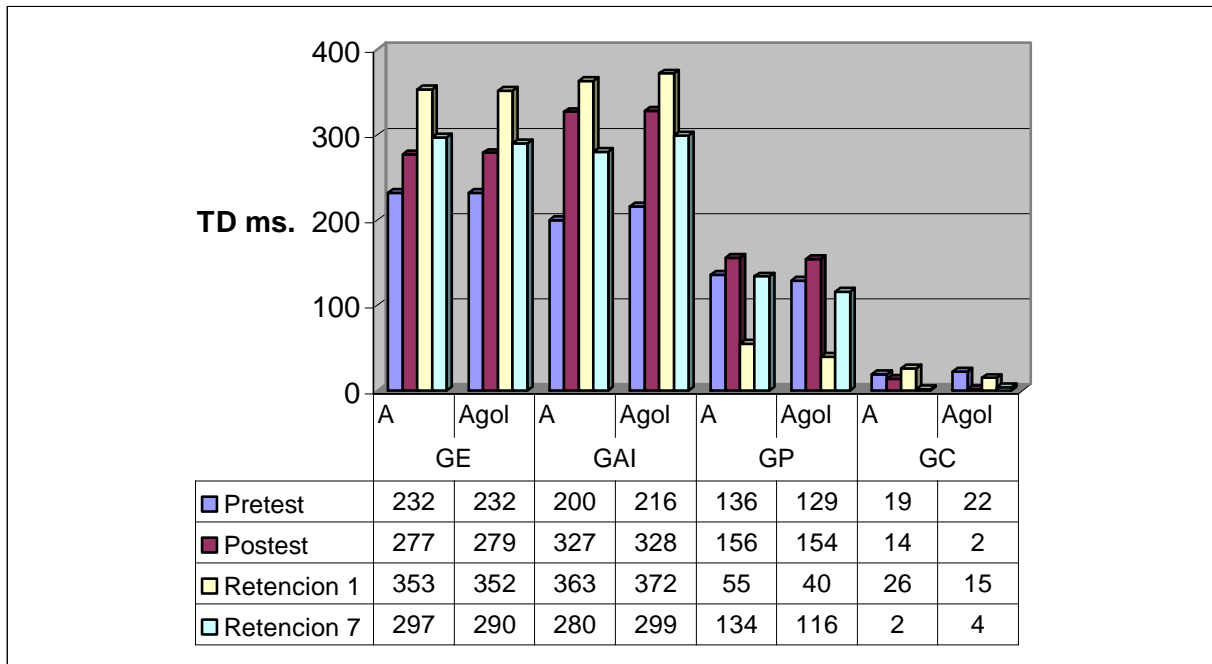


Figura 38: Diferenciación de medias de TD para las ejecuciones acertadas (A) y las correspondientes a ejecuciones acertadas y gol (Agol), para cada grupo de experimentación en cada prueba propuesta.

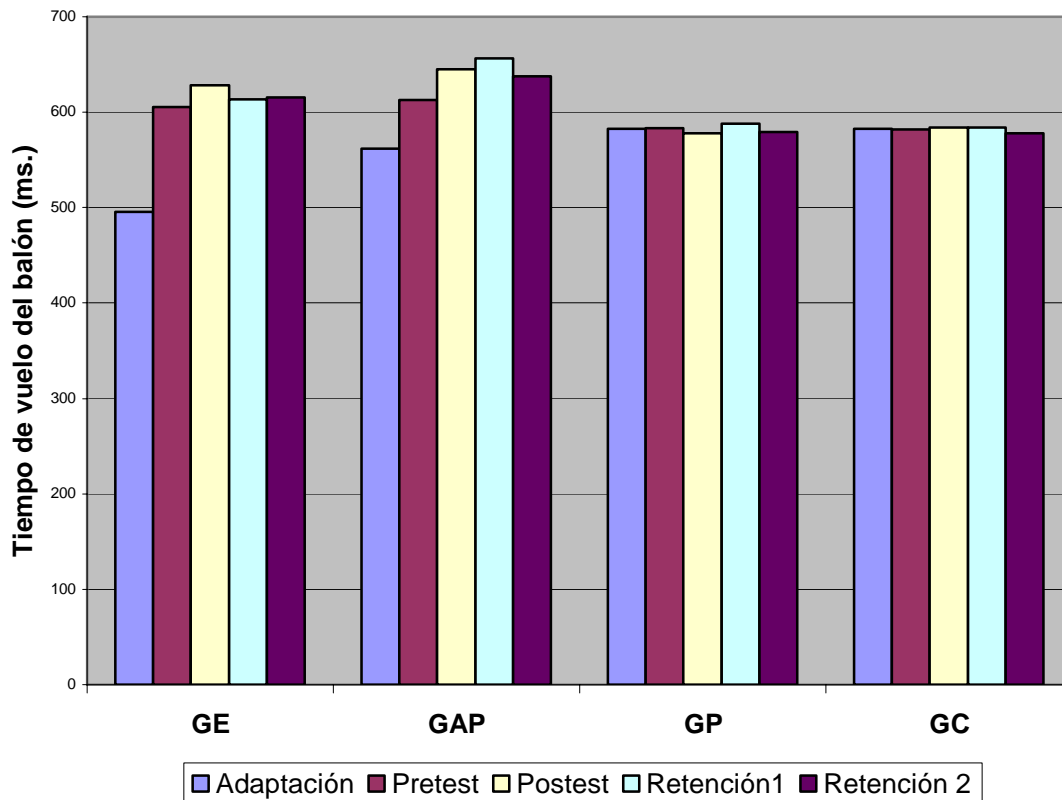
En cuanto a la variable de tiempo de vuelo del balón (TV) hemos obtenido una media total de tiempo de 594,67 ms. (Ver tabla 26), lo cual equivale aproximadamente a  $18,73 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ , o  $67,46 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$  de velocidad media del balón en su desplazamiento tras el golpeo.

Tabla 26: Medias de tiempos de vuelo del balón por grupos y pruebas de valoración

	Adaptación	Pretest	Postest	Retención1	Retención 7	
<b>GE</b>	495,24	605,63	628,46	613,22	615,24	
<b>GAI</b>	561,9	612,77	645,19	656,21	637,69	
<b>GP</b>	582,69	583,44	577,7	587,88	579,5	
<b>GC</b>	582,69	582,13	584,28	583,89	577,66	
<b>Media</b>	555,63	595,99	608,91	610,3	602,52	<b>594,67</b>

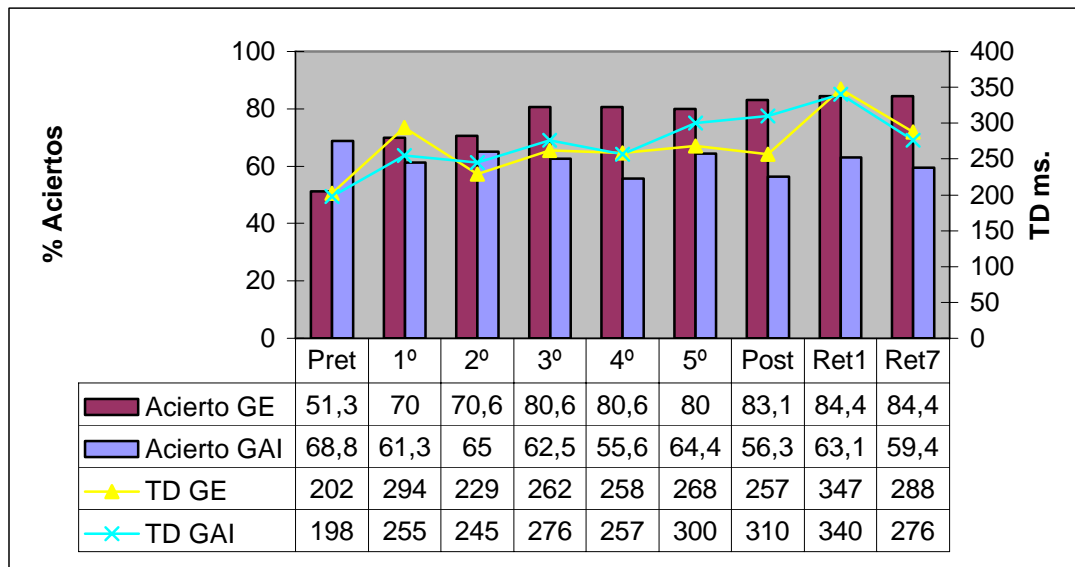
No encontramos diferencias significativas intergrupo a lo largo de las 5 pruebas de valoración (adaptación al sistema, pretest, postest, retencion1 y retención7), mostrándose una gran homogeneidad intergrupo en cuanto a esta variable a lo largo de todo el estudio. Sin embargo si encontramos diferencias intragrupo a lo largo de las distintas pruebas de valoración (Ver tabla 26). Como

podemos observar estas diferencias se centran en los grupos GE y GAI, en los que obtenemos un incremento sustancial del tiempo de vuelo del balón, entre el periodo de adaptación y el resto de pruebas de valoración (tomando como valor representativo la media de el resto de pruebas de valoración para cada grupo), de 120,39 ms. y 76,1 ms., respectivamente o lo que es lo mismo una disminución de la velocidad de desplazamiento del balón de  $13,5 \text{ km.h}^{-1}$  y de  $8,63 \text{ km.h}^{-1}$  (Ver figura 39). No encontramos diferencias al respecto en los grupos control y placebo.



**Figura 39: Comparación de las medias de tiempo de vuelo del balón por grupos de experimentación en cada situación de valoración.**

Teniendo en cuenta que GE y GAI solo los únicos grupos que entrenan con el sistema Preindex Trainer, merece la pena realizar un análisis más detallado de la evolución de estos grupo a lo largo de su proceso de entrenamiento. Como podemos observar en la figura 40, la gran diferencia entre estos dos grupos radica en el ascenso del porcentaje de la variable Acierto del grupo GE con respecto al GAI, no existiendo diferencias en cuando a la variable de TD a lo largo de todo el proceso.



