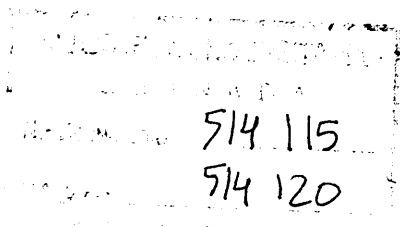
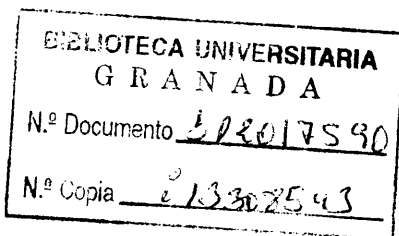




**UNIVERSIDAD DE GRANADA**  
**DEPARTAMENTO DE PERSONALIDAD, EVALUACION Y**  
**TRATAMIENTO SICOLOGICO**

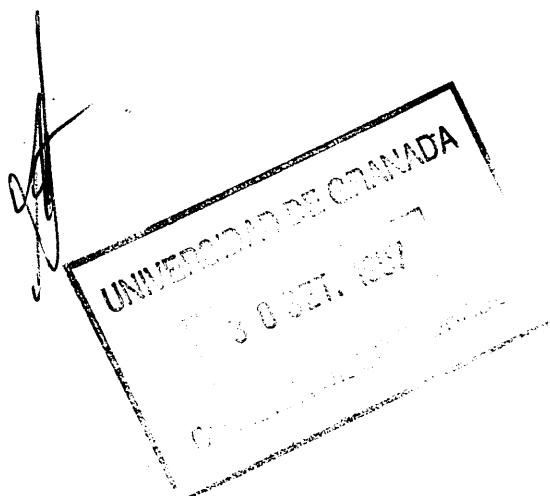


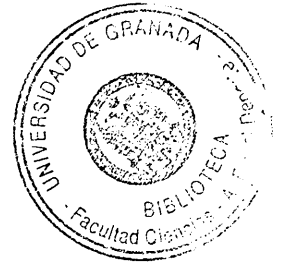
**INFLUENCIA DE LOS FACTORES BIOMECANICOS QUE  
DETERMINAN LA EFICACIA DEL LANZAMIENTO SOBRE EL  
NIVEL DE RENDIMIENTO DEPORTIVO EN BALONCESTO.**



**AUTOR: AURELIO SANCHEZ VINUESA.**  
**DIRECTOR: MARCOS GUTIERREZ DAVILA.**

1997





## INFORME DEL DIRECTOR DE TESIS

D. Marcos Gutiérrez Dávila, profesor titular de Biomecánica del movimiento humano, de la Universidad de Granada y Director de la tesis: **Influencia de los factores biomecánicos que determinan la eficacia del lanzamiento sobre el nivel de rendimiento deportivo en Baloncesto**, de la que es autor D. Aurelio Sánchez Vinuesa.

**AUTORIZA** la presentación de la referida tesis para su defensa y mantenimiento de acuerdo a lo previsto en el R.D. 185/1985 de 23 de Enero.

**INFORMANDO** que la presente tesis doctoral ha sido realizada por el doctorando Aurelio Sánchez Vinuesa en el Laboratorio de Análisis del Movimiento Humano de la Facultad de Ciencias de la Actividad Física y del Deporte de la Universidad de Granada, cumpliendo los requisitos necesarios de calidad y originalidad para su defensa.

Y para que conste, expido el presente en Granada a 29 de Septiembre de 1997.

Fdo.: D. Marcos Gutiérrez Dávila.



## **AGRADECIMIENTOS**

A mi director de tesis que, al margen de la orientación académica, siempre me guió y ayudó de forma inestimable.

A mis compañeros, Javier Rojas, Mar, Víctor Soto, David Cárdenas y Antonio Oña, por su valiosa ayuda y colaboración en diferentes aspectos para la elaboración de la tesis.

A mis compañeros del P.A.S., Joaquín Martínez y Juan Luis Miranda, por su ayuda, especialmente en las filmaciones realizadas para este trabajo de investigación.

A Miguel Angel Delgado, Elena García, María del Mar Pinilla, Gerardo Guerrero, Margarita Navarro, María Natividad Rodríguez y Salvador Jiménez por su disposición de aliento y ayuda personal hacia mí.

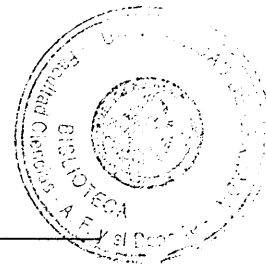
## **DEDICATORIA**

A mi familia: Iván, Mireya y Rose, por ser para mí referentes constantes de superación.

## **INDICE**

<b>1.- INTRODUCCION.</b>	<b>9</b>
1.1.- <b>Perspectiva multidisciplinar en la investigación deportiva.</b>	<b>11</b>
1.2.- <b>Factores generales que inciden en el lanzamiento a canasta.</b>	<b>16</b>
1.3.- <b>Visión histórica del lanzamiento a canasta.</b>	<b>22</b>
1.4.- <b>Antecedentes de la investigación biomecánica en el lanzamiento a canasta.</b>	<b>28</b>
1.4.1.- <b>Estudios descriptivos y correlacionales del lanzamiento a canasta.</b>	<b>37</b>
1.4.2.- <b>Estudios inferenciales entre niveles de jugadores.</b>	<b>56</b>
1.5.- <b>Antecedentes de la investigación del comportamiento motor en el lanzamiento a canasta.</b>	<b>62</b>
1.6.- <b>Planteamiento de la hipótesis y objetivos de investigación.</b>	<b>71</b>
<b>2.- METODO.</b>	<b>75</b>
2.1.- <b>Características.</b>	<b>76</b>
2.2.- <b>Sujetos.</b>	<b>80</b>
2.3.- <b>Diseño experimental.</b>	<b>82</b>

<b>2.4.- Técnicas instrumentales y material usado.</b>	<b>84</b>
<b>2.4.1.- Técnicas instrumentales de registro.</b>	<b>84</b>
2.4.1.1.- Filmación.	84
2.4.1.2.- Sistema de referencia.	85
2.4.1.3.- Material deportivo.	88
<b>2.4.2.- Técnicas instrumentales en la captación y tratamiento de los datos.</b>	<b>88</b>
2.4.2.1.- Digitalización.	88
2.4.2.2.- Suavizado, interpolación y sincronización.	91
2.4.2.3.- Coordenadas tridimensionales.	91
2.4.2.4.- Modelo mecánico y obtención de resultados.	93
<b>2.5.- Procedimiento.</b>	<b>98</b>
<b>2.6.- Selección, definición y cálculo de las variables dependientes.</b>	<b>102</b>
<b>2.6.1.- Variables de producto.</b>	<b>103</b>
2.6.1.1.- Angulo de salida del balón.	103
2.6.1.2.- Velocidad de salida del balón.	104
2.6.1.3.- Altura de salida del balón.	105
<b>2.6.2.- Variables de proceso.</b>	<b>108</b>
2.6.2.1.- Variables temporales.	108
2.6.2.2.- Variables relativas a las posiciones espaciales adoptadas.	109
2.6.2.3.- Variables relativas a las velocidades desarrolladas.	113



2.6.2.4.- Variable relativa a la evolución de la energía cinética y velocidad angular segmentaria.	115
<b>3.- RESULTADOS.</b>	<b>132</b>
3.1.- Resultados primera actuación de investigación.	133
3.2.- Resultados segunda actuación de investigación.	136
3.2.1.- Variables de producto.	144
3.2.2.- Variables de proceso. Variables temporales.	154
3.2.3.- Variables de proceso. Variables posiciones espaciales.	162
3.2.4.- Variables de proceso. Velocidades desarrolladas.	169
3.2.5.- Variable relativa a la evolución de la energía cinética segmentaria.	172
<b>4.- DISCUSION.</b>	<b>191</b>
4.1.- Primera actuación de investigación. Consistencia temporal.	192
4.2.- Segunda actuación de investigación.	195
4.2.1.- Variables de producto.	196
4.2.2.- Variables de proceso.	200
4.2.2.1.- Variables temporales.	201
4.2.2.2.- Posiciones espaciales.	204
4.2.2.3.- Velocidades desarrolladas.	207
4.2.2.4.- Cadenas cinéticas.	209

**5.- CONCLUSIONES. 211**

**6.- BIBLIOGRAFIA. 215**



INTRODUCCION

La introducción de un nuevo producto en el mercado requiere una cuidadosa planificación y ejecución. Este documento describe el proceso de lanzamiento de un producto innovador, desde la identificación de las necesidades del consumidor hasta la implementación de estrategias de marketing y ventas.

El primer paso es comprender a fondo al mercado objetivo y a los competidores existentes. Esto implica una investigación exhaustiva de las tendencias del mercado y la identificación de oportunidades para destacar.

Una vez que se ha definido el mercado y los competidores, se debe desarrollar un plan de marketing integral que abarque todos los aspectos de la promoción del producto, desde la publicidad hasta las estrategias de ventas directas.

Finalmente, es crucial establecer canales de distribución efectivos y asegurar que el producto esté disponible en el momento y en el lugar adecuado para satisfacer la demanda del consumidor.

## INTRODUCCION

Este documento tiene como objetivo proporcionar una visión general de los conceptos clave y las estrategias utilizadas en el lanzamiento de un producto nuevo. Se abordarán temas como la investigación de mercado, el desarrollo del producto y la implementación de estrategias de marketing.

El primer capítulo describe el proceso de investigación de mercado, que es fundamental para comprender las necesidades y preferencias de los consumidores. Esto incluye métodos tanto cualitativos como cuantitativos para recopilar y analizar datos.

El segundo capítulo se centra en el desarrollo del producto, que implica la creación de un prototipo viable que cumpla con los requisitos del mercado y los estándares de calidad. Este proceso requiere una estrecha colaboración entre los departamentos de investigación y desarrollo y marketing.

El tercer capítulo aborda la implementación de estrategias de marketing y ventas, que son esenciales para crear conciencia del producto y atraer a los consumidores. Esto incluye la selección de canales de distribución adecuados y la ejecución de campañas de promoción efectivas.

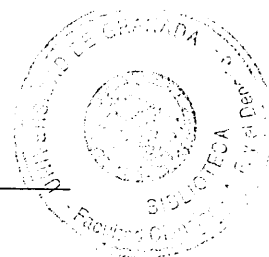
Finalmente, el cuarto capítulo discute la evaluación de los resultados del lanzamiento y la identificación de oportunidades para optimizar el desempeño del producto en el mercado. Esto implica un seguimiento constante de las métricas clave y la adaptación de las estrategias según sea necesario.

En conclusión, el lanzamiento exitoso de un nuevo producto requiere una combinación de investigación rigurosa, desarrollo innovador y estrategias de marketing efectivas. Al seguir estos principios, las empresas pueden aumentar sus posibilidades de éxito en un mercado competitivo.

Este documento sirve como una guía para los equipos de marketing y ventas que buscan implementar estas estrategias de manera efectiva. Se espera que este contenido sea útil y motivador para quienes buscan mejorar sus resultados de negocio.

Gracias por su atención y compromiso con el éxito de nuestro producto. Estamos seguros de que juntos lograremos grandes logros.

¡Bienvenidos a bordo!



## 1.- INTRODUCCION.

La presente tesis doctoral se contempla como un nuevo paso dentro de una investigación que pretende y tiene por objeto determinar las diferencias entre los factores biomecánicos que inciden en el rendimiento deportivo, así como comprobar si éstas se producen debido a los diferentes niveles técnico-tácticos, o, por el contrario son producto de la precipitación que pueden producir factores ambientales externos al deportista.

Dados los altos niveles de rendimiento exigidos en el deporte, se hace preciso buscar los medios más eficaces y rápidos que permitan mejorar los rendimientos en cada una de las acciones que se llevan a cabo en la competición deportiva. Esta búsqueda de **medios más eficaces y rápidos** pasa por determinar, en un primer estadio, las causas que provocan, y, por tanto, condicionan la ejecución de un gesto deportivo, haciéndolo más o menos eficaz.

Es evidente que hablamos de rendimiento, término muy usual en aquellos ámbitos de la vida en los que se produce una acción o tarea, y que también podemos aplicar al ámbito deportivo.

Según Grosser, Brüggemann y Zintl (1989), el rendimiento deportivo se ha de considerar como un complejo compuesto por una multitud de capacidades y condiciones concretas. Para llegar a controlar y mejorar este rendimiento, la técnica, táctica, la condición física, las capacidades volutivas, etc, deben ser objeto de estudio.

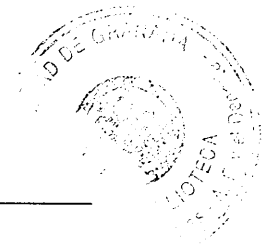
Aunque el rendimiento puede y debe ser valorado en todas aquellas situaciones y gestos deportivos que forman parte de la competición, tales como las acciones defensivas, de ayuda, pases, etc, el fin último en la competición es la consecución de puntos, tantos, goles, golpes, etc, que permitan la victoria sobre el adversario.

En el caso que nos ocupa, Baloncesto, es el tiro a canasta la acción que permite el logro de los puntos, siendo el lanzamiento a canasta en suspensión con oposición y desplazamiento previo, el objeto de estudio de esta investigación, el cual se abordará desde la perspectiva de la biomecánica, aunque sin olvidarnos del estudio comportamental, al tratarse de un gesto donde existe un proceso de información debido a la oposición de un contrario.