**Figura 40: Evolución de las variables TD y Aciertos durante el periodo de entrenamiento en los grupos GE Y GAI.**

Los cuestionarios diseñados para la detección de algún aprendizaje implícito al grupo GAI no nos revelan que el 71,43% les ha parecido difícil la tarea a realizar. El 85,71% han utilizado una estrategia previa a la toma de decisión del lado hacia el que iban a golpear el balón: un 66 % esperarían a que el portero se moviese, UN 16% decidían según la posición inicial del portero y un 18 % decidían el lugar de lanzamiento antes de iniciar su carrera de aproximación. Un 42% argumentan haber detectado algún preíndice del movimiento final del portero localizado en el tronco del portero en un 66% de los jugadores y un 34% en las piernas. La redacción más detallada de estos preíndice nos propone que: el portero realizaba un movimiento previo con el tronco hacia el lado contrario al que se va a desplazar pero no te dice cuando; y por otro lado que se lanzaba hacia la pierna que no apoyada en el suelo.

### 3.4.3. DISCUSION (Estudio 3)

Seguimos partiendo de la idea de que, si somos capaces de acceder al funcionamiento y estructura del proceso de toma de decisiones en el deporte, estaremos en la vía de mejorar los procesos de formación deportiva de los jóvenes y de optimizar el rendimiento de los jugadores expertos (Iglesias et al. 2002). Al mismo tiempo, vivimos bajo la convicción de que la predicción de dicha toma de decisión es posible, convirtiéndose en una las herramientas más valiosas para afrontar con éxito la practica deportiva (Williams et al., 2002).

Nuestro primer estudio nos ha aportado la determinación de un preíndice de movimiento para predecir el movimiento final del portero durante la habilidad de lanzamiento de penalti. En un segundo estudio hemos podido comprobar como la aportación de dicha información preindicativa del movimiento del portero mejora la eficacia y el tiempo de decisión de jugadores en una situación de penalti valorados en una prueba de laboratorio. Todo ello nos ha llevado a la realización de este tercer estudio en el que valoramos los parámetros de eficacia del jugador lanzador a través de un nuevo sistema de entrenamiento (Preindex trainer Fútbol) que rompe con la barrera del laboratorio para acercar el entrenamiento a la realidad de la actividad del deportista, en este caso el futbolista.

Entre todas las variables analizadas una de las más representativas de la mejora de eficacia, a través del entrenamiento mediante este sistema y la aportación de información específica, es la toma de decisión. Nuestros jugadores, tras 5 bloques de entrenamiento con nuestro sistema más la aportación de los preíndices de movimiento pertinentes, han alcanzado una efectividad del 83,13%, muy por encima del grupo que solo se expuso al sistema (56%), del grupo placebo (61,25%) y del grupo control (46,28%) de este mismo estudio. Estos resultados están en consonancia con el 83% de efectividad, obtenidos por Salvendy et al. (2002), en acciones anticipatorias de jugadores expertos tras la aportación de preíndices, y por encima del 74,3% obtenido por Williams & Burwitz (1993) en la predicción de la dirección del balón en un lanzamiento de penalti. Aunque si establecemos comparaciones con el estudio que le precede, los resultados obtenidos quedan por debajo de 91% de efectividad conseguido por jugadores expertos con exactamente el mismo nivel de información. Esta leve diferencia puede radicar en la metodología de valoración ya que el 91% de efectividad fue medido en una situación estática de laboratorio y el actual 83,13% en una situación real en la que debemos de coordinar el movimiento de carrera de aproximación y golpeo durante la toma de decisión.

El rango de mejora del grupo experimental tras el tratamiento es del 31,88%, obteniendo el resto de grupos resultados contradictorios a este respecto, lo que nos permite confirmar la aleatoriedad por la que se suelen regir los jugadores de fútbol cuando se enfrentan a este tipo de habilidades sin unas premisas objetivas para tomar la decisión correcta. La mayoría de estos jugadores consideran la eficacia en estas habilidades como fruto de puro azar o suerte obteniendo resultados, tanto mas

cercanos a 50% cuanto mayor número de ensayos exista. Obtenemos ejemplos similares como el 58% de efectividad en el pretest tanto de expertos, como de noveles del estudio 2, y el 51.04 % y 60.97% de efectividad obtenido en la valoración de los porteros, profesionales y amateur respectivamente, del estudio 1.

Otro aspecto que creemos interesante es que el nivel adquirido por nuestro grupo experimental se mantiene tras un periodo de no entrenamiento de 1 y 7 días, incluso aumenta a 84,38%. Estos resultados nos permiten afirmar que, con respecto a la toma de decisiones en esta habilidad con nuestro sistema de entrenamiento, el aprendizaje adquirido queda consolidado tras la aplicación del proceso no desvaneciéndose su huella, al menos en un periodo de 7 días. Cabe resaltar que nuestro grupo experimental mantiene las diferencias con respecto al resto de grupos tanto en la variable toma de decisión como en la variable que hemos denominado “Aciertogol” en concordancia con aquellos estudios en los que se afirma que los jugadores expertos son más y eficientes por la utilización de preíndices en la toma de sus decisiones (Abernethy & Russel, 1984; Goulet et al, 1989; Starkes et al., 1995; Wright y cols., 1990), aunque estos autores también dicen que esta utilización de preíndices les hace ser más rápidos, discutamos los parámetros temporales de la respuesta de reacción.

Nuestro estudio nos revela que en la habilidad de lanzamiento de penalti, desde el punto de vista del jugador lanzador, los parámetros temporales tienen importancia, para valorar cuantitativamente desde la posibilidad de decidir hasta cuanto tiempo ha tardado en hacerlo, pero al ser una habilidad que requiere la coordinación de nuestros movimientos con respecto a los del rival, no llega a tener más importancia que el establecimiento de un orden adecuado de actuación. Como veremos a continuación el valor temporal de la toma de decisión establece unos límites de actuación, de tal manera que por debajo de los mismos actuaríamos antes de que se produjese la acción preindictiva del movimiento del portero, dejando nuestra eficacia en manos del azar, y por encima nos provocaría ser ineficaces en nuestro gesto técnico. Este rango es variable, ya que se establece en función del movimiento del portero, el cual debe producirse antes de que el jugador golpee el balón para que dicho movimiento sea eficaz (Núñez et al. 2004). Esto implica que el jugador eficaz, en la realización del lanzamiento de penalti, no es aquél que es más rápido, como indican diversos autores para otras habilidades (Abernethy & Russel,

1984; Goulet et al., 1989; Starkes et. al., 1995; Wright et al., 1990) o que debe aumentar su pico de velocidad (Schellenkens et. al.. 1986), sino el que adapta mejor a ese rango temporal donde la respuesta puede ser eficaz.

Dicho esto, y en cuanto al análisis del tiempo de decisión (TD) empleado por nuestros jugadores a lo largo de todos test propuestos, cabe destacar que el grupo experimental aumenta significativamente su TD tras la aplicación del tratamiento, teniendo una reacción lógica de adaptación al rango temporal donde puede detectar el preíndice de movimiento aportado y decidir en consecuencia. Obtenemos para este grupo una media de tiempo de decisión de 257 ms. Estos datos obtenidos están un poco por debajo, aunque a nuestro parecer, en consonancia con los aportados en otros estudios como el de Salvvelsbergh et al. (2002) que en la búsqueda de la respuesta de reacción de porteros de fútbol ante la situación de penalti obtuvo medias para jugadores expertos de 296 ms., y muy por encima de 172 ms, obtenidos en los jugadores expertos del estudio 2. Desde nuestro punto de vista la explicación de esta diferencia radica que en el estudio 2 el sujeto estaba preparado para decidir en todo momento registrándose mediante el sistema diseñado el mínimo tiempo necesitado para decidir. En este tercer estudio el jugador debe adaptarse a ese rango temporal en el que aparece el preíndice, pero nosotros no detectamos el momento en el que toma la decisión, sino el tiempo que transcurre desde que aparece el preíndice hasta que el jugador golpea el balón, infiriéndose que es durante ese rango de tiempo donde toma la decisión. De hecho en la diferenciación que hacemos para los valores temporales de TD en aciertos, errores y aciertogoles, el grupo experimental es el único que aporta diferencias significativas siendo las ejecuciones erradas o falladas en las que menor tiempo se ha invertido en tomar la decisión.

No creemos que estos datos entren con controversia con los 241 ms. establecidos por Morya et al (2003) como el "Point of no Return", ya que quedó suficientemente demostrado en el estudio 2 que el jugador puede decidir por debajo de esos límites establecidos y en nuestros 257 ms. se mide algo más que la toma de decisión como explicamos con anterioridad. Al mismo tiempo no creemos que sean una limitación los 237 ms. que establecimos como media de anticipación del portero en el estudio 1 y los 300 ms. de anticipación establecidos por Savelsbergh et al.,

(2002), ya que el jugador puede golpear el balón con el portero en el aire, aunque su decisión haya sido tomada con anterioridad.

Lo que si está claro que el TD es una variable a tener en cuenta, ya que nos permite valorar si nuestros jugadores están ofreciéndonos respuestas en un rango adecuado. En nuestro estudio podemos observar que el grupo experimental sufre oscilaciones en cuanto a esta variable a lo largo de las pruebas propuestas obteniendo resultados mayores tras el periodo de no entrenamiento de 1 día y volviendo a los valores de post entrenamiento en la prueba de retención a los 7 días. Este hecho implicaría que aunque como vimos anteriormente el aprendizaje adquirido se mantenía claramente ante un receso de entrenamiento de hasta 7 días, la variable temporal debería entrenarse cada menos tiempo con el fin de obtener la máxima eficacia.

La evolución de TD en el resto de grupos es muy variada. El grupo de aprendizaje implícito, tiene una evolución parecida a la del grupo experimental, dándonos a entender que el mero hecho de entrenar con el sistema genera estrategias de retraso del tiempo de decisión para obtener mayor eficacia, aunque como vimos en el análisis de la variable de Toma de Decisión este hecho lo le ha servido para aumentar sus aciertos. El Grupo Placebo es el que muestra una tendencia más aleatoria con grandes oscilaciones temporales, aunque nunca llegando a los niveles de los anteriores. Y el grupo Control es el que muestra una actitud de predisposición de la toma de decisión más clara, llegando en algunos casos a contactar con el balón antes de que apareciera el preíndice de movimiento.

En cuanto a la variable de tiempo de vuelo del balón (TV) hemos obtenido una media total de tiempo de 594,67 ms. lo cual equivale aproximadamente a  $18,73 \text{ ms}^{-1}$  o  $67,46 \text{ km.h}^{-1}$  de velocidad media del balón en su desplazamiento tras el golpeo. Estas velocidades son similares a 60.48 Km/h obtenidos por Savelsbergh et al., 2002. y a los 75 Km/h obtenidos por Kuhn, 1988, y muy por debajo de los 91.24 Km/h obtenidos en nuestro primer estudio. Existe un ligero aumento del tiempo de vuelo del balón (reducción de la velocidad de desplazamiento del balón) entre el pretest y el resto de test en los grupos GE y GAI, lo que nos lleva deducir que puede que exista una disminución de la cadena cinética de golpeo en aquellos sujetos que entrenan con nuestro sistema. Aunque este no sea el objetivo de nuestro estudio,

nos planteamos para futuras investigaciones, la valoración con el instrumental adecuado de la codificación de la cadena cinética del golpeo ante diferentes situaciones decisionales. Con todo ello hemos podido comprobar que no existen diferencias intergrupos reseñables en GC y GP.

En cuando a la discusión de los datos obtenidos con respecto al aprendizaje implícito, podemos destacar la existencia de modificaciones, del tiempo de decisión, muy similares a las obtenidas en el grupo experimental, como si el entrenamiento con el Sistema Preindex te ayudara a modular tu velocidad de ejecución primando la eficacia sobre la rapidez en la toma de decisiones. Con todo ello las diferencias muy significativas, con respecto a la variable acierto, entre el grupo experimental y el grupo de aprendizaje implícito, nos refleja que este ultimo no ha obtenido una detección satisfactoria de preíndices del movimiento final del portero. Con todo ello si debemos de reflejar que un 34% de los integrantes de este grupo detectan un preíndice que está en consonancia con el establecido por nuestros estudios, ya que indican que el portero se desplazará hacia el lado del pie que tenga despegado del suelo. Esto es cierto, ya que la dinámica del movimiento del portero hace que la última pierna en despegar del suelo sea la de impulsión, la más extendida, donde nosotros ubicamos el preíndice. Pero la acción de perder un apoyo con respecto al suelo, por un lado, puede retrasarse más en el tiempo que la de extensión de la rodilla contraria llegando en algunas ocasiones a no producirse y por otro asociaría la decisión del lado hacia el que quiero golpear con el lado no coincidente con el preíndice detectado pudiendo retrasar su respuesta. Con todo ello podemos considerar la posibilidad de obtener información preinducativa valida para anticipar el movimiento final del portero mediante el simple entrenamiento con el Sistema Preindex, aunque consideremos, a tenor de los resultados, escasa su eficacia con respecto al aporte explicito del preíndice a detectar.





#### 4. DISCUSIÓN GENERAL Y CONCLUSIONES.

Hemos comenzado el discurrir de esta tesis con el análisis objetivo de las variables comportamentales del portero de fútbol durante el lanzamiento de penalti, como medio de obtener parámetros peindicativos de dicho comportamiento, que permitan optimizar los procesos de anticipación del jugador lanzador de penalti. Este estudio nos ha permitido obtener un modelo comportamental altamente predictivo para anticipar el movimiento final del portero de fútbol durante la habilidad de lanzamiento de penalti. El estrecho margen de tiempo en el que tiene desenlace el duelo decisional entre el jugador y el portero, nos ha invitado a comprobar si el jugador tiene la capacidad de percibir y decidir en tan estrecho margen. La aportación explícita de la información correspondiente a los preíndices del movimiento final del portero nos ha permitido confirmar, no solo que es posible percibir y decidir en tan estrecho margen, sino que además se cuestione la existencia del punto de no retorno decisional establecidos por otros autores en investigaciones precedentes.

Hemos generado un Sistema automatizado de proyección de preíndices que nos permite controlar todos los factores influyentes en la optimización de los procesos de anticipación del jugador de fútbol durante la acción del lanzamiento de penalti y lo que es más importante, hemos demostrado su aplicabilidad y eficiencia en jugadores de fútbol experto.

Todo ello nos ha llevado a el establecimiento de ambiciosos objetivos, que bajo una estructura sólida de investigación nos permiten ofrecer las siguientes conclusiones.

1. No existen diferencias entre porteros profesionales y amateur en cuanto a las variables de: la tasa de éxito en la detección del balón, la realización de movimientos anticipatorios antes del que el jugador golpee el balón, ni en el tiempo de anticipación al lanzamiento.
2. Los porteros de fútbol analizados realizan movimientos anticipatorios, previos al golpeo del balón durante el lanzamiento de penalti, intentando predecir hacia

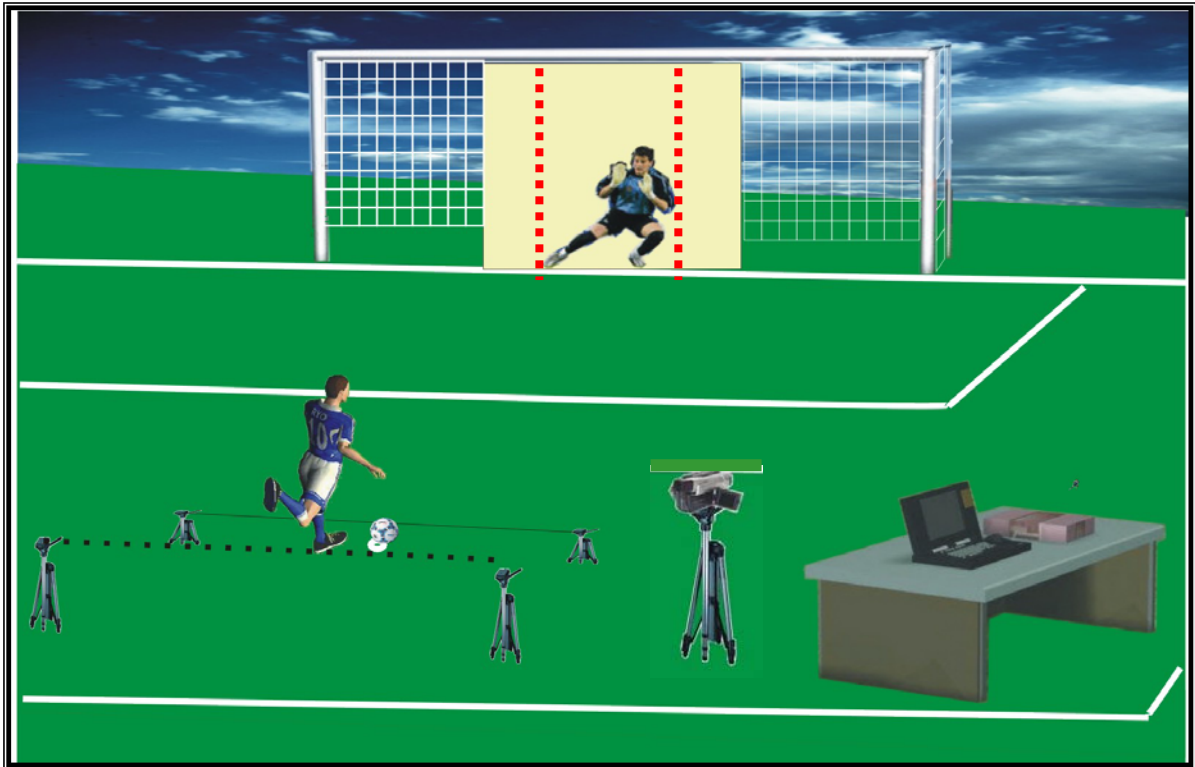
que lado va a golpear el balón el jugador y obtener con ello un mayor intervalo de tiempo para interceptarlo antes de que entre en la meta de gol.

3. El tiempo medio de anticipación para los porteros analizados es de 237,33 ms. antes del golpeo del balón por parte del jugador, no existiendo diferencias entre porteros profesionales y amateur.
4. Existen 2 variables predictoras del desplazamiento del portero hacia la derecha o hacia la izquierda, que por orden de mayor a menor significatividad son:
  - Un ángulo por encima de los 150° de extensión en una rodilla es un índice de desplazamiento hacia el lado contrario a la ubicación de esa rodilla.
  - Un ángulo por debajo de los 100° de flexión en una rodilla es un índice de desplazamiento hacia el lado coincidente con la ubicación de esta rodilla.
5. Los resultados obtenidos en las distintas variables propuestas para el análisis del comportamiento predictivo del lugar de desplazamiento final del portero durante el lanzamiento de penalti, nos permite afirmar la existencia de un preíndice de movimiento del portero ideal para su utilización en la mejora de la efectividad del lanzador. Este preíndice se corresponde con la detección de la rodilla mas extendida del portero justo antes del último apoyo previo al golpeo del balón, siendo la respuesta efectiva coincidente con la ubicación de dicho preíndice.
6. La aplicación de un entrenamiento basado en la aportación explícita de preíndices del movimiento final del portero de fútbol durante la ejecución del un penalti, mejora los mecanismos de anticipación en jugadores de fútbol expertos y noveles aunque no en la misma medida. Los jugadores expertos parecen tener estructuras funcionales más desarrolladas, que les permiten un mayor aprovechamiento de dicha información preindicativa, mostrada a través de una reducción de la respuesta de reacción significativamente mayor que a obtenida en jugadores noveles, para la misma situación de evaluación.

7. Podemos afirmar es que si existe alguna limitación temporal que impida la efectividad del jugador durante la ejecución de un penalti, esta va a radicar en el mecanismo ejecutor-efector, ya que a nivel anticipatorio y decisional hemos demostrado como los jugadores de fútbol expertos y noveles entrenados mediante la aportación explícita del preíndice, correspondiente a la detección de la rodilla mas extendida del portero durante el último apoyo del jugador antes de golpear el balón, generan respuestas de movilización del pie por debajo de los 241 ms. establecidos como punto de no retorno decisional para dicha habilidad.
  