### **1.1.- Perspectiva multidisciplinar en la investigación deportiva.**

El deporte y en general la motricidad humana debe ser contemplada como un campo de estudio donde inciden varias áreas de conocimiento. Sería erróneo e incompleto pensar que el estudio de un gesto deportivo, sólo desde el punto de vista de las ciencias médicas, como la neurofisiología, fisiología del esfuerzo, etc. nos van a dar respuesta a todos los interrogantes que en cualquier gesto deportivo se plantean.

El estudio científico del deporte requiere una perspectiva multidisciplinar que nos permita, desde el conocimiento de los mecanismos básicos de la motricidad, el análisis del gesto deportivo desde diferentes puntos de vista. Este



análisis que debe ser entendido como una globalidad, exige por otro lado de una delimitación que estructure el análisis en distintas perspectivas según el área de conocimiento interesado en el estudio (Oña, 1994).

Las perspectivas científicas relacionadas con la investigación deportiva que contemplan todas las perspectivas que el gesto deportivo implica se pueden clasificar en cuatro áreas: **a)** Área de las ciencias médicas, **b)** de la biomecánica, **c)** de la cineantropometría y **d)** del comportamiento motor. (Gutiérrez, 1990). En la figura 1 se presenta un esquema de las perspectivas citadas.

Estas cuatro áreas integran una serie de ciencias que abordan el gesto deportivo desde diferentes perspectivas. Así por ejemplo, en el área de las ciencias médicas se incluyen la neurofisiología, bioquímica, fisiología, etc. que nos permiten el estudio del gesto deportivo desde el punto de vista energético de la coordinación intrínseca del movimiento.

El comportamiento motor nos va a permitir abordar el estudio del movimiento desde la perspectiva de la psicología. Los mecanismos básicos del movimiento mediante el control motor, el aprendizaje de conductas o la modificación de conductas mediante el aprendizaje motor y la evolución de las conductas motoras mediante el desarrollo motor.

La antropometría, (anthropos, hombre y metrium, medida) se encarga del estudio del movimiento humano en todos los parámetros antropométricos de éste, así como la eficacia de las palancas que movilizan los segmentos

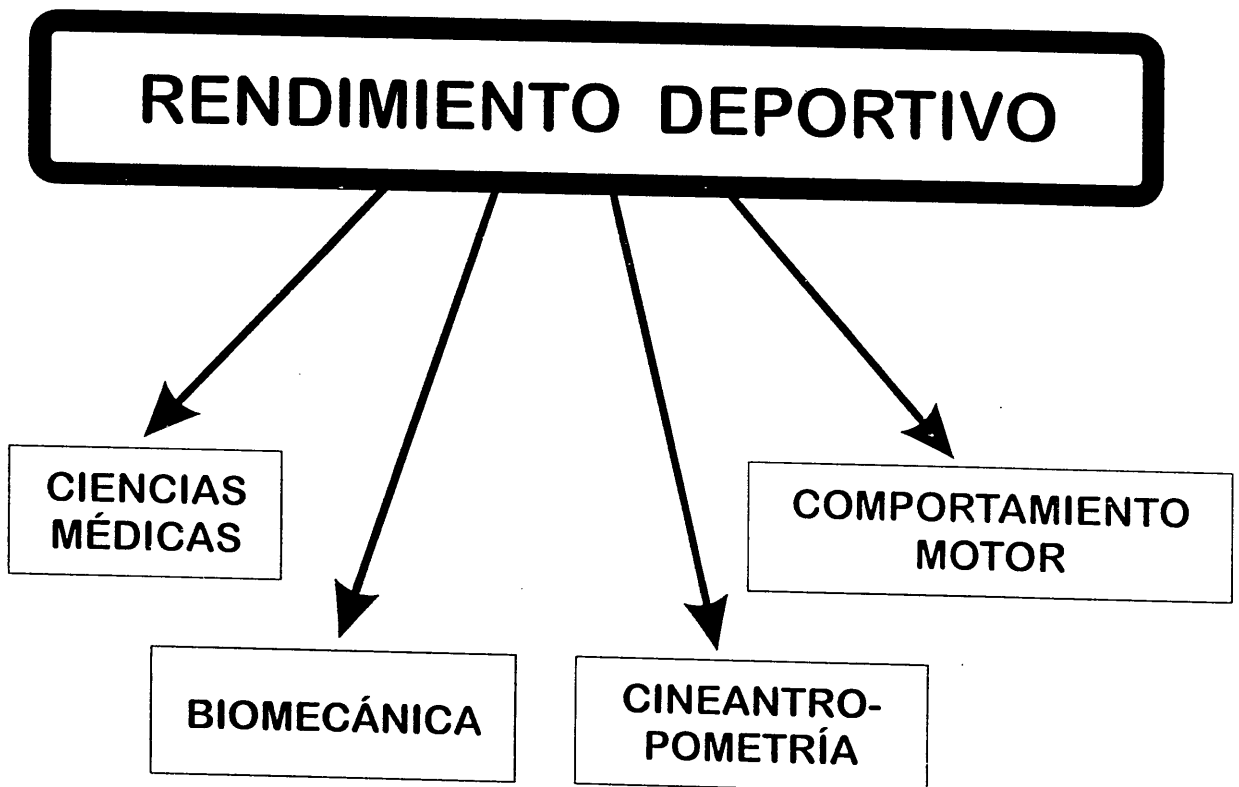
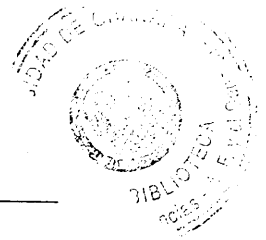


Figura 1. Perspectivas científicas relacionadas con el rendimiento deportivo.



corporales.

La biomecánica contempla el estudio del movimiento humano desde la perspectiva de la física, ya que el cuerpo humano, como sistema biológico generador de movimiento deportivo, está sujeto a las leyes de la mecánica. Así por ejemplo el estudio de trayectorias, espacios recorridos, velocidad de desplazamiento, momentos angulares, etc, son variables propias de la perspectiva científica de la biomecánica.

Cuando se tratan gestos de bucle abierto, es decir, aquellos que tienen un comienzo y un final determinado y no están sujetos a los condicionantes externos, podemos considerar que tanto la fisiología como la biomecánica son perspectivas científicas que se encargan de su análisis, desde el punto de vista energético una y desde el punto de vista técnico otra. En este sentido, la fisiología adquiere una especial relevancia cuando se tratan actividades deportivas donde el factor energético es un criterio de eficacia determinante para el resultado (es el caso de carreras de fondo o ciclismo, entre otros), por el contrario la biomecánica adquiere su importancia cuando el factor técnica es determinante con respecto al resultado (este es el caso del salto con pértiga, los lanzamientos atléticos o la gimnasia deportiva, entre otros). Por último, indicar que existen otras actividades deportivas que requieren una participación simultánea y al mismo nivel de estas dos perspectivas científicas ( carrera de velocidad, esquí alpino, voleibol y baloncesto, entre otros).

Siguiendo a Gutiérrez (1997), para que las dos perspectivas de análisis



anteriormente citadas puedan transferir sus resultados al ámbito del entrenamiento, debemos organizar el ciclo de aplicación más adecuado, es decir, cuando conocemos **qué** debemos hacer o **cuál** es la solución para obtener una mejora en el rendimiento de un deportista, es necesario dar respuesta a **cómo** podemos aplicar los conocimientos que proceden del análisis, es entonces cuando adquiere especial relevancia una tercera perspectiva científica como es el comportamiento motor, que recoge, como se ha dicho, desde los principios básicos de la motricidad (control motor), las pautas de intervención (aprendizaje motor) y los estudios de evolución en las distintas etapas del crecimiento (desarrollo motor).

En general podemos decir que, en base a estas perspectivas científicas, es posible organizar el aprendizaje de cualquier actividad deportiva y, dependiendo del tipo de actividad deportiva tratada, el protagonismo de una u otra será mayor o menor.

Al análisis biomecánico se le ha atribuido una dificultad aparentemente insalvable cuando se trata de gestos de bucle cerrado, es decir, aquellos que están sujetos a referencias externas y que continuamente se producen en los deportes de equipo, como es el lanzamiento a canasta en suspensión tras carrera previa. En este tipo de gestos que están condicionados por la dinámica de juego, *la técnica se debe considerar como la consecuencia de una intención táctica y no un fin en sí mismo*, por lo que el análisis biomecánico clásico tiene un carácter restringido, orientándose básicamente a comprender las causas físicas y desarrollar teorías del movimiento que permitan al entrenador establecer las estrategias de aprendizaje y/o condición física adecuadas.

El lanzamiento en suspensión tras carrera previa, objeto de estudio de esta tesis, se hace desde dos de estas perspectivas: El comportamiento motor analizando tanto el proceso de control motor como la determinación de parámetros psicológicos y factores mecánicos del gesto deportivo estudiado. Por eso, de una forma más extensa, posteriormente se incluyen en este estudio los dos apartados mencionados anteriormente.

### **1.2.- Factores generales que inciden en el lanzamiento a canasta.**

Es cierto que los jugadores de baloncesto se pueden clasificar según sus habilidades, así tendremos buenos pasadores, otros que obtienen excelentes resultados en los rebotes, o incluso quienes saben guardar muy bien el control del balón. Pero esto no ocurre con el lanzamiento, se puede ser mejor o peor lanzador, pero no se puede ser jugador de baloncesto sin lanzar. Existe una estrecha relación entre el buen lanzador y el buen jugador.

El jugador que omite el lanzamiento suele ser un mal jugador, no obstante es un problema de aprendizaje y se puede corregir, especialmente si se conoce de dónde proviene el problema, es decir, si partimos del análisis de los factores que influyen en un correcto lanzamiento. A continuación analizaremos algunos de esos factores interactuantes que inciden en el lanzamiento.

**Factor técnico :** Parece evidente que ante el reto de hablar sobre cualquier cuestión, se haga necesario definirla, cuanto más si tratamos de un concepto que tiene variadas aplicaciones, como es la técnica del lanzamiento a canasta.





En esta línea Ozolín (1970) expone que la técnica puede definirse como *el modo más racional y efectivo posible de realización*. Grosser (1982) define la técnica como *el modelo ideal de un movimiento relativo a la disciplina deportiva*. Para los deportes colectivos Mechling (1983) define la técnica como *aquellos movimientos o partes de movimiento que permiten realizar acciones de ataque y defensa en base a una determinada intención de juego, y con una calidad de ejecución más o menos buena*. De estas definiciones se desprende que el deportista, para rendir en su deporte, debe disponer de un conjunto de movimientos aprendidos, siguiendo *modelos teóricos* que le permitan realizar acciones precisas al objeto de perfeccionarse en su propia práctica, lo que al final se concreta en lo que podríamos definir como técnica individual.

El establecimiento del modelo teórico de lanzamiento se realiza por medio de varias perspectivas científicas que investigan al respecto de un determinado movimiento que ha de ser realizado por el deportista. Como puede suponerse, este modelo teórico está sujeto a las características individuales y a la intención táctica, por tanto, no debemos pensar que existe un modelo teórico genérico, pero sí el modelo teórico para un individuo, que dependerá de lo que sea capaz de hacer en condiciones reales de competición respecto a solucionar eficazmente las situaciones que se crean en ese momento. Tampoco podemos decir que el modelo teórico de técnica de un determinado lanzador se pueda ajustar a otro, ya que éste es un modelo personal adquirido por la práctica que es el ideal en ese momento para él. Tampoco podemos decir que el modelo teórico de técnica de lanzamiento a los quince años tiene que ser el mismo que a los veinticinco años en el mismo deportista cuando han cambiado sus dimensiones, peso, fuerza, etc ...

Siguiendo a Mechling (1983) en la observación de la técnica de lanzamiento podemos apreciar dos tipos de valoraciones : a) la formal y b) la real. La valoración formal es aquélla que se hace analizando la semejanza de la ejecución realizada con el modelo teórico establecido. Es un tipo de valoración objetiva. Se podría decir que en esta valoración existe una correspondencia directa entre técnica y resultado. La valoración real es la que se hace sobre el resultado, prescindiendo de que la ejecución sea o no próxima a un modelo ideal. Un jugador puede rendir encestando muchas veces aún teniendo un deficiente modelo de ejecución técnica de lanzamiento a canasta.

Para obtener una mejora de la técnica hay que tener en cuenta que, además del desarrollo motor, hace falta un aprendizaje perceptivo y otro decisional para completar las necesidades de esta práctica deportiva, y que los tres tipos de aprendizaje deben crecer de forma homogénea (Mechling, 1983).

**Factor táctico:** Para hablar de táctica es necesario conocer su significado; según Del Río (1990) la táctica es *la capacidad del jugador de escoger, en el momento adecuado el gesto técnico más eficaz para la consecución de un objetivo, tanto en situación defensiva como en la ofensiva.*

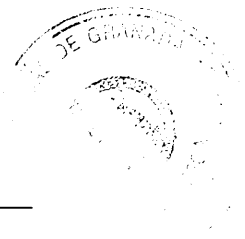
La táctica individual del lanzamiento a canasta implica el conocimiento de los gestos técnicos en cuanto a su ejecución, y además, implica conocer los principios que rigen su utilización. En la acción del lanzamiento es importante la observación del espacio de acción, de la distancia eficaz, del oponente directo y de los compañeros; la previsión de las capacidades y acciones del oponente directo y

de los compañeros y la toma de decisiones respecto al momento, lugar de lanzamiento, posibilidad de rebote, etc.

Se puede decir que la táctica está muy relacionada con los procesos cognitivos y, sobretodo, con la percepción. Siguiendo a Sonnenschein (1993), la capacidad perceptiva de una persona tiene extrema importancia para la regulación de sus movimientos y su forma de actuar. La programación, la ejecución, la evaluación de los movimientos y de las acciones tácticas requieren de los procesos informativos. En pocas palabras, para responder a una situación con acciones adecuadas, primero corresponde analizarlas.