8. La aportación explícita de la información preindicativa del movimiento final del portero durante un lanzamiento de penalti aumenta la tasa de acierto consistente en decidir el lado contrario al movimiento final del portero en situación controlada de laboratorio, por encima del 90%, tanto en jugadores expertos como noveles no existiendo diferencias entre ambos.
  
9. La variabilidad tanto Inter.-grupala como Inter.-sujeto en cuanto a la fijación de la mirada durante la ejecución de un penalti nos permite afirmar la no existencia de un patrón fijo de búsqueda de información visual que nos permita tener una mayor eficacia en dicha habilidad.
  
10. Se confirma nuestra hipótesis de que *“La aplicación de un entrenamiento de 5 sesiones de 20 lanzamientos de penalti mediante un sistema automatizado de control de la información y de simulación de imágenes sobre movimientos anticipatorios del portero de fútbol, más la aportación explícita de preíndices del movimiento final del portero, aumentará la tasa de respuestas efectivas del jugador lanzador del penalti, medidas a través de los lanzamientos hacia el lado no coincidente con el desplazamiento del portero y del número de goles conseguidos”*.
  
11. El grupo que entreno con el Sistema Preindex Trainer Fútbol, y recibió información explícita sobre los preíndices del movimiento final del portero obtuvo una tasa de respuestas efectivas significativamente mayor que el grupo que solo entrenó con el sistema sin recibir información explícita de preíndices, que el que recibió un entrenamiento placebo y que el que no entrenó.

12. El jugador eficaz, en la ejecución del lanzamiento de penalti, no es aquél que es más rápido, sino el que adapta mejor al rango temporal donde la respuesta puede ser efectiva, siendo el tiempo de decisión una variable que nos permite determinar si nuestros jugadores están ofreciéndonos respuestas en un rango adecuado. Nuestro estudio nos revela que en la habilidad de lanzamiento de penalti, desde el punto de vista del jugador lanzador, los parámetros temporales tienen importancia, para valorar cuantitativamente desde la posibilidad de decidir hasta cuanto tiempo ha tardado en hacerlo, pero al ser una habilidad que requiere la coordinación de nuestros movimientos con respecto a los del rival, no llega a tener más importancia que el establecimiento de un orden adecuado de actuación.
13. El aprendizaje adquirido con el Sistema Preindex Trainer Fútbol en cuanto a la toma de decisión se mantiene claramente tras un receso de entrenamiento de hasta 7 días, sin embargo la variable temporal requiere un entrenamiento cada menos tiempo con el fin de obtener la máxima eficacia en el global de la acción.
14. El Sistema Preindex Trainer Fútbol, nos permite registrar, controlar e informar de todas las variables para la optimización de los procesos de anticipación en la habilidad de lanzamiento de penalti, configurando un sistema de entrenamiento ideal para planificar su proceso de aprendizaje, e intervenir sobre ella y obtener resultados satisfactorios en su rendimiento.

## Capítulo 5: PERSPECTIVAS DE FUTURO



## 5. PERSPECTIVA DE FUTURO

Nuestros proyectos de futuro se centran en el desarrollo y diversificación del sistema instrumental automatizado generado. Se trata de diseñar un sistema de Simulación y Realidad Virtual con un módulo central aplicable a diversos deportes de habilidades abiertas y periféricos específicos para el entrenamiento, mediante el desarrollo de una UNIDAD CENTRAL de emisión y recepción de señales que nos permita, por un lado, integrar en él todo tipo de periféricos y herramientas para abordar la evaluación y entrenamiento de cualquier habilidad deportiva en situación real de juego, y por otro lado, que nos permita generar un sistema software a la carta, en donde el experimentador elija las variables a tener en cuenta, unidades de entrada y salida de información y lo que es mas importante el análisis, interpretación y representación, objetiva y eficaz de la información que en él se haya generado durante el desarrollo de cada habilidad analizada.. Con los resultados obtenidos podremos elaborar una metodología adecuada para la mejora de la anticipación en deportes de habilidades abiertas.

El sistema pretende ser compatible con el trabajo técnico real que se desarrolla normalmente y ofrecer una posibilidad de entrenamiento en períodos de descanso, cuando el jugador no trabaja desde el punto de vista físico (sí puede seguir trabajando mentalmente). La adquisición de este sistema ofrecerá la posibilidad de que el jugador pueda trabajar aspectos específicos de su deporte fuera de las horas dedicadas al entrenamiento, con la ventaja de que este tipo de entrenamiento no supone carga física, por lo que no altera el curso normal en la planificación de las cargas.

Particularmente en las actuaciones a acometer con respecto al lanzamiento de penalti en fútbol, este experimento trata de desarrollar los elementos del sistema que acerquen al lanzador del penalti en fútbol a la situación real de juego. Este paso implica la posibilidad de entrenar esta situación con la oposición de un portero real o virtual, realizando una adaptación audiovisual de nuestro sistema automatizado para que nos permita la integración de toda la información generada por los movimientos tanto del portero, como del jugador, así como de sus parámetros temporales. Una vez generado este sistema, pretendemos generalizar un software que nos permita

abordar desde la enseñanza aprendizaje, como el entrenamiento, de cualquier habilidad deportiva abierta en un entorno real de juego.



Capítulo 6:  
**REFERENCIAS**



## 6. REFERENCIAS

- Abbs, J.H., Gracco, V.L. y Cole, K.J. (1984). Control of multimovement coordination: Sensorimotor mechanisms in programming. *Journal of Motor Behavior*, 16, 195-231.
- Abernethy, B. (1985). Cue usage in "open" motor skills: A review of available procedures. En D.G. Russell y B. Abernethy (Eds.), *Motor memory and control*. Otago, NZ: Human Performance Associates.
- Abernethy, B. (1987). Anticipation in Sport: a review. *Physical Education*, 10, 5-16.
- Abernethy, B. (1988a). Dual-task methodology and motor skills research, some applications and methodological constrains. *Journal of Human Movement Studies*, 14, 101-132.
- Abernethy, B. (1988b). The effects of age and expertise upon perceptual skill development in a racquet sport. *Research Quarterly for Exercise and Sport*, 59 (3), 210-221.
- Abernethy, B. (1991). Visual search strategies and decision-making in sport . *International Journal of Sport Psychology*, 22, 189-216.
- Abernethy, B. (1993). Searching for the minimal essential information for skilled perception and action. *Psychological Research*, 55, 131-138.
- Abernethy, B. (1996). Training the visual-perceptual skills of athletes. Insights from the study of motor expertise. *The American Journal of Sports Medicine*, 24 (6), 89-92.
- Abernethy, B., Gill, D.P., Parks, S.L. & Packer, S.T. (2001). Expertise and perception of kinematic and situational probability information. *Perception*, 30, 233-252.
- Abernethy, B. & Russel, D.G. (1984). Advanced in cue utilisation in skilled cricket batsmen. *Australian Journal of Science and Medicine in Sport*, 16, 2-10.
- Abernethy, B., Thomas, K.T. & Thomas, J.T. (1993). Strategies for improving understanding in motor expertise(or mistakes we have made and things we have leaened!!). En Starkes, J.L. & Allard, F (Eds.), *Cognitive Issues in Motor Expertise.*, (pp 317-356). Amsterdam: Elsevier.
- Abernethy, B., Wood, J.M. & Parks, S. (1999). Can the anticipatory skills of experts be learned by novices?. *Research Quarterly for Exercise and Sport*, 70, 313-318.
- Abrams, R.A. & Pratt, J. (1993). Rapid aimed limb movements: Differential effects of practice on component submovements. *Journal of Motor Behavior*, 25, 288-298.
- Adams, J.J., Ketelaars, M., Kingma, H. & Hock, T. (1993). On the time course and accuracy of special localization: basic data and two process model. *Actha Psychologica*, 84, 135-159.

- Adams, J.J., Huys, R. & Van Loom, E.M. (2000). Effects of spatial and symbolic precues on localization performance. *Psychological Research*, 64, 66-80.
- Adams, J.J., Paas, F.G.W.C. Ekering, J. & Van Loon, E.M. (1995). Spatial localization: test of a two process model. *Experimental Brain Research*, 102, 5031-539.
- Adams, J.J. & Wilberg, R.B. (1992). Individual differences in visual information processing rate and the prediction of performance differences in team sports: A preliminary investigation. *Journal of Sport Sciences*, 10, 261-273.
- Adolphe, R., Vickers, J. & Laplante, G.(1997). The effects of training visual attention on gaze behavior an accuracy: a pilot study. *International Journal of Sport Vision*, 4, 28-33.
- Al-Abood, S.A., Davids, K., Bennett, S.J., Ashford, D. & Martínez, M. (2001). Effects of manipulating relative and absolute motion information during observational learning of an aiming task. *Journal of Sport Sciences*, 19, 507-520.
- Alain, C. & Sarrazin, C. (1990). Study of decision-making in squash competition: a computer simulation approach. *Canadian Journal of Sport Sciences*, 15, 193-200.
- Allard, F., Graham, S. & Paarsalu, M.E. (1980). Perception in sport: basketball. *Journal of Sport Psychology*, 2, 14-21.
- Allard, F. & Starkes, J.L. (1980). Perception in Sport: Volleyball. *Journal of Sport Psychology*, 2, 22-23.
- Anson, J. G., Hylannd, B. I., & Koetter, R. & Wickens, J. R. (2000). Parameter precuing and motor preparation. *Motor Control*, 4 (2), 221-231.
- Arellano, R. & Oña, A. (1987). *Efecto diferencial de la intervención sobre expectativas atencionales en la salida de natación*. *Motricidad*, 0, 9-15.
- Arteaga, M.; Torres, E. & Delgado, M. (2002). Influencia del esfuerzo físico anaeróbico en el tiempo de reacción visual. *Revista de Entrenamiento Deportivo*, 16 (1), 13-21.
- Ávila, F. (2002). *Las estrategias de búsqueda visual y la localización de la atención desarrolladas por los entrenadores de tenis durante un proceso de detección de errores de la ejecución: Aplicación al saque de tenis*. Tesis Doctoral. Universidad de Extremadura.
- Ávila, F. & Moreno, F.J. (2003). Visual search strategies elaborated by tennis coaches during execution error detection process. *Journal of Human Movement Studies*, 44, 209-224.
- Bahill, A.T. & LaRitz, T. (1984). Why can't batters keep their eyes on the ball?. *American Scientist*, 72, 249-253.

## REFERENCIAS

- Band, G.P.H & Van Boxtel, G.J.M (1999). Inhibitory motor control in stop paradigms: review and reinterpretation of neural mechanisms. *Acta Psychologica*, 101, 179-211.
- Bard, C. & Fleury, M. (1981). Considering eye movement as a predictor of attainment. En I.M.Cockerill & W.W. MacGillvary (Eds.), *Vision and Sport*. Cheltenham: Stanley Thornes.
- Bard, C., Fleury, M. & Goulet, C. (1994). Relationship between perceptual strategies and response adequacy in sport situations. *International Journal of Sport Psychology*, 25, 266-281.
- Barriopedro, M.I. (1994). El desplazamiento de la atención por el campo visual: Una revisión crítica. *Revista de Psicología General y Aplicada*, 47 (4), 373-381.
- Bayly, M.F., Clark, K.J. & Perrin, D.H. (1996). The effects of perceived fatigue on visual reaction time. *International Journal of Sport Vision*, 31, 18-22.
- Bonnet, M., Requin, J. & Semjen, A. (1981). Human reflexology and motor preparation. En D. Miller (eds.) *Exercise and sport science reviews* (Vol.9, pp. 119-157). Philadelphia: Franklin Institute Press.
- Bonnet, M., Requin, J. & Stelmach, G.E. (1991). Changes in electromyographic responses to muscle stretch related to the programming of movement parameters. *Electroencephalogram Clinical Neurophysiology*, 81, 135-151.
- Brady, F. (1996). Anticipation of coincidence, gender, and sports clasification. *Perceptual and Motor Skills*. 82, 227-239.
- Bullock, D. & Grossberg, S. (1991). Adaptative neural networks for control of movement trajectories invariant under speed and force rescaling. *Human Movement Science*, 10, 3-53.
- Butler, B.E. (1980). Selective attention and stimulus localization in visual perception. *Canadian Journal of Psychology*, 34, 119-133.
- Cárdenas, D. (1995). *Desarrollo y aplicación de un sistema automatizado para la mejora de variables comportamentales del pase en baloncesto*. Tesis Doctoral. Universidad de Granada.
- Cárdenas, D. & Oña, A. (1997). The Development and Application of an Automatic System for the Improvement of Behavioral Variables of the Pass in Basketball. *Journal of Human Movement Studies*. 32, 95-122.
- Castiello, U. & Umilta. C. (1992). Orientting attention in volleyball players. *International Journal of Sport Psychology*, 23, 301-310.
- Castillo, J. M. (2000). *Efecto de un entrenamiento visual mediante un sistema automatizado de emisión de estímulos sobre la eficacia del lanzador de penalti en fútbol*. Tesis Doctoral. Universidad de Granada.

## REFERENCIAS

- Castillo, J. M.; Oña, A.; Raya, A. y Martínez, M. (2002). Aplicación de un Sistema Automatizado para Lanzadores de Penalti en Fútbol. *Motricidad*, 8, 73-94.
- Castillo, J. M.; Raya, A.; Oña, A. & Martínez, M. (2000). La Táctica Individual en el Penalti (I). *Training Fútbol*, 50, 8-15.
- Cebeira, J. (1997). *Estudio de la estrategia espacial defensiva y efecto de un programa de entrenamiento perceptivo-motor en el acto táctico del jugador de voleibol*. Tesis Doctoral. Universidad de Granada.
- Christina, R., Barresi, J. & Shaffner, P. (1990). The development of response selection accuracy in a football linebacker using video training. *Sport Psychologist*, 4, 11-17.
- Cutting J. E. (1986). *Perception with an eye for motion*. Cambridge MA: MIT PRESS.
- Davids, K. (1984). The role of peripheral vision in ball games: Some theoretical and practical notions. *Physical Education Review*, 7, 26-40.
- Davids, K. (1998). How much teaching is necessary for optimal learning of football skills?: The role of Discovery Learning. Insight. *The FA Coaches Association Journal*. 2 (2), 35-36.
- DeJong, R., Coles, M.G.H., Logan, G.D. & Granton, G. (1990). Searching for the point of no return: the control of response processes in speeded choice reaction performance. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 16, 164-182.
- De Leva, P. (1996). Adjustments to Zatsiorsky- Seluyanov's segment inertia parameters. *Journal of Biomechanics*., 29(9), 1223-1230.
- Diks, M. & Kingman, J. (2005). The effect of altered ball approach on kick kinematics and shot accuracy: a soccer case study. *Journal of Sports Science*, 23 (2) , 99-100.
- Elliott, D., & Allard, E. (1985). The utilization of visual feedback information during rapid pointing movements. *The Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 37 A, 407-425.
- Elsner, B. & Hommel, B. (2001). Effect Anticipation and Action Control. *Journal of Experimental Psychology. Human Perception and Performance*, 27 (1), 229-246.
- Eriksen, C.W. (1990) Attentional search of the visual field. En Brogan (Eds.) *Visual Search* (pp 3- 19). London: Taylor and Francis.
- Eversheim, U. & Bock, O. (2002). The role of precues in the preparation of motor responses in humans. *Journal of Motor Behavior*, 34, 271-276.

- Farrow, D. (2001). Anticipation In Time-Stressed Ball Sport. *Sport Coach*, 24 (2), 26-27.
- Farrow, D. & Abernethy, B. (2002). Can anticipatory skills be learned through implicit video based perceptual training. *Journal of Sport Science*, 20, 471-485.
- Farrow, D., Chivers, P., Hardingham, C. & Sachse, S. (1998). The Effects of Video-Based Perceptual Training on the Tennis Return of Serve. *International Journal of Sport Psychology*, 23, 231-242.
- Fery, Y. & Crognier, L. (2001). On tactical significance of games situations in anticipating ball trajectories in Tennis. *Research Quarterly for Exercise and Sport*, 72 (2), 143-149.
- International Football Association Board, (2002). *Reglamento Internacional de Fútbol*. Zurich: FIFA.
- Fradua, L., Raya, A. & Pino, J. (1994). Improving the goalkeepers's performance in penalty situations. *Science and Football*, 8, 25-27.
- Franks, I.M. & Hanvey, T. (1997). Cues for goalkeepers: High-tech methods use to measure penalty shot response. *Soccer Journal*, May-June, 30-38.
- Gibson, J.J. (1979). *An ecological approach to visual perception*. Boston, MA: Houghton-Mifflin.
- Glover, S. (2004). Separate visual representations in the planning and control of action. *Behavioural and Brain Science*, 27, 3-78.
- Goulet, C., Bard, C. & Fleury, M. (1989). Expertise differences in preparing to return a tennis serve: a visual information processing approach. *Journal of Sport and Exercise Psychology*, 11, 382-398.
- Graham-Smith, P., Lees, A. & Richardson, D. (1999). Analysis of technique of goalkeepers during the penalty kick. En Communications to the Fourth International Conference on Sport, Leisure and Ergonomics. *Journal of Sport Science*, 17, 905-929.
- Green, T. D. & Flowers, J. H. (1991). Implicit versus explicit learning processes in a probabilistic, continuous fine-motor catching task. *Journal of Motor Behavior*, 23(4), 293-300.
- Gutiérrez, M., Soto, V. M., & Martínez, M. (1990). *Sistema de análisis computerizado para el movimiento humano*. Málaga: Unisport.
- Guzmán, J.F. & García, A. (2002). La anticipación defensiva en los deportes de equipo: Un estudio de la importancia otorgada a sus variables. *Apunts, Educación Física y Deportes*, 69(3), 37-42.

## REFERENCIAS

- Handford, C., Davids, K., Bennets, S. & Button, C. (1997). Skill acquisition in sport: some applications of an evolving practice ecology. *Journal of Sport Science*, 15, 621-640.
- Hardy, L., Mullen, R. & Jones, G. (1996). Knowledge and conscious control of motor actions under stress. *British Journal of Psychology*, 87, 621-636.
- Helsen, W. & Pauwels, J.M. (1993). The relationship between expertise and visual information processing in sport. En J.L. Starkes y F.Allard (Eds.), *Cognitive Issues in Motor Expertise*. Amsterdam: Elsevier Science.
- Helsen, W.F. & Starcken J.L. (1999). A multideimensional Approach to skilled perception and performance in sport. *Applied Cognitive Psychology*, 13, 1-27.
- Hernández, E. (2005). *Efectos de la aplicación de un sistema automatizado de proyección de preíndices en la mejora de la efectividad de la acción de bloqueo en voleibol*. Tesis Doctoral. Universidad de Granada.
- Hernández, E., Ureña, A., Martínez, M. & Oña, A. (2003). Estudio del comportamiento de la colocadora en voleibol a través del análisis cinemático de ángulos corporales. *Motricidad*, 10, 71-84.
- Houlston, D.R. & Lowes, R. (1993). Anticipatory cue-utilization processes amongst expert and nonexpert wicketkeepers in cricket. *International Journal of Sport Psychology*, 24, 59-73.
- Hull, C.L. (1943). *Principles of behavior*. New York: Appleton-Century.
- Hyllegard, r. (1991). The role os basseball seam in pitch recognition. *Journal of Sport and Exercise Psychology*, 13, 80-84.
- Iglesias, D., Moreno, L.A., Ramos, L.A., Fuentes, J.P., Julian, J.A. & Del Villar, F. (2002). Un modelo para el análisis de los procesos cognitivos implicados en la toma de decisiones en deportes colectivos. *Revista de Entrenamiento Deportivo*, 16 (2), 9-14.
- Isaacs, L.D. & Finch, A.E. (1983). Anticipatory timing of beginners and intermediate tennis players. *Perceptual and Motor Skills*, 57, 451-454.
- James, N. & Hollely, C. (2002). Training effects on the advance visual cues apparent when taking a penalty in football. *Journal of Sport Science*, 20 (1), 65-66.
- Janelle, C.M., Singer, R.N. y Williams, A.M. (1999). External distraction and attentional narrowing: Visual search evidence. *Journal of Sport and Exercise Psychology*, 21, 70-91.
- Johnston, J.C. & Pashler, H. (1990). Close binding of identify and location in visual feature perception. *Journal of Experimental Psychology: Human perception and Performance*, 16, 843-856.