**Factor Físico y Energético.** Siguiendo a Olivera (1991), el jugador de baloncesto debe poseer una serie de cualidades físicas imprescindibles para el desarrollo eficaz del juego, debe ser capaz de correr a ritmos variables y diferentes distancias, con continuos cambios de dirección; por otra parte debe ser capaz de efectuar saltos de forma repetida, ya sea sobre el lugar o en carrera para superar los obstáculos que se le presenten; también debe lanzar un objeto esférico de más de medio kilogramo de peso a ciertas distancias comprendidas en el rectángulo de juego, ya sea a los compañeros o a la canasta, para realizar estos lanzamientos se exige de una extrema precisión y finalmente debe luchar y forcejear en espacios muy estrechos y concretos del terreno de juego en la pugna por la posesión del balón.

En general se podrían señalar tres cualidades físicas básicas que permiten al jugador de baloncesto desplazarse y ejecutar los elementos técnicos imprescindibles



para seguir la dinámica del juego. **a)** la fuerza, factor físico que se define como la causa que produce una aceleración o formación a una masa. **b)** la resistencia, factor energético que permite resistir esfuerzos físicos intensos y continuados y, que en el caso del jugador de baloncesto, se concreta en la necesidad de una gran capacidad anaeróbica aláctica. **c)** la movilidad articular que permite al jugador de baloncesto realizar los movimientos con mayor o menor amplitud, y que depende de la capacidad elástica de los elementos biológicos que rodean las articulaciones así como de su propia estructura articular.

**Factor psicológico:** Los deportistas, cuando se refieren a sus mejores o peores actuaciones las explican a menudo con frases como *estaba plenamente confiado en mis posibilidades, lancé muy concentrado, estuve tenso todo el partido...*; también los entrenadores utilizan argumentos de este tipo en muchas de las ocasiones en las que analizan el rendimiento de los deportistas que entrenan. En ambos casos, deportistas y entrenadores, aparece reflejado que cuestiones diferentes a los aspectos meramente técnicos, tácticos o físicos de cada deporte, como la confianza, el nerviosismo, la responsabilidad..., tienen una importante incidencia sobre el resultado.

No es extraño que se haya llegado a observar en numerosos estudios, cómo los deportistas de élite suelen controlar, en la medida más conveniente para su rendimiento, la incidencia de estas cuestiones de marcado carácter psicológico. En estos trabajos, siempre con deportistas de élite, se suelen observar las diferencias entre los que vencieron y los que no vencieron, entre los que consiguieron y no consiguieron medallas olímpicas y récords mundiales, etc., alcanzándose la

conclusión de que estas diferencias no se refieren a cuestiones técnicas, sino fundamentalmente a variables psicológicas.

Ahora bien, el trabajo psicológico no constituye por sí solo una solución mágica para conseguir el éxito, sino un importante medio con el que completar la preparación específica. La psicología en el deporte constituye un instrumento de ayuda hacia el jugador para aprender algunas habilidades.

Todos los procesos y estados síquicos que se interrelacionan en el lanzamiento a canasta (concentración, motivación, autoconfianza, percepción...) son objeto esencial y contenido de la preparación psicológica del jugador. El objetivo final debería ser la consecución del equilibrio y la autonomía de la persona.

Toda la preparación física, técnica e incluso táctica puede verse derrumbada sin una preparación psicológica correcta y necesaria para permitir al deportista el desarrollo máximo de sus capacidades. Si existiese, dentro de la preparación general del jugador, un apartado concreto dedicado a la preparación psicológica, se conseguiría aumentar al máximo las posibilidades físicas, técnicas y tácticas en el lanzamiento a canasta. Existen estudios al respecto y llegan a la conclusión de que la preparación psicológica depende de cada jugador y, por tanto, el momento y la duración dependen de las cualidades de cada individuo. (Weinberg, 1991).

El entrenamiento psicológico de cara al lanzamiento debe responder a las habilidades psicológicas básicas que el jugador necesita. Así, se pueden establecer los requerimientos cognitivos que utiliza el lanzador: activación, autoconfianza,

concentración y percepción.

En la figura 2 se presentan los factores generales que inciden en los deportes colectivos, entre ellos el baloncesto y, especialmente en gestos de bucle cerrado como es el lanzamiento a canasta.

### **1.3.- Visión histórica del lanzamiento a canasta.**

El baloncesto surgió como alternativa deportiva a los deportes clásicos. Desde sus comienzos, cuando se practicaba en gimnasios reducidos e incluso en terreno abierto como campos de rugby, ya empezaron a concretar reglas. Las primeras, en 1881, ya hacían referencia al lanzamiento al cesto y decían: *la pelota poseerá las características corrientes, y se podrá lanzar en cualquier dirección con una o dos manos.*

Las canastas empezaron a ser de madera, como simples canastos para recoger fruta, luego fueron de cuero, hasta que se pasó al hierro. La red no se introduce hasta 1912, pero aún no estaba abierta por debajo, y se consideraba tanto cuando la pelota caía y permanecía dentro. El tablero se introduce como protección del aro ante las acciones incontroladas de los espectadores, (Amateur Basketball Association, 1976).

En cuanto a la acción de lanzamiento, el primer perfeccionamiento técnico que se hace en baloncesto repercute en él. Al principio, la pelota salía desde abajo, el cuerpo acompañaba todo el lanzamiento, y el balón era lanzado hacia adelante.

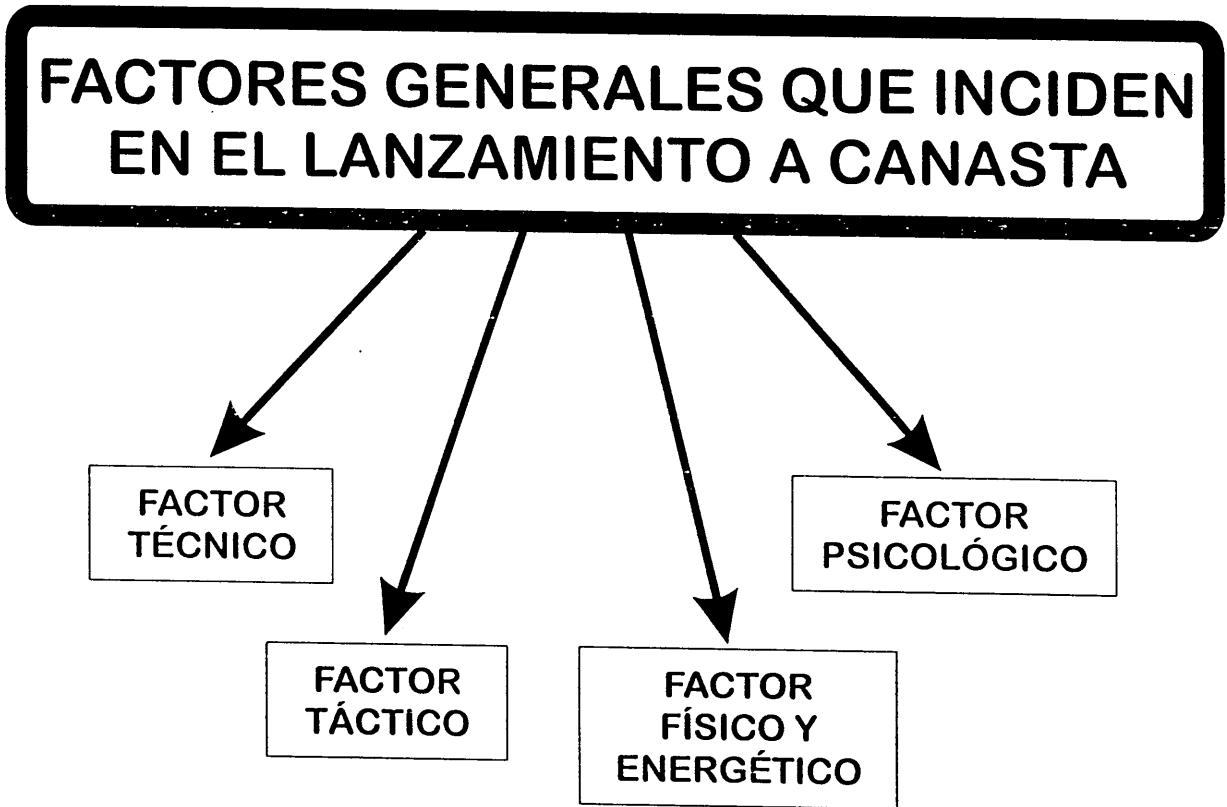


Figura 2. Factores generales que inciden en el rendimiento de un jugador de baloncesto y, especialmente, en el lanzamiento a canasta.

Este tipo de lanzamiento fue fácilmente disuadido por la defensa y se pasó a lanzar desde el pecho y, más tarde, desde la cabeza, para proporcionar más verticalidad. Estos eran aún efectuados con las dos manos, pero, aumentó la precisión a larga distancia.

En 1898 se introduce el juego que ahora conocemos, con cinco jugadores por equipo; la defensa se cambia para pasar de defender al hombre a defender por zonas. Este cambio tuvo una gran repercusión en el lanzamiento, los entrenadores abordaron con pasión la tarea de experimentar las diversas combinaciones para anular éste. Lo que se hizo fue perfeccionar el tiro a dos manos, pero no fue suficiente hasta que Hank Luisetti en el Madison Square Garden empezó sorprendentemente a tirar con una mano. A partir de aquí el juego tomó un nuevo estilo, los porcentajes de eficacia aumentaron enormemente.

De nuevo la defensa trabaja para contrarrestar el ataque y, cuando parecía que lo había conseguido, **en 1948 aparece el lanzamiento en salto**, y el desarrollo de la cualidad atlética influye de tal forma que las estrategias toman dinamismo y velocidad, después de haber sido estáticas y aburridas durante cierto tiempo. La defensa, esencialmente proteccionista, se derrumba de nuevo manifestando su incapacidad de neutralizar los ataques, ya sea a nivel colectivo o individual (Lapchick, 1968).

Más tarde Paul Arizin introduce **el lanzamiento en suspensión**, que por su



cualidad revolucionó inmediatamente las técnicas defensivas más avanzadas. No se trataba de un tiro nuevo, en el sentido de que no cambió drásticamente la técnica básica del lanzamiento, sólo introdujo un nuevo coeficiente que consistía en aumentar el tiempo de lanzamiento para liberarse de la defensa.

Un cambio más reciente fue el causado por la introducción de la línea de los tres puntos. Antes, los entrenadores eran conscientes de que cuanto más cerca se ejecutara el tiro, más seguridad daban a su juego, y por tanto, les era inconcebible un lanzamiento desde 6,25 mts. Actualmente, los lanzamientos lejanos contribuyen de forma muy directa sobre el desarrollo táctico del juego, haciendo que las defensas deban salir más a defender, y dándole un gran sentido espectacular al juego en sí. Los equipos poseen jugadores que son grandes lanzadores de largas distancias, y los entrenadores buscan sistemas para facilitar sus lanzamientos.

Hoy en día, el proceso de evolución defensiva contra el tiro es lento, y está basado en las técnicas individuales propias de una defensa agresiva.

Como se ve, la evolución concreta del lanzamiento a canasta resulta como consecuencia de la antítesis entre la dinámica del juego ofensivo y del defensivo, desarrollada a través de una dialéctica constante en sus contenidos técnicos y espectaculares (Primo, 1986).

Actualmente existen diferentes tipos de lanzamientos a canasta, los cuales se utilizan dependiendo de la situación y/o de la oposición; entre otros podríamos distinguir el lanzamiento de tiro libre, en suspensión, en carrera cerca del aro,

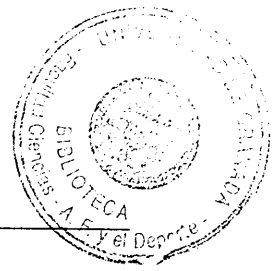


gancho, gancho en suspensión, palmeo y lanzamiento triple.

Aunque, como se ha dicho anteriormente al hablar de factores generales, no existe un modelo teórico genérico de lanzamiento, y sí un modelo teórico para cada jugador, desde las diferentes perspectivas científicas se puede establecer un modelo teórico de lanzamiento a canasta en suspensión con desplazamiento previo. Según este modelo, y siguiendo a Cárdenas (1997), el jugador se desplaza en carrera natural al punto donde va a tener lugar la recepción con los brazos extendidos en dirección al lugar de procedencia del balón, con los dedos de las manos separados para preparar la posterior fase de adaptación a la superficie esférica del mismo.

Un instante antes de la toma de contacto con el balón, el jugador adelanta la pierna cercana al aro realizando un apoyo tangencial desde el balón hasta la parte anterior del pie, sobre la cual inicia un giro longitudinal que le permitirá finalizar su acción apoyando el otro pie en dirección hacia canasta, este último apoyo se realiza de forma que el pie quede ligeramente adelantado con respecto al otro si corresponde al mismo lado del brazo ejecutor. En el caso contrario quedará ligeramente atrasado con respecto al otro pie. La finalidad de esta asimetría se basa en la búsqueda de una cierta rotación de las caderas y como consecuencia de la línea de hombros que facilitará el mantenimiento de los segmentos del brazo ejecutor alineados hacia canasta.

El jugador se desplaza flexionado y ligeramente inclinado hacia atrás para poder frenar el desplazamiento previo y utilizar la velocidad de componente horizontal para generar un mayor impulso de componente vertical. Una vez



efectuada la parada y recepción del balón, el jugador realiza una extensión máxima de las rodillas que le permitirá elevarse de forma vertical.