## REFERENCIAS

- Jones, C.M. & Miles, T.R. (1978). Use of advance cues in predicting the flight of a lawn tennis ball. *Journal of Human Movement Studies*, 4, 231-235.
- Jones, P., James, N. & Mellalieu S.D. (2003). Use of anticipatory cues during a soccer dribble by skilled and novice players. *Journal of Sport Science*, 21 (4), 351-352.
- Just, M.A. & Carpenter, P.A. (1976). Eye fixations and cognitive processes. *Cognitive Psychology*, 8, 441-480.
- Kowler, E., Anderson, E., Doshier, B. & Blaser, E. (1995). The role of attention in the programming of saccades. *Visual Research*, 35, 1897-1916.
- Kreigbaum, E. & Barthel, K. M. (1981). *A qualitative approach for studying human movement*. Minneapolis, Minnesota. Biomechanics.: Burgess Publishing Company.
- Kuhn, W. (1988). *Penalty-kicks strategies for shooters and goalkeepers*. En T. Reilly, A. Lees, K. Davids & W.J. Murphy (eds.), *Science and Football I*, (pp. 489-492. ). London: E.& F.N. Spon.
- Lamme, V. A. F. (2003). Why visual attention and awareness are different. *Trends in Cognitive Sciences*, 7, 12-18.
- Langill, A.W. (1965). *Automatic system engineering*. Englewood Cliffs, N.J.: Prentice-Hall.
- Lee, A. & Nolan, L. (2002). 3D Kinematics analysis of the instep kick under speed and accuracy conditions. En T.Reilly, W. Spinks & A.Murphy (Eds.) *Science and Football IV*, (pp 16-21). London: E & FN Spon.
- Lee, D.N. (1980). Visuo-motor coordination in space-time. En G. Stelchman y J. Requin (Eds.), *Advance tutorials in motor behaviour*. Amsterdam: North Holland.
- Lee, D. N., Young, D. S., Reddish, P. E., Loughs, S. & Clayton. T. M. (1983). Visual timing in hitting an accelerating ball. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 35, 333-346.
- Lee, T. D.; Chamberling, C.J. & Hodges, N.J. (2001). Practice. En R.N. Singer, H.A. Hausenblas & C.M. Janelle (Eds.), *Handbook of Sport Psychology* (pp 115-143) New York: Wiley.
- Lenoir, M., Crevits, L., Goethals, M., Wildenbeest, J. y Musch, E. (2000). Are better movements an advantage in ball games? A study of prosaccadic and antisaccadic eye movements. *Perceptual and Motor Skills*, 91, 546-552.
- Lewicki P., Hill, T. & Czyzewska, M. (1992), Nonconscious acquisition of information, *American Psychologist*, 47, 796-801.



## REFERENCIAS

- Lidor, R., Argov, E. & Sharon, D. (1998). An Exploratory Study of Perceptual – Motor Abilities of Women: Novice and Skilled Players of Team Handball. *Perceptual Motor Skills*. 86, 279-288.
- Liebermann, D.G., Katz, L., Hughes, M.D., Bartlett, R.M., McClements, J. & Franks, I.A. (2002). Advances in the application of information technology to sport performance. *Journal of Sport Sciences*. 20, 755-769.
- Magill, R. A. (1989). *Motor Learning : Concepts and applications*. Dubuque, Iowa.: Brown.
- Magill, R. A. (1993). *Motor Learning : Concepts and applications*. Iowa.: Brown Publisher
- Magill, R.A. (1998). Knowledge is more than we can talk about: implicit learning in motor skill acquisition. *Research Quarterly for Exercise and Sport*, 69, 104-110.
- Martínez, M. (1994). *Incidencia del control de la información a través de un sistema automatizado sobre los parámetros de la respuesta de reacción. Aplicación a las salidas deportivas de velocidad*. Tesis Doctoral. Universidad de Granada.
- Martínez, M. & Oña, A. (1999). Effects of increased feedback on temporal parameters of athletic sprint start. *Journal of Human Movement Studies*. 36, 23-36.
- Masters, R.S. (1992). Knowledge, nerves, and Know-how. *British Journal of Psychology*, 83, 343-358.
- Maxwell, J.P., Masters, R.S. & Eves, F.F. (2000). From novice to know-how: A longitudinal study of implicit motor learning. *Journal of Sport Science*, 18, 111-120.
- McGarry, T. & Franks, I.M. (1996). On-line control of a speeded motor response. *Perceptual and Motor Skills*, 82, 636-638.
- McLeod, B. (1991). Effects of eye-visual skills training on selected performance measures of female varsity soccer players. *Perceptual Motor Skills*., 72, 863-866.
- McLeod, P. & Dienes, Z. (1993). How fast should you run to catch a ball?. *Nature*, 362, 23.
- McMorris, T. (1999). Cognitive development and the acquisition of decision-making skills. *International Journal of Sport Psychology*, 30, 151-172.
- McMorris, T. & Colenso, S. (1996). Anticipation of professional soccer goalkeepers when facing right- and left footed penalty kicks. *Perceptual and Motor Skills*, 82, 931-934.
- McMorris, T., Copeman, R., Corcoran, D., Saunders, G. & Potter, S. (1993). Anticipation of soccer goalkeepers facing penalty kicks. En T. Reilly, J. Clarys y A. Stibbe (Eds.) *Science and Football II*, (pp 250-253). Londres: E & FN Spon.

- McMorris, T., & Hauxwell, B. (1995). Anticipation of soccer Goalkeepers when facing penalty kicks to de right and left of the goal using different kicking techniques. *Applied Research in Coaching and Athletics Annual*, 11, 32-43.
- McMorris, T., & Hauxwell, B. (1997). Improving anticipation of soccer goalkeeper using video observation. En T. Reilly, J. Bangsbo y M. Hughes (Eds.) *Science and Football III*, (pp 290-294). Londres: E & FN Spon.
- Mc Morris, T. & Keen, P. (1994). Effects of exercise on simple reaction time of reactional athletes. *Perceptual and Motor Skills*, 78, 123-130.
- McPherson, S.L. & French, K.E. (1991). Changes in cognitive strategies and motor skills in tennis. *Journal of Sport and Exercise Psychology*, 13, 26-41.
- Miller, J. (1989). The control of attention by abrupt visual onsetd and offsets. *Perception and Psychophysics*, 45, 567-594.
- Millslagle, D.G. (2000). Dynamic visual acuity and coincidence-anticipation timing by experienced and inexperienced women players of fast pitch softball. *Perceptual and Motor Skills*, 90, 498-504.
- Milner, A.D. y Goodale, M.A. (1995). *The visual brain in action*. Oxford: Oxford University Press.
- Montes-Mico, R., Bueno, I., & Candel, J.. (2000). Eye-hand and eye- foot visual reaction times of young soccer players. *Optometry (St. Lois, Mo.)*, 71(12), 775-780.
- Moreno, F. J. (1997). *Desarrollo de un sistema automatizado para el entrenamiento de Habilidades Motoras Abiertas. Aplicación al entrenamiento del resto en tenis*. Tesis Doctoral. Universidad de Granada.
- Moreno, F. & Oña, A.(1998). Analysis of Professional Tennis Player to Determine Anticipatory Pre-Cues in the Service. *Journal of Human Movement Studies*, 35, 219-231.
- Moreno, F. J., Oña, A., Martínez, M., García F. (1998). Un sistema de simulación como alternativa en el entrenamiento de habilidades deportivas abiertas. *Motricidad*. 4: 75-98.
- Moreno, F.J., Reina, R., Sanz, D. y Ávila, D. (2002). Las estrategias de búsqueda visual de jugadores expertos de tenis en silla de ruedas. *Revista de Psicología del Deporte*, 11 (2), 197-208.
- Morya, E., Ranvaud, R. & Pinheiro, W.M. (2001). The point of no return in a simulate penalty kick situation. En A. Papaioannou, M. Goudas & Y. Theorodakis (Eds.), *Internatioanl Society of Sport Psychology: Proceedings of the 10<sup>th</sup> World Congress of Sport Psychology* (pp 75-77). Thessaloniki: Christodoulidi Publications.

## REFERENCIAS

- Morya, E., Ranvaud, R. & Machado, W. (2003). Dynamics of visual feedback in a laboratory situation of a penalty kick. *Journal of Sport Science*, 21, 87-95.
- Nougier, V. & Rossi, B. (1999). The development of expertise in the orienting of attention. *International Journal of Sport Psychology*, 30, 246-260.
- Nougier, V., Stein, J.F. & Bonnel, A.M. (1991). Information processing in sport and "orienting of attention". *International Journal of Sport Psychology*, 22 (3-4), 307-327.
- Núñez, F. J., Bilbao, A., Raya, A. & Oña, A. (2004). Valoración del comportamiento motor y preíndices de movimiento del portero de fútbol durante el lanzamiento de penalti. *Motricidad*, 12, 21-38.
- Núñez, F. J., Oña, A., Bilbao, A. & Raya, A. (2005). Anticipation in soccer goalkeepers during penalty kicking. *International Journal of Sport Psychology*, 36 (4), 284-298.
- Olivier, I. (2000). The effects of spatial movement components precues on the execution of rapid aiming in children aged 7, 9 and 11. *Journal of Experimental Chile Psychology*, 77, 155-168.
- Oliver, I., Ripoll, H. & Audiffren, M. (1997). Age differences in using precued information to preprogram interception of a ball. *Perceptual and Motor Skills*, 85, 123-127.
- Oña, A. (1989). *Efectos de las Estrategias Atencionales, la Complejidad del Gesto y la Práctica en la Eficacia Motora bajo un sistema Automático de Análisis Temporal*. Granada. Servicio de Publicaciones de la Universidad de Granada.
- Oña, A. (1994). *Comportamiento Motor: Bases Psicológicas del Movimiento Humano*. Granada. Universidad de Granada.
- Oña, A. & Martínez, M. (1995). Factores Críticos y Tendencias de Futuro en el Aprendizaje de la Técnica Deportiva. *Revista de Psicología del Deporte*, 4, 89-98.
- Oña, A.; Martínez, M. & Moreno, F. (1995). Descripción de un Sistema Informatizado de Procesamiento Automático para la Optimización del Rendimiento Deportivo Basado en el Control de la Información. *Motricidad*, 1, 57-69.
- Oña, A., Martínez, M., Moreno, F. & Ruiz, L. M. (1999). *Control y Aprendizaje Motor*. Madrid: Síntesis.
- Oña, A., Martínez, M., Moreno, F., Serra, E. & Arellano, R. (1994). Descripción de un sistema computerizado de registro y control de la información temporal aplicado al deporte. *Archivos De Medicina Del Deporte*, 11, 163-171.
- Oña, A., Martínez, M., Moreno, F., Serra, E. & Arellano, R. (1993). Optimización de los componentes temporales de la salida de atletismo a través del control de la información. *Revista De Psicología Del Deporte*, 3, 5-15.