Simultáneamente con la extensión de las piernas el jugador elevará el balón firmemente cogido con ambas manos y agarre asimétrico para colocarlo a la altura de la sien y en el lado correspondiente al del brazo ejecutor. Esta acción debe ser enérgica para, basándonos en el Teorema de Centro de Masas (Gutiérrez, 1992), conseguir imprimir una mayor velocidad y por tanto altura a nuestro salto. Igualmente el balón subirá por el costado alejado del defensor para obtener una mayor protección, y se colocará justo delante del plano frontal del cuerpo (próximo a la frente)

El agarre asimétrico permitirá que el sujeto mantenga el balón con los segmentos pertenecientes al brazo ejecutor orientados hacia canasta y en un plano totalmente vertical. También permitirá que la mano del brazo contrario al de lanzamiento se adapte al balón por el cuadrante externo y con una posición ligeramente anterior del hemisferio superior del balón (Pintor, 1997).

Siguiendo a Primo (1986), justo en el momento en el que el sujeto ha alcanzado la máxima altura de su salto vertical comienza la fase propiamente de lanzamiento que implica una flexión del hombro, una extensión del codo y una flexión de la muñeca del brazo ejecutor, de forma que éste se dirija hacia arriba y hacia el cesto. El brazo deberá quedar suficientemente vertical para transmitir una parábola conveniente al balón y a la vez para evitar la oposición del contrario. Durante la última fase de contacto de la mano (flexión de la muñeca), el balón

rueda sobre la mano en dirección hacia los dedos para transmitirle un giro hacia atrás sobre su eje longitudinal, que favorecerá su trayectoria parabólica, incrementando las posibilidades de éxito (efecto magno). Los últimos dedos en tocar el balón y por tanto dirigirlo hacia canasta son el índice y el corazón.

El brazo contrario al ejecutor realiza un acompañamiento durante la fase de extensión hacia canasta del otro brazo, pero separando la mano en última instancia con los dedos relajados, para evitar infringirle impulso alguno al balón, lo cual provocaría desviaciones laterales en su trayectoria.

Finalmente se mantendrá la posición final de ambos brazos durante unos instantes y se producirá la caída del salto sobre los dos pies. En la figura 3 se presenta una secuencia del lanzamiento a canasta en suspensión con carrera previa.

#### **1.4.- Antecedentes de la investigación biomecánica en el lanzamiento a canasta.**

La biomecánica es un término formado por la combinación de las palabras biología y mecánica, por lo tanto orientado a establecer los principios y métodos de la mecánica al estudio de las estructuras y fundamentos de los sistemas biológicos. La biomecánica deportiva tratará, por tanto, de analizar o dar explicación a los movimientos deportivos desde la perspectiva científica de la física.

Para poder abordar un gesto deportivo concreto, como es el lanzamiento a

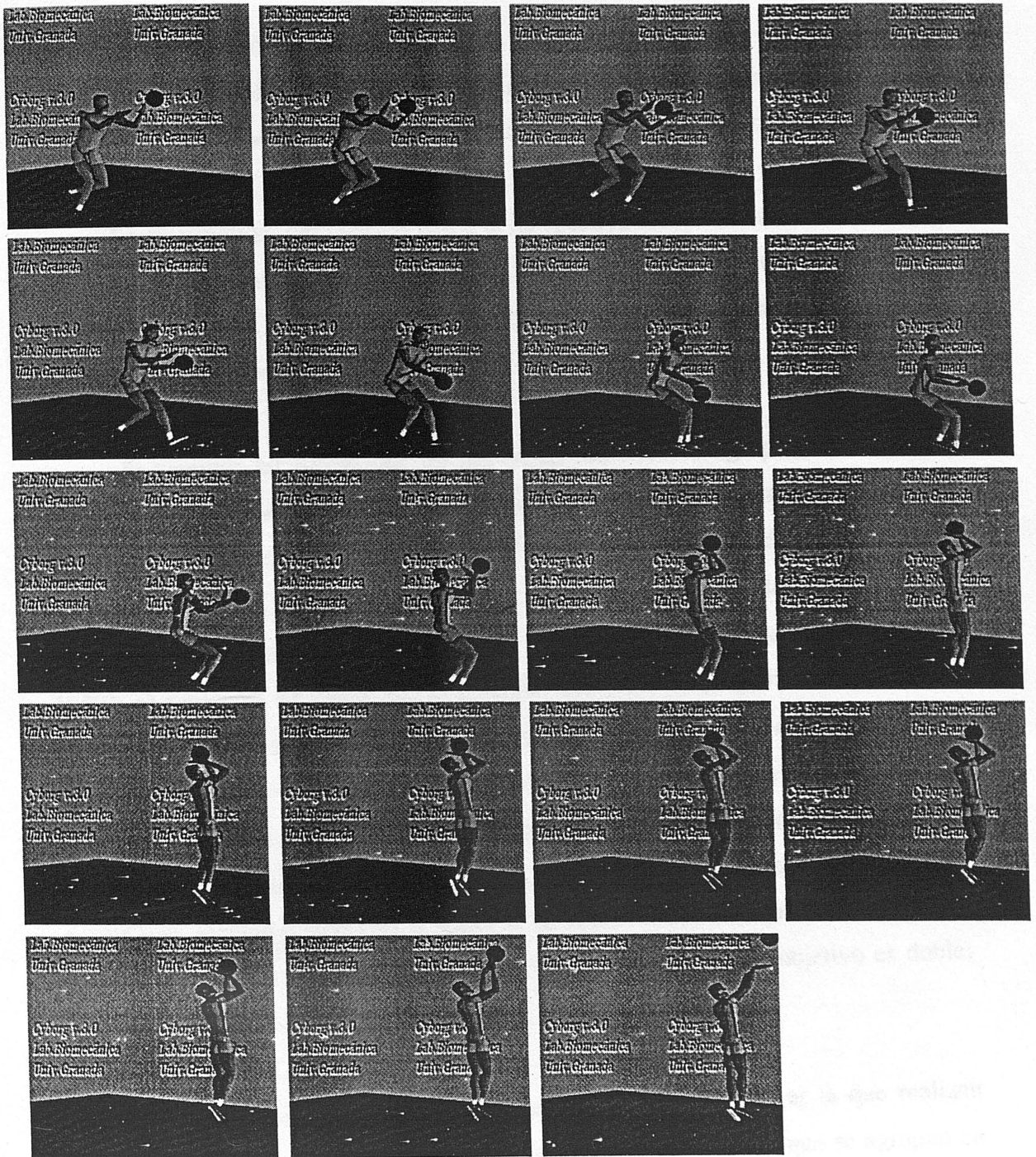


Figura 3. Secuencia del lanzamiento a canasta en suspensión con carrera previa.

canasta en suspensión tras carrera previa, desde la perspectiva de la física es necesario conceptualizar dicho movimiento desde un ámbito general que nos permita deducir los principios básicos de la física aplicables a dicho movimiento.

En este sentido, para definir desde la perspectiva biomecánica el lanzamiento a canasta en suspensión, es necesario conceptualarlo como un patrón general de movimiento, y por ello hemos de identificarlo con los patrones generales o fundamentos físicos aplicables a los lanzamientos y golpesos.

Si tenemos en cuenta que un patrón de movimiento agrupa destrezas con desplazamientos segmentarios similares, o bien persigue objetivos similares, el patrón general de lanzamientos y golpesos es , después de la carrera, el más utilizado en el movimiento humano. Dentro de este patrón se engloban aquellas destrezas que persiguen como objetivo alguno de los tres relacionados a continuación (Gutiérrez, 1990): **a)** proyectar un objeto con la máxima velocidad. **b)** proyectar un objeto con precisión. **c)** proyectar un objeto, para alcanzar su objetivo, con velocidad y precisión. El lanzamiento a canasta en suspensión tras carrera previa debe cumplir el segundo objetivo, es decir, conseguir una gran precisión, aunque en cierto modo, este hecho requiere que el balón obtenga una cierta velocidad de salida, la cual tendrá una relación directa con la distancia de lanzamiento. En aquellos casos donde la distancia de lanzamiento se incrementa considerablemente, el objetivo es doble: obtener una gran velocidad y precisión.

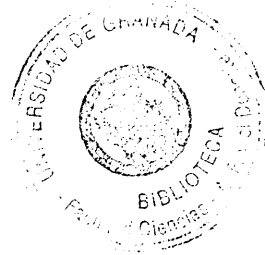
Otra clasificación diferente a la propuesta anteriormente es la que realizan Kreighbaum y Barther (1981), los cuales clasifican las destrezas, que se agrupan en

patrones de lanzamiento y golpes en cuatro categorías dependiendo de los segmentos utilizados, así como de la posición adoptada en su desplazamiento: **a)** mano baja. **b)** laterales. **c)** mano alta. **d)** golpes. En la tabla 1 se presenta una clasificación adaptada de Kreighbaum y Barthel (1981) con algunos ejemplos que corresponden a los patrones propuestos. Las diferencias existentes entre las destrezas de lanzamiento o golpeo se encuentran en la posición adoptada por el segmento que tiene que incrementar la velocidad angular (mano baja, alta y lateral) o que el golpeo se realice con el pie.

Estamos, por tanto, ante un estudio de lanzamiento de mano alta y en función de la distancia, según el protocolo utilizado en este estudio, con dos objetivos básicos: **a)** hacer que el balón salga a la mayor altura posible y **b)** con gran precisión .

En relación con el primer objetivo, es decir, hacer que el balón salga a la mayor altura posible, Hay (1994) determina que la altura de lanzamiento es el sumatorio de la altura del Centro de Gravedad (CG) en el momento de la pérdida de contacto con el suelo ( $H_1$ ); la altura del (CG) alcanzada durante el vuelo ( $H_2$ ) y la altura entre el (CG) y el balón en el momento de lanzar ( $H_3$ ). En la figura 4 se representan cada una de estas alturas.

Porcentualmente, el valor definitivo de la altura del lanzamiento depende, en primer lugar y en mayor medida, de la altura del centro de gravedad (CG) en el instante de pérdida de contacto con el suelo ( $H_1$ ). Esta altura depende de la posición adoptada (piernas extendidas, tronco perpendicular y brazos elevados) y las



**Tabla 1.** Clasificación de las destrezas adaptada de Kreighbaum y Barthels (1981).

<b>MANO BAJA</b>	<b>LATERALES</b>	<b>MANO ALTA</b>	<b>GOLPEOS CON EL PIE</b>
Bolos	Disco	Jabalina	Fútbol
Voleibol	Martillo	Béisbol	Rugby
Pelota Vasca	Voleibol	Voleibol	
Badminton	Pelota Vasca	Balonmano	
Golf	Tenis	Baloncesto	
Petanca	Badminton		
Hockey			



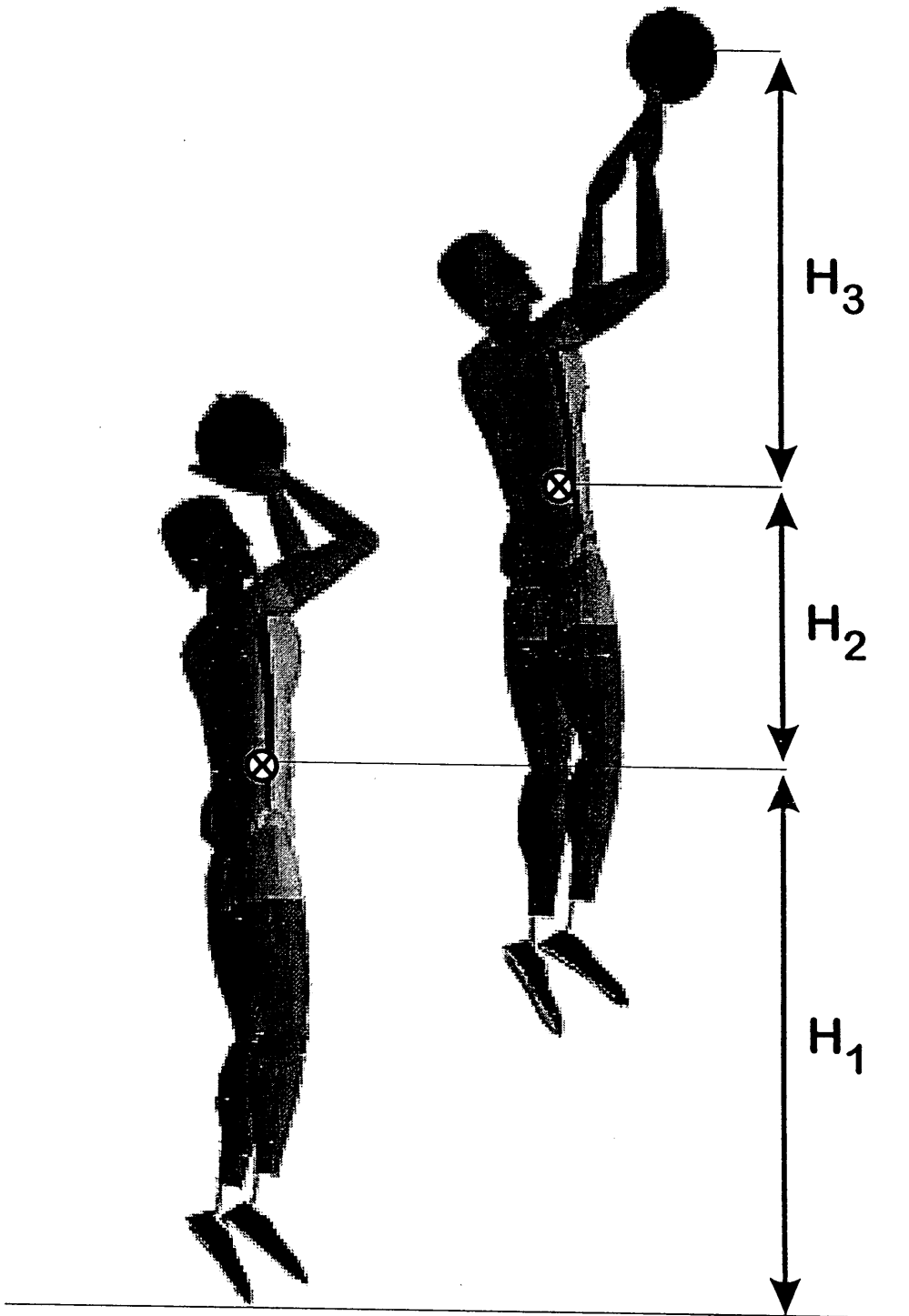


Figura 4. Representación gráfica de las diferentes alturas en un lanzamiento en suspensión.

características antropométricas del jugador.