## REFERENCIAS

- Osman, A., Kornblum, S. & Meyer, D.E. (1986). The point of no return in choice reaction time: controlled and ballistic stages of response preparation. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 12, 243-258.
- Osman, A., Kornblum, S. & Meyer, D.E. (1990). Does motor programming necessitate response execution?. *Journal of Experimental Psychology*, 16, 183-198.
- Paillard, J. (1980). The multi-channeling of visual cues and the organisation of a visually guided response. En G.E. Stelmach y J. Requin (Eds.), *Tutorials in motor behaviour*. Amsterdam:Elsevier Science.
- Párraga J. (1999). *Efectos de la Variación del Tiempo de Aparición de Estímulos Visuales sobre la Precisión y los Parámetros Biomecánicos en el Lanzamiento en Balonmano*. Tesis Doctoral. Universidad de Granada.
- Payne, V. G. & Isaacs. L. D. (1987). *Human motors development: a lifespan approach*. Mountain View, CA: Mayfield.
- Petrakis, E. (1986). Visual observation patterns of tennis teachers. *Research Quarterly for Exercise and Sport*, 57 (3), 254-259.
- Pew, R. W. (1974). Levels of analysis in motor control. *Brain Research*, 71, 393-400.
- Planer, P.M. (1994). *Sports Vision Manual*. Harrisburg, PA: International Academy of Sport Vision.
- Plou, P. (1994). *La importancia del sistema visual en la práctica deportiva*. Tesina. Escuela de Medicina de la Educación Física y el Deporte. Universidad Complutense. Madrid.
- Posner, M.I. (1980). Orienting of attention. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 32, 3-25.
- Posner, M.I., Snyder, C.R.R. & Davidson, B.J. (1980). Attention and detection of signals. *Journal of Experimental Psychology: General*, 109, 160-174.
- Poulter, D.R. & Jackson, R.C. (2003). Anticipating soccer penalty kick direction: Does learning without instruction necessarily lead to explicit processes?. *Journal of Sport and Exercise Psychology*, 25, 108-109.
- Poulton, E. C., (1957). On prediction in skilled movement. *Psychological Bulletin*, 54, 467-478. *Psychological Review*, 75, 522-536.
- Quesada D. C. & Schmidt, R. A. (1970). A test of the Adams-Creamer decay hypothesis for the timing of motor responses. *Journal of Motor Behavior*, 2, 273-283.
- Quevedo, LL. & Solé, J. (1990). Baloncesto: Habilidades visuales y su entrenamiento. *Revista de Entrenamiento Deportivo*, 4 (6), 9-19.

## REFERENCIAS

- Radlo, S. J., Janelle, C. M., Barba, D. A. & Frehlist. S. G. (2001). Perceptual decision making for baseball pitch recognition: using p300 latency and amplitude to index attentional processing. *Research Quarterly for Exercise and Sport (Reston, Va.)*, 72(1), 22-31.
- Reber, A. S. (1992). The cognitive unconscious: An evolutionary perspective. *Conscious and Cognition*, 1, 93-113.
- Reina, R. (2004). *Análisis del comportamiento visual y motor de reacción de jugadores de tenis y tenis en silla de ruedas en el resto al servicio*. Tesis Doctoral. Universidad de Extremadura.
- Reina, R., Fuentes, J.P., Sanz, D. & Moreno, F.J. Del Campo et al. (2003a). Análisis del comportamiento visual y de reacción de tenistas de diferente nivel ante la simulación en laboratorio de la situación de aproximación a red. *Kronos. La revista universitaria de la actividad física y el deporte*. 4, 28-38.
- Reina, R., Del Campo, V. L., Sanz, D. & Moreno, F.J. (2003b). Influencia del tamaño de la imagen sobre las estrategias de búsqueda visual en situación simulada del resto en tenis. *Revista de Psicología del Deporte* , 13 (1), 175-193.
- Reina, R., Moreno, F.J., Sanz, D. y Del Campo, V. L., (2003c). Influencia de la lateralidad del jugador al servicio sobre el comportamiento visual del jugador al resto de tenis en silla de ruedas. En Martínez, J.O. (Ed.), *Libro de Actas de la Conferencia Internacional sobre Deporte Adaptado* (pp. 363-369). Málaga: Instituto Andaluz del Deporte.
- Remington, R.W. (1980). Attention and saccadic eye movements. *Journal of Experimental Psychology : Human Perception and Performance*, 6, 726- 744.
- Remington, R.W., Johnston, J.C. & Yantis, S. (1992). Involuntary attention capture by abrupt onsets. *Perception and Psychophysics*, 51, 279-290.
- Riehle, A. & Requin, J. (1989). Monkey primary motor and premotor cortex: Single-cell activity related to prior information about direction and extent of an intend movement. *Journal of Neurophysiology*, 61, 534-549.
- Ripoll, H. (1988). Analysis of visual scanning patterns of volleyball players in a problem solving task. *International Journal of Sport Psychology*, 19, 19-25.
- Ripoll, H. (1989). Uncertainty and visual search strategy in table tennis. *Perceptual and Motor Skills*, 69, 507-512.
- Ripoll, H. (1991). The understanding-acting process in sport. The relationship between the semantic and sensoriomotor visual funcion. *International Journal of Sport Psychology*, 22, 221-243.
- Roncagli, V. (1992). Las ciencias visuales al servicio del deporte. *Ver y oír*, 66, 17-21.

## REFERENCIAS

- Rosenbaum, D. A. (1980). Human movement initiation: *Specification of arm, direction, and extend*. *Journal of Experimental Psychology: General*, 109, 444-474.
- Ruiz, L.M. (1994). *Deporte y Aprendizaje. Proceso de adquisición y desarrollo de habilidades*. Visor: Madrid.
- Ruiz, J.M. & Sánchez, F. (1997). *Rendimiento Deportivo. Claves para la optimización de los aprendizajes*. Gymnos: Madrid.
- Saarinen, J. & Jules, B. (1991). The speed of attentional shifts in the visual field. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 88, 1812- 1814.
- Sanchez, F. (1992). *Bases para una didáctica de la educación física y del deporte*. Madrid: Gymnos.
- Savelsbergh, G.J.P. & Van Der Kamp, J. (2000). Information in learning to coordinate and control movements: is there a need for specificity of practice?. *International Journal of Sport Psychology*, 31, 476-484.
- Savelsbergh, G.J.P., Van der Kamp, J. & Davis, W.E. (2001). Perception-action coupling in grasping of children with Down syndrome. *Adapted Physical Activity Quarterly*, 18, 451-457.
- Savelsbergh, G.J.P., Whiting, H.T.A, & Bootsma, R.J. (1991). Grasping tall. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 17, 315-322.
- Savelsbergh, G.J.P., Williams, A.M., Van Der Kamp, J. & Ward, P. (2002). Visual Search, anticipation and expertise in soccer goalkeeper. *Journal of Sport Science*. 20, 279-287.
- Schellekens, J.M.H., Huizing, F. & Kalverboer, A.F. (1986). The influence of movement amplitude on precue-processing. *Human Movement Science*, 5 249-262.
- Schmidt, R.A. (1975). A schema theory of discrete motor skill learning. *Psychological Review*, 82, 225-260.
- Schmidt, R. (1988). *Motor Control and Learning*. Illinois: Human Kinetics.
- Schmidt, R.A., Heuer, H., Ghodsian, D. y Young, D.E. (1998). Generalized motor programs and units of action in bimanual coordination. En M.L. Latash (Ed.), *Progress in motor control* (pp. 329-360). Champaign, IL: Human Kinetics.
- Schmidt, R.A. y Lee, T.D. (2005). *Motor Control and Learning*. Champaign, IL: Human Kinetics.
- Scott, D., Scott, L.M. & Howe, B.L. (1998). Training and anticipation for intermediate tennis player. *Behavior Modification*, 22, 243-261.

- Seger, C. A. (1994). Implicit learning. *Psychological Bulletin*, 115, 163-196.
- Singer, R.N., Cauraugh, J.H., Chen, D., Steinberg, G.M., Frehlich, S.G. & Wang, L. (1994) Training mental quickness in beginning/intermediate tennis player. *The Sport Psychologist*, 8, 305-318.
- Singer, R.N., Cauraugh, J.H., Chen, D., Steinberg, G.M. y Frehlich, S.G. (1996). Visual search, anticipation, and reactive comparisons between highly-skilled and beginning tennis players. *Journal of Applied Sport Psychology*, 8, 9-26.
- Singer, R.N., Williamns, A.M., Frehlich, S.G., Janelle, C.M., Radlo, S.J.; Barba D.A. & Bouchard, L. (1998). New frontiers in visual search: An exploratory study in live tennis situations. *Research Quaterly for Exercise and Sport*, 69, 290-296.
- Soto V. M. (1995). *Desarrollo de un sistema para el análisis biomecánico tridimensional del deporte y la representación gráfica relista del cuerpo humano*. Tesis Doctoral. Universidad de Granada.
- Starkes, J.L. (1987). Skill in field hockey: The nature of the cognitive advantage. *Journal of Sport Psychology*, 9, 146-160.
- Starkes, J.L. & Allard, F.(1993). *Cognitive Issues in Motor Expertise*. Amsterdam: Elsevier.
- Starkes, J.L.; Edwards, P.; Dissanayake, P. & Dunn, T. (1995). A new technology and field test to advanced cue usage in volleyball. *Research Quaterly*, 65, 1-6.
- Starkes, J.L., Helsen, W.F. & Jack, R. (2001). Expert performance in sport and dance. En R.N. Singer, H.A. Hausenblas, & C.M. Janelle (Eds.), *Handbook of Sport Psychology* (pp 174-201). New York: Wiley.
- Starkes, J.L. y Lindley, S. (1994). Can we hasten expertise by video simulations?. *Quest*, 46, 211-222.
- Styles, E.A. & Allport, D.A. (1986). Perceptual integration of identify, location and color. *Psychologycal Research*, 48, 189-200.
- Tanji, j., Taniguchi, J. & Saga, T. (1980) Supplementary motor area: Neuronal response to motor instructions. *Journal of Neurophysiology*, 44, 60-68.
- Tenenbaum, G.; Levy-Kolker, N.; Sade, S.; Liebermann, D.G. & Lidor, R. (1996). Anticipation and Confidence of Decisions Related to Skilled Performance. *International Journal of Sport Pschology*. No. 27, 293-307.
- Tenenbaum, G., Sar-EI, T. & Bar-Eli, M. (2000). Anticipation of ball location in low and high-skill performers: a developmental perspective. *Psychology of Sport and Exercise*. 1, 117-128.
- Tenenbaum, G., Yuval, R., Elbaz, G., Bar-Eli, M. & Weinberg. R. (1993). The relationship between cognitive characteristics and decision making. *Canadian Journal of Applied Psychology*, 18 (1), 48-62.

- Thorndike, E. L. (1931). *Human Learning*. New York. Appleton-Century.
- Tolman, E.C. (1932). *Purposive behavioral of animals and men*. New York: Century.
- Treisman, A. & Gelade, G. (1980). A feature- integration theory of attention. *Cognitive Psychology*, 12, 97- 136.
- Trespalacios, J.L. (1989). *Aproximación ecológica al estudio del estímulo perceptual*. Madrid:UNED.
- Tyldesley, C. & Whiting, H.T.A. (1975). Operational timing. *Journal of Human Movement Studies*, 1, 172-177.
- Van Soest, A.J. & Beek, P.J. (1996). Perceptual-motor coupling in the execution of fast interceptive actions. *Corpus, Psyche et Societas*, 3, 92-101.
- Vickers, J.N. (1992). Gaze control in putting. *Perception*, 21, 117-132.
- Vickers, J.N. (1996). Visual control while aiming at a far target. *Journal of experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 22 (2), 156-182.
- Vickers, J.N. & Adolphe, R.M. (1997). Gaze behaviour during a ball tracking and aiming skill. *International Journal of Sports Vision*, 4 (1), 18-27.
- Villa, C. (1989). Visión y deporte: Fútbol. *El Entrenador Español de Fútbol*, 40, 54-55.
- Ward, P.; Williams, A.M. & Bennett, S. (2002). Visual Search and biological perception in tennis. *Research Quaterly for Sport and Exercise*, 73, 107-112.
- Wickens, C. D. (1992). *Engineering Psychology and Human Performance*. Illinois: Harper Collins.
- Williams, A.M. (2000). Perceptual skill in soccer: Implications for talent identification and development. *Journal of Sport Science*, 18, 737-750.
- Williams, A. M. & Burwitz, L. (1993). *Advance cue utilizacion in soccer*. En T. Reilly, J. Clarys y A. Stibbe (Eds.), *Science and Football II*, (pp 239-244). Londres: E & FN Spon.
- Williams, A.M. y Davids, K. (1997). Assessing cue usage in performance contexts: A comparison between eye-movement and concurrent verbal report methods. *Behaviour Research Methods, Instruments & Computers*, 29 (3), 364-375.
- Williams, A. M. & Davids. K. (1998). Visual search strategy, selective attention and expertise in soccer. *Research Quaterly for Exercise and Sport*, 69, 111-129.
- Williams, A. M., & Davids, K. & Burwitz, L. (1994). Ecological validity visual search research in sport. *Journal of Sport and Exercise Psychology*. 16(22.).



## REFERENCIAS

- Williams, A.M., Davids, K., Burwitz, L. & Williams, J.G. (1992). Perception and action in sport. *Journal of Human Movement Studies*, 22, 147-205.
- Williams, A.M., Davids, K., Burwitz, L. y Williams, J.G. (1993). Cognitive knowledge and soccer performance. *Perceptual and Motor Skills*, 76, 579-593.
- Williams, A.M., Davids, K., Burwitz, L. y Williams, J.G. (1994). Visual search strategies in experienced and inexperienced soccer players. *Research Quarterly for Exercise and Sport*, 65 (2), 127-135.
- Williams, A. M., Davids, K. & Williams, J.G. (1999). *Visual Perception and Action in Sport*. London: Spon Press.
- Williams, A.M. & Grant, A. (1999). Training perceptual skill in sport. *International Journal of Sport Psychology*, 30, 194-220.
- Williams, A.M & Griffiths, I.W. (2002). A kinematic analysis of prevalence of pre-impact cues in the football penalty kick. *Journal of Sport Science*, 20 (1), 74.
- Williams, A.M., Ward, P., Knowles, J.M. & Smeeton, N.J. (2002). Anticipation in a Real-World Task: Measurement, Training, and transfer in tennis. *Journal of Experimental Psychology: Applied*, 8 (4), 259-270.
- Wise, S.P. & Mauritz, K.H. (1985). Set- related neuronal activity in the premotor cortex of rhesus monkeys : Effects of changes in motor set. *Proceeding Research Society London British Biological Sciences*, 223, 331-354.
- Wright, D.L., Pleasants, F & Gomez-Meza, M. (1990). Use of advanced cue sources in volleyball. *Journal of Sport and Exercise Psychology*, 12, 406-414.
- Wulf, G. & Schmidt, R. A. (1997). Variability of practice and implicit motor learning. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 23, 987-1006.
- Yantis, S. & Jonides, J. (1984). Abrupt visual onsets and selective attention; evidence from visual search. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 10, 610-621.
- Yazdy-Ugav, O. (1988). Speed of information processing in sport: Closed vs open skills. *Internacional Journal of Sport Psychology*, 19, 281-295.
- Zelaznick, H. N., Shapiro, D. C. & Carter, M. C. (1982). The specification of digit and duration during motor programming: A new method of precuing. *Journal of Motor Behavior*, 14, 57-68

**EFFECTOS DE LA APLICACIÓN DE UN SISTEMA AUTOMATIZADO DE PROYECCIÓN DE PREINDICES SOBRE LA MEJORA DE LA EFECTIVIDAD DEL LANZAMIENTO DE PENALTY EN FÚTBOL.**  
 (Proyecto I+D, subvencionado por el Ministerio de Ciencia y Tecnología, agosto 2002)

**PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN**

- ESTÍMULO: Movimiento
- MECANISMO DE REFERENCIA
- MECANISMO OBJETIVO
- MECANISMO

**COMPONENTES TEMPORALES DE LA RESPUESTA DE REACCIÓN**

- PREPERIODO: Tiempo de espera tras la aparición del estímulo.
- TIEMPO DE TOMA DE DECISIÓN: Tiempo transcurrido desde la presentación del estímulo hasta el golpe de balón.
- TIEMPO DE VISIÓN DEL RESULTADO: Tiempo transcurrido desde el golpe de balón hasta la detección de si la bola va a gol.

**Capítulo 7: ANEXOS**  
 Facultad de Ciencias de la Actividad Física y del Deporte

## 7. ANEXOS

### 7.1 ANEXO 1: Hoja de registro para el análisis de video-entrenamiento del GP



EJEMPLO: DONDE GOLPEA EL BALÓN SEGÚN LA MIRADA (Marca con una X en el lugar correspondiente)			
Nº	Izquierda		Derecha
1			
2			
3			

EJEMPLO: ZONA DE CONTACTO PIE BALON, LUGAR DE GOLPEO, EL PORTERO PARA, GOL O FUERA (Marca con una X en el lugar correspondiente)									
Nº	E	EI	I	D		I	G	P	F
1									
2									
3									
4									

E: Empeine; EI: Empeine Interior; I: Interior  
 D: Derecha; I: Izquierda  
 G: Gol; P: Parada; F: Fuera

## 7.2. ANEXO 2: Cuestionario de Análisis de Aprendizaje Implícito para GAI

Pregunta Nº 1



**¿Te ha parecido difícil golpear el balón hacia el lado contrario del movimiento del portero?**

SI

NO

**¿Por qué?**(Responde escuetamente): \_\_\_\_\_

---



---



---

Pregunta Nº 2



**¿Has utilizado alguna estrategia para decidir hacia que lado golpear el balón?**

SI

NO

(Descríbela brevemente): \_\_\_\_\_

---



---



---

Pregunta Nº 3



**¿Crees haber detectado algún movimiento en el portero que te indique hacia que lado se va a**

SI

NO

Si has contestado "SI", continua con la pregunta número 3. Si has contestado "NO" has finalizado este cuestionario, no sigas contestando.

**Pregunta Nº 4**



**¿Cuándo crees que realiza este movimiento?**

- Antes de iniciar nuestra carrera de aproximación
- Durante nuestra carrera de aproximación
- En el momento del golpeo del balón
- Después del golpeo

**Pregunta Nº 5**



**¿En qué parte del cuerpo del portero crees que nos debemos fijar para saber hacia que lado se lanzara?**

- Cabeza
- Brazos
- Tronco
- Piernas
- Otra:

**Pregunta Nº 6**



**¿Describe brevemente ese movimiento que has identificado como indicador del lugar hacia el que se moverá el portero durante un lanzamiento de penalti?**

---

---

---

---

---

---

---

---

Granada de de 2005

Fdo: \_\_\_\_\_