La altura alcanzada por el CG durante el vuelo ( $H_2$ ) depende de la velocidad de componente vertical en el instante de perder el contacto con el suelo, que a su vez viene condicionado por la batida y el impulso vertical aplicado. Esta altura, debido a sus componentes, es la que más se puede incrementar mediante entrenamiento.

Respecto a la altura entre el centro de gravedad y el balón en el momento de lanzar ( $H_3$ ), lo más significativo es su dependencia, al igual que en  $H_1$ , de las características antropométricas y posición adoptada (extensión del tronco y brazo ejecutor y perpendicularidad respecto al suelo).

Para obtener el segundo objetivo, es decir, la precisión en el lanzamiento, es necesario establecer una secuencia de movilización segmentaria. En general se puede decir que en todos los casos en que se realiza un lanzamiento o golpeo, con independencia del objetivo o posición adoptada por los segmentos, se desarrolla una cadena cinética que posibilita el desplazamiento del segmento más distal o del móvil que se pretende poner en movimiento. Debemos entender por cadena cinética el sistema de segmentos parciales unidos entre sí por medio de las articulaciones y que configuran un sistema móvil (Hochmuth, 1973).

La clasificación más común de las cadenas cinéticas es la que establece dos tipos en función de la resistencia que opone el segmento más distal: **a)** cadenas cinéticas abiertas y **b)** cadenas cinéticas cerradas. Las primeras se identifican

cuando el segmento distal está libre y no se tiene que vencer una gran resistencia; las segundas, cuando el segmento distal está fijo o hay que vencer una gran resistencia.

La cadena cinética abierta, como es la del lanzamiento a canasta, puede perseguir objetivos diferentes, y , así, podrá intentar obtener la máxima velocidad en la mano, lo que proporcionará una gran velocidad de salida al balón, o bien proyectar el balón con gran precisión. Dependiendo de los objetivos, las características de la cadena cinética son diferentes; así, en el primer caso existe una secuencia segmentaria, dando lugar a lo que se denomina *cadena cinética secuencial*, mientras que en el segundo caso los segmentos se desplazan de forma simultánea, dando como desarrollo una *cadena cinética de empuje*.

El lanzamiento a canasta necesita una relativa velocidad de salida del balón y de la precisión, dos factores que deben estar interaccionados, pero en función de la distancia del aro con la que se efectúe el lanzamiento, primará uno u otro objetivo, es decir, cuando se incrementa la distancia, la velocidad de salida será mayor, aunque en detrimento de la precisión. En esta circunstancias es imprescindible que exista en los segmentos una transferencia del momento angular (Kreighbaum y Barther, 1981), necesitando por ello una cadena cinética secuencial. En distancias cortas, el menor requerimiento de la velocidad de salida del balón, demanda una cadena cinética de empuje donde predomina la precisión.

Por tanto, el compromiso velocidad-precisión que va a determinar el tipo de cadena cinética se solucionará en función de la distancia y de las características del

jugador (Miller y Bartlett, 1996), a mayor distancia, la cadena cinética será más larga con más tiempo de ejecución (Alexander, 1990) y más secuencial por la necesidad de incrementar la velocidad de salida del balón (Elliot, 1991).

Algunos estudios sobre cadenas cinéticas en el lanzamiento a canasta, determinan una mayor secuencialidad conforme se va alejando del aro, y así, cuando el lanzamiento se efectúa desde 10 metros, la secuencialidad de movimientos de los lanzadores y, por tanto, de la cadena cinética, aumentan, consiguiendo una mayor velocidad de salida del balón y lanzando sin haber obtenido todavía la máxima altura en el salto (Hochmuth, 1973). Springate (1986) confirma que en lanzamientos muy lejos del aro, es necesaria mayor precisión y por tanto éstos son menos variables y más automatizados.

Siguiendo a Hay (1994), vemos que los lanzamientos cerca del aro tienen mayor efectividad y diversidad que los efectuados lejos del aro por lo que el estudio y determinación de la cadena cinética de estos lanzamientos es uno de los aspectos importantes de estudio.

El gesto analizado en este estudio se puede considerar como una cadena cinética abierta, y su desarrollo temporal comienza con un desplazamiento cuasi simultáneo de todos los segmentos coordinados, similar a lo que ocurre en una cadena cinética de empuje (Alexander, 1990; Walters et al., 1990) que comenzando con el movimiento del tronco y continuando con piernas y brazos, finaliza con la extensión del codo y la flexión de la muñeca.

Una vez situado el ámbito de la investigación desde la perspectiva científica de la biomecánica, será necesario abordar los antecedentes específicos necesarios que nos permitan conformar una concepción realista del problema, así como organizar una hipótesis sólida sobre la técnica utilizada por los jugadores en el lanzamiento a canasta y su relación con sus diferentes niveles de rendimiento deportivo.

#### **1.4.1.- Estudios descriptivos y correlacionales del lanzamiento a canasta.**

La identificación del lanzamiento que se ha descrito genéricamente permite para muchos investigadores como Hay (1994) o Wissel (1994) determinar cuatro fases: **a)** preparatoria, que comienza con la recepción y termina con el apoyo de los dos pies en el suelo y orientación segmentaria hacia la canasta. **b)** de ejecución, que termina con la colocación del balón a la altura de la sien. **c)** de salida, hasta que el balón se despegue de la mano. **d)** de continuación, que, aunque no tiene incidencia con la trayectoria del balón, ya que éste ya ha salido, condiciona la fase anterior. En la figura 5 se presenta un esquema de las fases propuestas.

Cuando se describe un gesto complejo desde la perspectiva biomecánica, los investigadores suelen dividirlo en fases que tienen en común la utilización de similares fundamentos físicos, aunque sin perder de vista la interdependencia que tienen dichas fases entre sí. Una descripción general del gesto muestra que el primer apoyo en la parada se realiza con un paso largo y pierna extendida, coincidiendo con la recepción del balón; a continuación, y de forma muy rápida

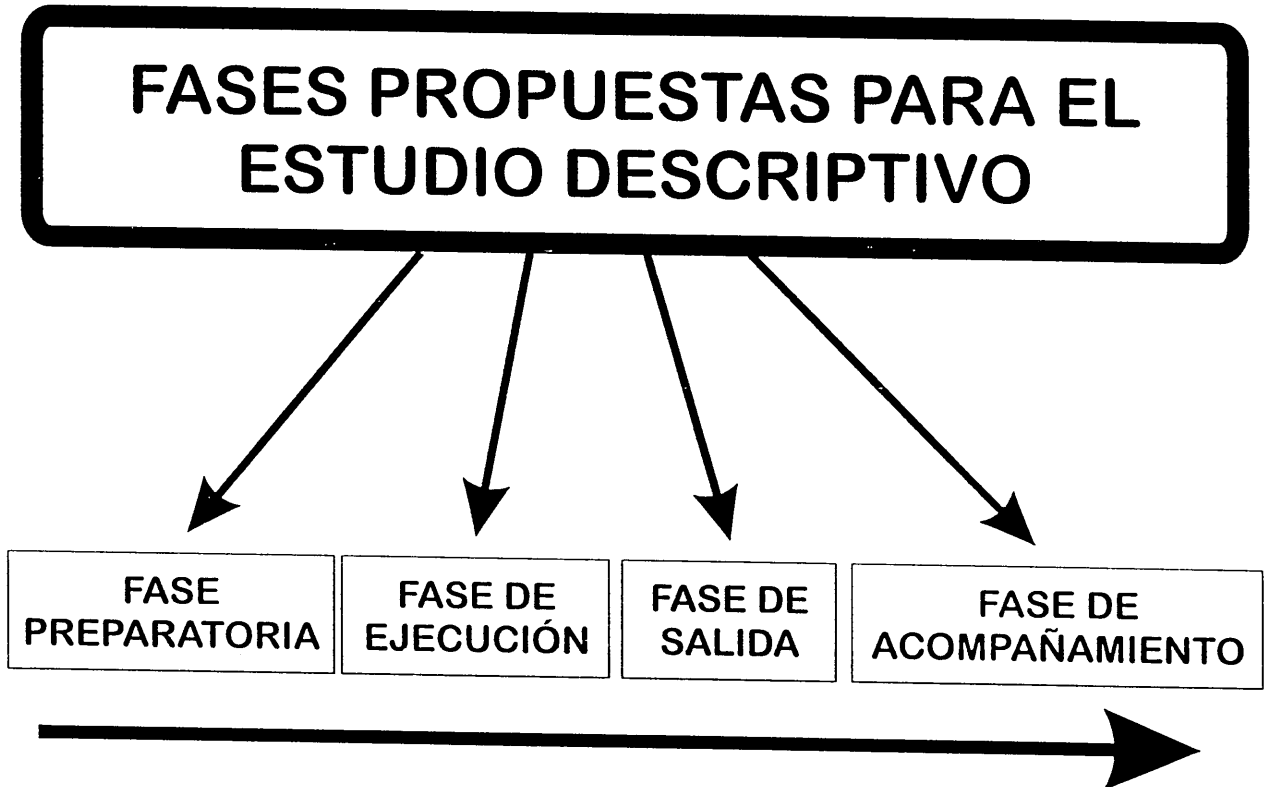
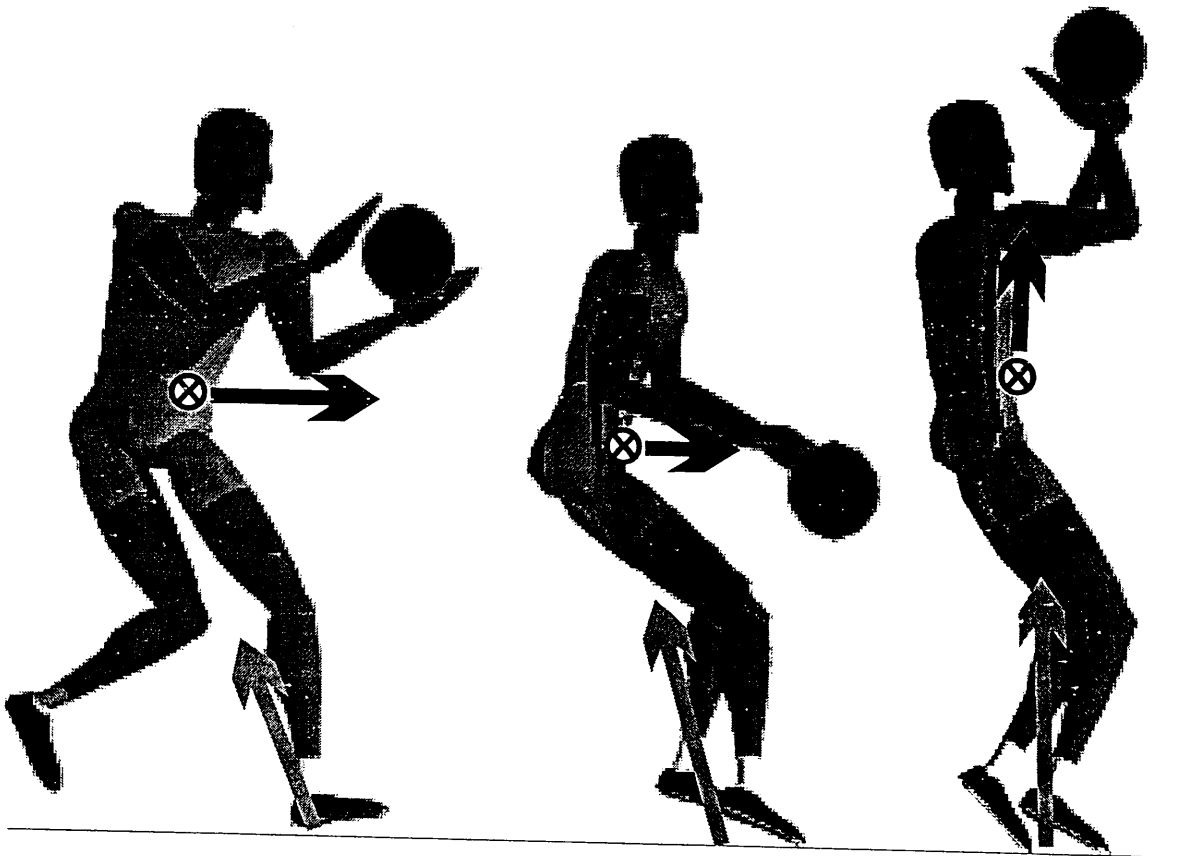


Figura 5. Fases utilizadas para describir los antecedentes de estudio en el lanzamiento a canasta.

llega la otra pierna, colocándose en la posición de lanzamiento, y los hombros en dirección al aro. Con esta posición, los pies se sitúan por delante del centro de gravedad, se detiene el desplazamiento del tronco hacia adelante (Hay, 1994); a continuación se flexionan ligeramente las piernas amortiguando las fuerzas de impacto, llevando el cuerpo hacia adelante, manteniendo las caderas retrasadas (Alexander, 1990; Wissel, 1994). En la figura 6 se presenta gráficamente la influencia de las fuerzas de reacción contra el suelo y su influencia sobre la velocidad del CG corporal.

- **Fase de preparación:** En ella se orientan hacia el aro todos los segmentos corporales. En esta fase diferentes estudios confirman que la precisión de los segmentos corporales se debe por un lado a la correcta colocación de los pies (Alexander, 1990; Elliot, 1991) aumentando la estabilidad corporal que permite una mejor transmisión de fuerzas en dirección del lanzamiento. La correcta colocación de los pies se concreta en una posición ligeramente avanzada del pie del lado del brazo ejecutor y orientado hacia la canasta; por contra, el otro pie debe estar un poco retrasado y en paralelo respecto al primero, con una pequeña rotación externa. Los pies deben formar una base de sustentación lo más estable posible y, para ello, deben estar separados un poco menos que la anchura de hombros, con el pie del brazo ejecutor ligeramente adelantado. El objetivo y contribución de los pies en esta fase de preparación es la de estabilización y aplicación de fuerza, siendo la rotación externa del pie atrasado el que determina una mayor estabilidad y eficacia en el lanzamiento al evitar desplazamientos hacia adelante y atrás del cuerpo, y una correcta orientación del mismo respecto al aro (Knudson, 1993).



 Velocidad del CG.  
 Fuerza de reacción contra el suelo

Figura 6. Representación gráfica de las fuerzas de reacción contra el suelo y de la influencia sobre la velocidad del CG. corporal.



En las piernas se produce una pequeña flexión de la rodilla, no debiendo la rótula sobrepasar la punta del pie. Con ello conseguimos una mayor velocidad de salida del centro de gravedad al aprovechar la energía elástica muscular, el reflejo miotático e impulso inicial descrito por Hochmuth (1973) y comentado en próximos párrafos (Knudson, 1993).

El tronco debe estar en una posición de pequeña rotación hacia el brazo contrario del ejecutor (Alexander, 1990). Como último segmento a considerar dentro de esta fase de preparación nos encontramos con el balón. Su posición en el lado de la cadera del brazo ejecutor se caracteriza por ser sostenido en su parte antero-inferior por la mano contraria a la ejecutora que le da estabilidad y difícil acceso al defensor; y por otro lado, la mano del brazo ejecutor se ubica en la parte postero-superior, con dedos abiertos y hacia arriba, sujetando el balón (Hay, 1994; Pinotti, 1992; Knudson, 1993).

Cuando la fase preparatoria corresponde a un desplazamiento previo, como es el caso que nos ocupa, dicha fase implica otras consideraciones que deberán ser analizadas. Como se ha comentado anteriormente, el propósito de una fase tiene mucho que ver con los objetivos que deben cubrirse en la siguiente. En este sentido la carrera previa se utiliza para obtener, al final de ella, una velocidad de componente horizontal y una posición adecuada.

Por lo tanto, al margen de otras consideraciones tácticas en las que podría implicarse la carrera previa, si el objeto técnico de la batida es obtener un gran Impulso Vertical Neto, parece sorprendente que se considere como criterio de

eficacia la velocidad de componente horizontal al final de la carrera, cuando físicamente la velocidad de componente horizontal no puede convertirse en componente vertical si no se aplica una fuerza en este sentido. Por lo tanto, intentaremos justificar que una carrera rápida ayuda a aumentar la fuerza vertical ejercida contra el suelo.

Cuando se apoyan los pies delante del cuerpo, las fuerzas radiales que el suelo ejerce sobre el jugador hacen que los músculos extensores de la rodilla actúen de forma excéntrica, resistiéndose a la flexión de la pierna. La tensión desarrollada por los músculos extensores de las piernas, en estas condiciones, depende de la velocidad de estiramiento del músculo, cuanto mayor sea ésta, la tensión desarrollada por el músculo también será mayor (Komi, 1973).

Siguiendo a Hochmuth, (1973) la integral de la función de fuerza/tiempo durante la aplicación de fuerzas, representa la magnitud del Impulso. Cuanto mayor sea la integral, es decir, mayor superficie acotada por la curva fuerza-tiempo, tanto mayor resulta la modificación del impulso y, consecuentemente, la altura alcanzada por el CG. En este sentido, cuando se realiza un trabajo negativo (estiramiento muscular) previo a un trabajo positivo (contracción muscular) existe un incremento de la integral del Impulso de Aceleración, lo que Hochmuth (1973) dio en llamar Principio de Fuerza Inicial, el cual se representa en la figura 7.

Otros autores, como Cavagna (1965), con una formación más fisiológica que mecánica, observaron que existe un incremento de fuerza durante la contracción concéntrica después de realizar un preestiramiento del músculo, siempre que el

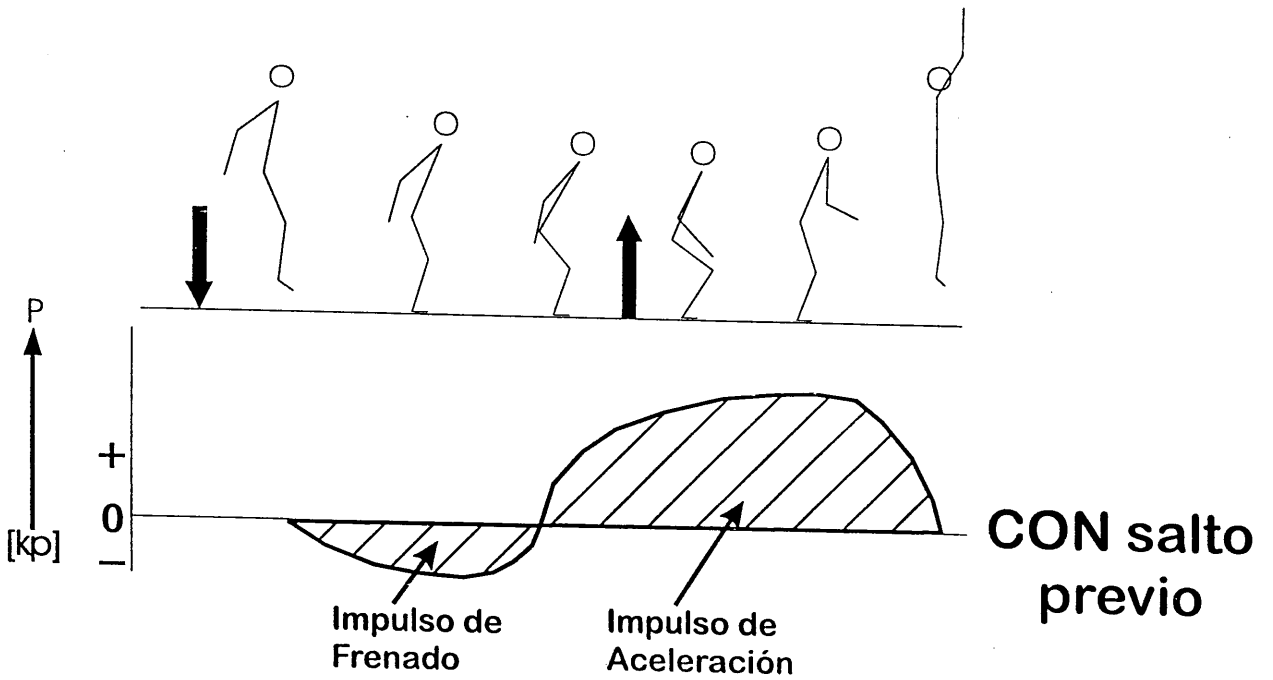
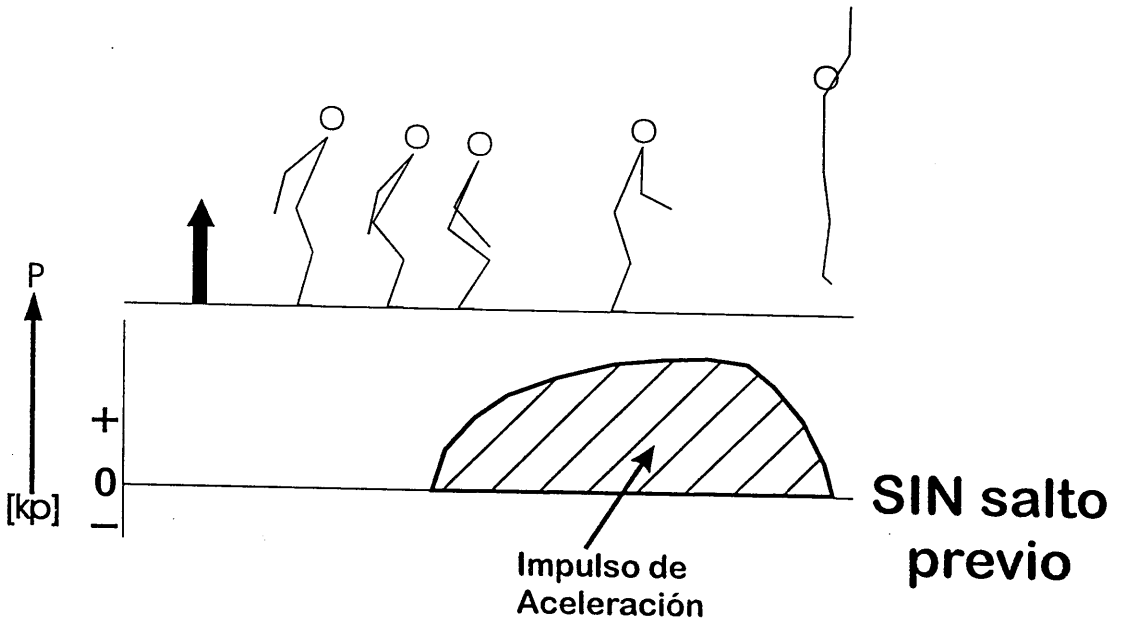


Figura 7. Representación del principio de fuerza inicial (Hochmuth, 1973).

tiempo de acoplamiento entre el estiramiento y acortamiento sea mínimo. Estos resultados, junto a las investigaciones llevadas a cabo por Hill (1922), Komi (1984) y Bosco (1985), entre otros, han fundamentado la teoría de que el estiramiento activo produce un aumento en la tensión muscular, lo que estos autores han denominado el Ciclo Estiramiento-Acortamiento.

Tanto los estudios llevados a cabo por Komi constatando que existe un incremento en la tensión muscular cuando aumenta la velocidad de estiramiento, como la teoría mecanicista expresada por Hochmuth y el beneficio que supone el Ciclo Estiramiento-Acortamiento, junto con la actividad muscular refleja (Reflejo Miotático), ponen de manifiesto que un preestiramiento activo del músculo aumenta la fuerza que los pies ejercen sobre el suelo, hecho que está íntimamente relacionado con la cantidad de movimiento o velocidad de desplazamiento horizontal del jugador al principio de la aplicación de fuerzas. Lo que supone que un incremento de la componente horizontal al final de la carrera produce, a su vez, un incremento de la fuerza que los pies ejercen contra el suelo y, consecuentemente, un mayor Impulso Neto de componente vertical o altura del salto.

El segundo objetivo de la carrera previa sería llegar con una posición adecuada al iniciar el lanzamiento a canasta. En este sentido, el principal factor a tener en cuenta es la posición retrasada del CG. con respecto a los pies de apoyo al final de la carrera, ya que tiene tres consecuencias positivas:

- a) Aumenta las fuerzas de reacción durante el Impulso de Frenado, aunque se

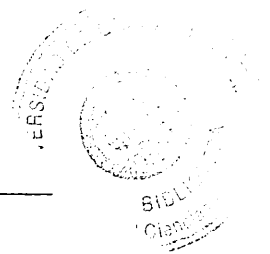
debe tener en cuenta que cuando los valores de la componente horizontal de la velocidad son pequeños, habrá muy poca velocidad que frenar y puede resultar negativo adelantar excesivamente las piernas con respecto al CG.

- b) Se consigue estar más bajo al final de la carrera, lo que implica la posibilidad de ejercer un mayor impulso de componente vertical al tener un mayor rango de movilidad articular.
- c) El hecho de que el CG. deba estar retrasado con respecto a los dos pies facilita, cuando la parada es alternativa, que el segundo apoyo se realice en un tiempo más pequeño, con respecto al primero.

Por último, hay que destacar la existencia de una característica peculiar sobre los movimientos y posiciones de los brazos, ya que es muy conveniente adoptar una posición baja de los dos brazos y el balón al final de la carrera.

- **Fase de ejecución:** Se produce un contramovimiento en las rodillas que permite elevar el centro de gravedad del lanzador, a la vez que se coordina con la subida del balón hasta la altura de la sien del brazo ejecutante.

En esta fase se debe procurar, entre otras cuestiones, que el **lanzamiento del balón** se produzca **en el punto más alto** posible, con el objeto de realizar el mismo superando al oponente (Hay, 1994). Para aumentar la velocidad de salida del centro de gravedad, algunos autores como Knudson (1993) insisten en conseguir un contramovimiento de piernas entre  $115^{\circ}$  y  $120^{\circ}$ , aunque otros autores afirman



que la mayor flexión de los rodillas no incide en la citada velocidad.

Si como se ha indicado anteriormente, el lanzamiento debe realizarse con el cuerpo vertical y sin movimiento adelante o atrás, se hace imprescindible controlar la fuerza de reacción producida como consecuencia de las fuerzas de impacto originadas en la parada (Pinotti, 1992).

Estudios realizados por Satern (1993) y Elliot (1989) sobre jugadores profesionales demuestran que éstos, salvo en los lanzamientos a larga distancia, donde se observa un desplazamiento horizontal del centro de gravedad, mantienen la verticalidad del tronco en el lanzamiento, consiguiendo así mantener el ángulo y altura de salida del balón. La trayectoria que sigue el brazo ejecutor va directamente hacia la sien del mismo lado, continuando desde esta posición con una flexión del hombro; por contra el brazo opuesto al ejecutor continua con la función estabilizadora y protectora del balón hasta que se pierde el contacto de las manos con él.

Cuando existe un desplazamiento previo, autores como Dapena y Chung (1988) para el salto de altura, Gutiérrez y Col (1992) para el golpeo de voleibol, y Rojas (1997) para el lanzamiento a canasta, identifican una fase de batida con tres períodos: a) impacto inicial b) impulso de frenado y c) impulso de aceleración y una fase de vuelo donde el CG se desplaza hacia arriba.

El **Impacto Inicial**, donde las fuerzas radiales adquieren un valor relativo muy alto, dependiendo de la cantidad de movimiento adquirido durante la fase de

carrera

El **Impulso de Frenado**, que se considera al período de tiempo durante el cual los pies empujan contra el suelo para obtener unas fuerzas de reacción que le permitan frenar la cantidad de movimiento desarrollado durante la carrera o el descenso del CG. Siguiendo a Wilkerson (1985), comprende un período de tiempo que se inicia con la toma de contacto del pie en el suelo, al final de la carrera, hasta que se alcanza la máxima flexión de la rodilla correspondiente al pie que en primer lugar tomó contacto con el suelo.

Inicialmente, cuando la parada es alternativa, dicho período comienza con un solo apoyo donde continúa desacelerándose la componente horizontal de la velocidad con un trabajo muscular excéntrico y, al final de dicho período se produce un doble apoyo que posee las mismas características que el anterior, aunque también supone un preestiramiento, fuerza inicial y participación refleja de la pierna que receptiona más tarde.

El **Impulso de Aceleración** comprende el período de tiempo desde el mínimo ángulo de la rodilla correspondiente a la pierna del primer apoyo hasta que se pierde contacto con el suelo. Dicho período se caracteriza por una aceleración de componente vertical del CG, así como una actividad muscular concéntrica.

Se ha explicado como pueden ejercerse fuerzas durante la batida utilizando una carrera rápida y un buen recorrido vertical del CG, pero también existe otra posibilidad no menos importante: la participación segmentaria y, especialmente, la

acción de los brazos y tronco. Este hecho se puede explicar utilizando el *Teorema del Centro de Masa*: Si se considera al cuerpo del jugador como un sistema compuesto por catorce segmentos con interacción mutua y en contacto con el suelo a través de las piernas, las aceleraciones de componente vertical producidas por el CG tienen una relación directa con las masas y las aceleraciones de componente vertical producidas por cada segmento e inversa con la masa total del cuerpo del jugador (E-1).

(E-1)

$$a_{y(Cg.)} = \frac{\sum_{i=1}^{i=14} m_{(i)} a_{y(i)}}{\sum_{i=1}^{i=14} m_{(i)}}$$

donde  $a_{y(Cg.)}$  corresponde a la aceleración producida por el Cg.,  $m_{(i)}$  las masas segmentarias y  $a_{y(i)}$  las aceleraciones de cada uno de los catorce segmentos corporales.

Los trabajos de Dapena & Chung (1988), ponen de manifiesto la importancia que tienen, para el resultado del salto, las acciones de los segmentos que pueden acelerarse hacia arriba, considerando al balón como un segmento más.

Estos mismos autores, apoyándose en los trabajos de Hill (1922); Komi, (1973) y Perrine & Edgerton (1978), consideran que la acción segmentaria, especialmente tronco, brazos y balón, tiene un efecto favorable sobre el ciclo **estiramiento/acortamiento** de la musculatura extensora de las piernas. Siguiendo a Dapena & Chung (1988), la acción activa hacia arriba de los brazos, tronco y



balón contribuyen a que el CG incremente su distancia con respecto a la cadera, lo que supone un desplazamiento del CG hacia arriba más rápido que el producido en la cadera. Este hecho hace que las piernas tengan que soportar mayores fuerzas radiales hacia abajo.

El incremento de las fuerzas comprensivas hacia abajo hace que el músculo aumente su velocidad de estiramiento durante el período de Impulso de Frenado y que la velocidad de acortamiento sea más lenta durante el Impulso de Aceleración. Dos condiciones que permiten al músculo incrementar su tensión (Komi, 1973).

Se ha comentado que una buena acción de brazos supone acelerarlos fuertemente hacia arriba y que dicha aceleración comienza instantes después del Impacto Inicial, cuando la distancia radial entre el CG y la cadera es mínima. Esto significa una gran aceleración hacia arriba de los segmentos implicados que no es posible mantener durante un tiempo demasiado largo. Para que el tronco, los brazos y balón puedan seguir contribuyendo al incremento de las fuerzas que empujan contra el suelo deben mantener constante su velocidad hasta el final de la batida. Al margen del citado efecto positivo, el hecho de mantener dichos segmentos a una velocidad constante después de ser acelerados, tiene otros dos efectos positivos no menos importantes:

- a) Permite que los tres segmentos estén altos al final de la batida, contribuyendo a que el CG también este alto.
- b) Contribuye a que la velocidad del CG al final del Impulso de Aceleración o principio de la fase de vuelo sea mayor, entre otras razones porque cuando

comienza la fase de vuelo, la velocidad del CG está relacionada con las masas y sus velocidades segmentarias.

**Fase de salida :** Desde la posición anterior con el balón a la altura de la sien, el brazo ejecutante flexiona el hombro, extiende el codo y flexiona la muñeca, saliendo el balón hacia el aro.

En esta fase, se ha de mantener la estabilidad de la posición anterior en la fase de ejecución a la vez que imprimir una velocidad y ángulo de salida óptimos del balón (Rojas 1997).

Como se ha indicado anteriormente al hablar de cadenas cinéticas, el binomio precisión-velocidad están muy comprometidos en el lanzamiento a canasta. Ante la necesidad de conseguir una gran precisión con grandes velocidades, se hace preciso mantener una cadena cinética donde intervengan todas las articulaciones : pies, rodilla, cadera, tronco, codo, hombro y manos, con un movimiento que irá desde las articulaciones proximales a las distales.

Por otro lado, y según varios autores (Wissel 1994, Kirby y Roberts, 1985 y Hudson 1985), para obtener precisión, la secuencia de la cadena cinética debe permitirnos obtener una posición que consiga transmitir al balón la fuerza en dirección al aro, por tanto, una posición alineada de todo el cuerpo, balón, muñeca, hombro, y en especial del codo por ser la articulación que más incide en la precisión, a la vez que conseguir una gran velocidad mediante la aplicación de fuerza de todos los segmentos.

Si, como hemos dicho anteriormente, la altura de salida del balón es un elemento importante en la eficacia del lanzamiento, el determinar acciones que favorezcan tal circunstancia será un objetivo importante, y así estudios llevados a cabo por Yates y Holt (1982) concluyeron, entre otras cuestiones, que la flexión del hombro tiene una incidencia en el aumento de la altura de salida del balón.

Otro segmento importante de análisis en esta fase es la acción de la muñeca. La acción que ejecuta la misma en el momento de salida del balón es de flexión enérgica, partiendo de una hiperextensión, mientras que el codo realiza una extensión y pronación simultánea.

En jugadores de alto nivel, la hiperextensión de la articulación de la muñeca antes citada se acentúa respecto a jugadores de niveles inferiores y mediante la posterior flexión de la muñeca y con el contacto de los dedos sobre el balón, se transmite a éste una fuerza excéntrica que provoca en el balón un movimiento de rotación sobre su eje transversal y en sentido contrario al de su desplazamiento lineal.

Siguiendo a Satern (1990), Elliot & White (1989), Walters et al. (1990) y Rojas (1997), añaden que la rotación del balón provoca en el desplazamiento del mismo, que el aire situado en el polo superior posea una velocidad a favor de su desplazamiento lineal; por contra en el polo inferior del balón, el aire posee una velocidad contraria al desplazamiento lineal del centro de gravedad del mismo. Esta diferencia de velocidades entre el polo superior y el inferior produce una diferencia en la presión ejercida en ambos polos del balón, inversamente

proporcionales a las velocidades del aire (teorema de Bernoulli) dando como resultado una fuerza neta de sustentación hacia arriba.

Esta fuerza de sustentación aumenta con el choque que se produce entre el aire, puesto en movimiento por la rotación del balón y el aire existente en el desplazamiento lineal del mismo, ya que el aire de la parte superior del balón lleva la misma dirección y sentido que el que atraviesa el balón en dirección a canasta, disminuyendo la presión del aire en el polo superior y aumentando en el polo inferior del balón.

La anteriormente citada fuerza de sustentación tiene un efecto sobre la trayectoria del balón. A este efecto se le denomina efecto Magnus (Hay, 1982). Las consecuencias del mismo se cifran en un mayor ángulo de salida del balón, más estabilidad en su trayectoria y disminución de la velocidad horizontal. Estas consecuencias se traducen en una aproximación del balón al aro más vertical y por tanto con un ángulo mayor de entrada que incrementará las posibilidades de eficacia y por tanto de encestar. Igualmente, aumenta el rozamiento ante el contacto con el aro o el tablero, disminuyendo las posibilidades de alejamiento del balón con el aro (Hay, 1982 y Alexander, 1990).

En la figura 8 se representan gráficamente los efectos aerodinámicos del giro del balón en sentido contrario a su desplazamiento lineal y el incremento de rozamiento en el contacto con el aro (Rojas, 1997).

Otros autores como Yates y Holt (1982) han confirmado, a través de

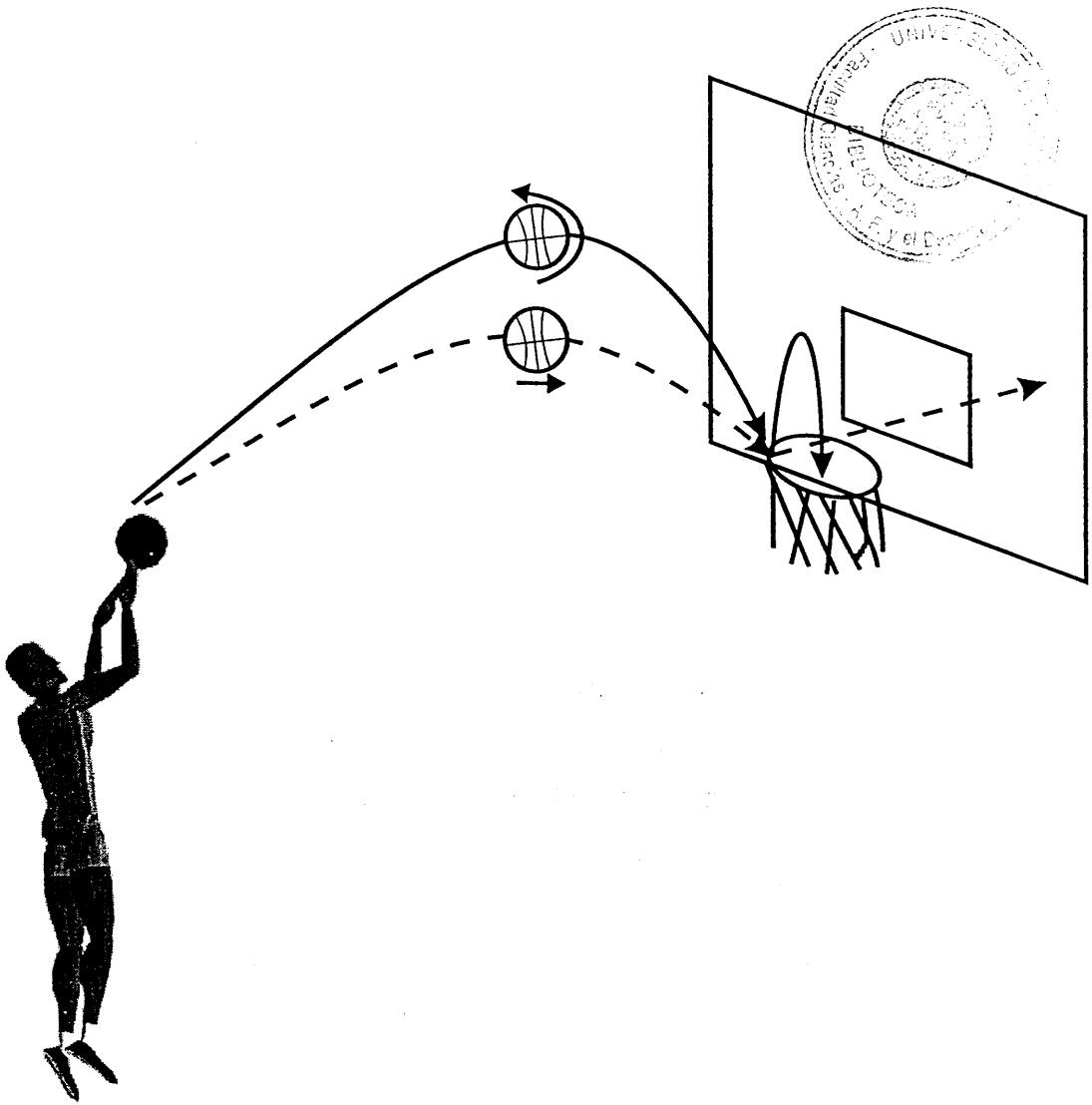


Figura 8.a

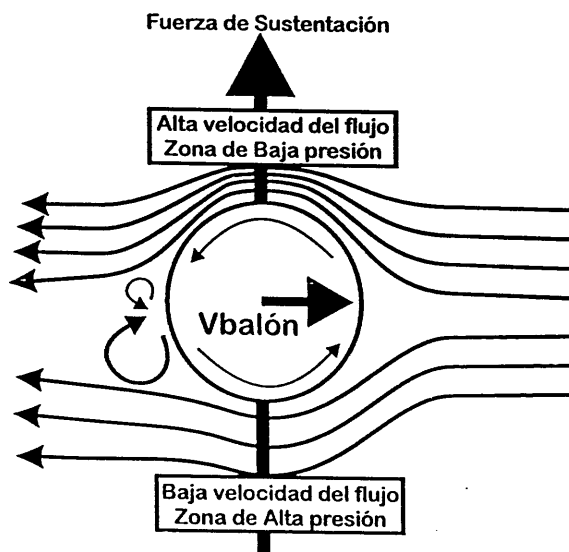
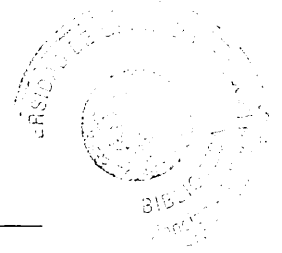


Figura 8.b

Figura 8. Representación gráfica de los efectos producidos por la rotación del balón sobre su propio eje en sentido contrario a su desplazamiento lineal.



estudios experimentales, que la disminución del alejamiento del balón con el aro, descubierto por Hay (1982) y Alexander (1990), se traduce en una mayor efectividad en el lanzamiento. La rotación que produce todas las ventajas descritas anteriormente, se consigue cuando el brazo se encuentra vertical y en dirección al aro.

**Fase de continuación :** Una vez efectuado el lanzamiento del balón, el lanzador sigue con el codo extendido y muñeca flexionada. En esta fase del lanzamiento, los dos elementos más importantes por su incidencia en la efectividad del mismo, son la velocidad y el ángulo de salida del balón.

Toyoshima et al. (1985) estudiaron las diferencias entre lanzamientos convertidos y fallados en diferentes distancias, obteniendo como conclusión que entre el 65% y el 85% de los lanzamientos fallados fue debido a la velocidad de salida del balón.

El ángulo de salida del balón depende de los siguientes factores: distancia del lanzamiento al aro, altura del lanzamiento y ángulos del tronco y hombro del brazo ejecutor (Satern,1989). A un mayor ángulo de salida del balón le corresponde un mayor y por tanto mejor ángulo de entrada del balón al aro (Hay, 1982). En la tabla 2 (Rojas, 1997) se aprecian los ángulos de salida del balón obtenidos en diferentes investigaciones.

Después de los antecedentes expuestos, se ha creído conveniente utilizar las fases propuestas por Gutiérrez y Col (1992) para el golpeo de voleibol y adaptadas

**Tabla 2.** Angulos de salida del balón obtenidos en diferentes investigaciones (Rojas, 1997)

ESTUDIO	ANGULO	TIPO DE ESTUDIO
Mortimer (1951)	54-58	teórico
Brancazio (1981)	45-55	teórico
Toyoshima et al (1985)	51-55	hombres, lanzamiento en salto
Hudson (1982)	52	mujeres, lanzamiento libre
Hay (1994)	49-55	teórico
Hudson (1985a)	53	mujeres, lanzamiento libre
Satern (1988)	52-55	lanzamiento libre
Tsarouchas et al (1988)	50	hombres, lanzamiento libre
White y Elliot (1989)	53	mujeres, lanzamiento en salto
Walters et al (1990)	52	mujeres, lanzamiento en salto
Elliot (1992)	45-47	hombres, lanzamiento en salto
Elliot (1992)	49-50	mujeres, lanzamiento en salto
Miller (1993)	48	mujeres, lanzamiento en salto
Satern (1993)	51-53	hombres, lanzamiento en salto
Satern (1993)	51-53	mujeres, lanzamiento en salto
Vaugh y Kozar (1993)	53	hombres, tiro libre
Miller y Barlett (1996)	52	hombres, lanzamiento en salto

por Rojas (1997) para el lanzamiento a canasta tras carrera previa. Cronológicamente, cada una de estas cuatro fases está interrelacionada con la siguiente, de tal forma, que la correcta ejecución de la primera, permitirá obtener una situación óptima para la segunda y así sucesivamente.

**a) Tiempo de carrera previa:** comienza cuando el jugador toma contacto con el balón y, tras un apoyo o sin él, acaba cuando toma contacto el primer pie en el suelo antes de aplicar la fuerza sobre el suelo para iniciar la batida.

**b) Tiempo de impulso de frenado :** período de tiempo comprendido entre el final de la acción del tiempo de carrera previa y la máxima flexión de la misma rodilla correspondiente a la pierna que primero contactó con el suelo en la fase anterior.

**c) Tiempo de impulso de aceleración :** período transcurrido entre el momento de máxima flexión de la rodilla y la pérdida de contacto con el suelo.

**d) Tiempo de vuelo :** período de tiempo entre la pérdida de contacto con el suelo (despegue) y la pérdida de contacto con el balón al final de la cadena cinética o lanzamiento. Estas fases se representan gráficamente en la figura 9.

#### **1.4.2.- Estudios inferenciales entre niveles de jugadores.**

En general se puede decir que las diferencias técnicas existentes entre los jugadores de baloncesto, residen en la interdependencia entre factores que proceden





Figura 9. Representación gráfica de las cuatro fases del lanzamiento propuestas por Gutiérrez y col. (1992).

de sus propias cualidades físicas, parámetros antropométricos y procesos de aprendizaje que conducen a tomar la decisión más eficaz en el instante más adecuado. La evidencia de esta afirmación general puede distinguirse fácilmente durante el desarrollo del juego; por el contrario, cuando observamos un gesto técnico aislado, las diferencias aparentes no son tan notables, y por ello la obtención, a través de estudios, de niveles de destreza discriminativos entre jugadores es de gran importancia, siendo parte del objeto de esta investigación.

En el ámbito de estudio del baloncesto, la investigación en biomecánica se ha centrado en la descripción de la técnica básica y, especialmente, en el lanzamiento de tiro libre y en salto. En algunos casos se han orientado hacia la identificación de factores discriminativos entre sexo (Satern & Keller-Mcnulty, 1992), distancias de lanzamiento (Elliot & White, 1989) y diferentes niveles técnicos entre jugadores (Penrose & Blanksby, 1976; Hudson, 1985; Bosc & Grosgeorge, 1985; Satern, Messier & Keller-Mcnulty, 1989), con el propósito de obtener diferencias significativas entre factores que nos permitan establecer las estrategias de aprendizaje más adecuadas.

Los estudios relativos a los factores discriminativos entre jugadores de diferentes niveles han puesto de manifiesto que existen diferencias significativas entre ciertas variables temporales. En este sentido, los jugadores de mayor nivel tardan más en realizar el lanzamiento, especialmente el período de tiempo que dura el salto y la acción dinámica que se ejerce sobre el balón durante el vuelo (Bosc & Grosgeorge, 1985). Los estudios llevados a cabo por Hudson (1985), donde se describen diez variables cinemáticas en tres grupos de diferentes niveles técnicos,

confirman las diferencias temporales expuestas por Bosc & Grosgeorge (1985), además de verificar cómo los jugadores que poseen más calidad lanzan en una posición más estable y obtienen una mayor altura del balón en el despegue.

El aumento de la distancia del lanzamiento conlleva una disminución del ángulo de salida y aumento de la velocidad del balón (Satern 1993), disminuyendo por tanto y según se ha visto en la fase de salida de los estudios descriptivos, las posibilidades de eficacia del lanzamiento. Esta disminución de eficacia se hace más patente en jugadores que no corresponden al alto nivel ya que no mantienen la perpendicularidad del cuerpo con el suelo, disminuyendo el ángulo de salida mucho más que los jugadores de alto nivel.

Según la **teoría de impulsos parciales** propuesta por Hochmuth (1973) para los lanzamientos, la velocidad de salida del balón es el sumatorio de la velocidad del centro de gravedad del cuerpo y la velocidad que se le imprime al balón respecto al centro de gravedad del lanzador.

Si el lanzamiento se suele producir muy cerca de la altura máxima en el salto, la velocidad del centro de gravedad del cuerpo, en ese instante, es prácticamente nula, por lo que la velocidad de salida del balón no se verá afectada por el sumatorio anterior (Knudson, 1993; Miller y Bartlett, 1996). Por contra, cuando se aumenta la distancia del lanzamiento respecto al aro, el balón suele ser lanzado, sobre todo en jugadores escolares, antes de que el centro de gravedad del jugador consiga la máxima altura y por ello la velocidad de salida aumenta al sumársele la velocidad del centro de gravedad que todavía no es nula como cuando

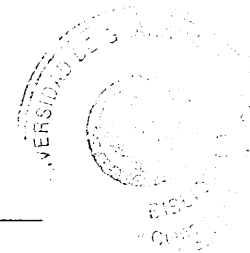
se efectúa en la altura máxima (Miller y Bartlett, 1996).

Los jugadores escolares con poca fuerza, realizan el lanzamiento cuando la trayectoria del centro de gravedad todavía es ascendente, con la pérdida de estabilidad y equilibrio necesarios al proyectar el balón fuera de la base de sustentación del jugador.

Utilizando el modelo de programa motor propuesto por Schmidt (1985) donde ciertas variables se definen en función de las demandas externas, se podría considerar que ciertos factores se verían modificados cuando el gesto se realiza simulando una acción real. En este sentido, las referencias externas pueden cambiar ciertas variables del programa motor, o hacer que el gesto tenga menos consistencia temporal y, consecuentemente, que los niveles de significación entre factores tiendan a reducirse.

Ahora bien, con independencia de las diferencias temporales encontradas en los estudios realizados por Bosc & Grosgeorge (1985) y Hudson (1985), donde se relacionan dichas diferencias con las obtenidas en los aspectos técnico-tácticos de los grupos de jugadores estudiados, y siguiendo el modelo de programa motor propuesto por Schmidt (1985), dichas diferencias temporales se pueden acortar, y, por tanto, reducir los niveles de significación entre factores y grupos cuando existe oposición en la acción de tiro, aunque existen unas grandes incógnitas que no despejan estos estudios:

- a) - Sería necesario conocer si las diferencias entre los factores biomecánicos se



producen única y exclusivamente debido a los diferentes niveles técnico-tácticos o, por el contrario, son producto de la precipitación que se supone provoca el oponente.

- b) - Con independencia de la presencia o no del oponente, las diferencias existentes se pueden producir por el aprendizaje en los jugadores de alto nivel de una respuesta motriz que se inhibe de factores externos, en contraposición con la respuesta de los jugadores que no pertenecen al alto nivel, que no tienen adquirido tal aprendizaje motriz, y, por tanto, sus respuestas están condicionadas por dichos factores.

Yates y Holt (1982) y Satern (1988) han comprobado que el codo del brazo ejecutor de jugadores de alto nivel empieza a flexionarse en mayor grado que en jugadores de grado inferior, lo que en nuestro estudio utilizaremos como factor de análisis con el propósito de confirmar este dato.

En lanzamientos de 2 y 3 puntos, es decir, cerca y lejos del aro (Elliot y White (1989)) en el instante de la salida del balón no encuentran diferencias en el ángulo del codo, pero en cambio sí existen en el ángulo del hombro y muñeca, mientras que la acción de las piernas es idéntica en ambos lanzamientos.

Sobre el lanzamiento a canasta en suspensión tras carrera previa existen estudios como los de Alexander (1990), donde se establece como esencial una buena parada para conseguir una mejor estabilidad en la ejecución del lanzamiento, caracterizándose la misma por mantener el centro de gravedad sobre la base de

sustentación y lo más próximo al centro de ésta.

Otros estudios (Mcclay, 1994; White. 1989; Elliot, 1989) cuantificaron las fuerzas de reacción vertical y horizontal con respecto al peso corporal, siendo entre 3 y 2,6 del peso corporal en la vertical, y entre 0,5 y 0,3 para la horizontal.

### **1.5.- Antecedentes de la investigación del comportamiento motor en el lanzamiento a canasta.**

Siguiendo a Oña (1994), el comportamiento motor, como objeto de estudio, lo constituyen tres elementos básicos: a) un organismo como sistema viviente autónomo. b) un medio donde se desarrolla dicho organismo compuesto por un conjunto de estímulos de potencial acción sobre el organismo. c) interacciones que constituyen la conducta y supone la acción de doble sentido del medio sobre el organismo, por un lado los cambios que produce el organismo para responder y así adaptarse a ese medio y, por otro lado, los cambios que a su vez produce el organismo sobre el medio.

Estos tres elementos delimitan el concepto funcional del comportamiento (C) como el producto de la interacción entre un organismo (O) y el medio donde habita (M).

$$C = F ( O, M )$$

De lo indicado, podemos concluir que existe una interacción entre organismo

y medio, encontrándose ambos en un continuo proceso de adaptación, tal y como Thorndike (1931) y Hull (1943) delimitaron como concepto funcional del comportamiento.

El comportamiento motor no es sino el resultado de la interacción entre sujeto y medio cuando nos encontramos ante un movimiento. En un sentido más amplio, el comportamiento motor como área científica básica de la psicología, constituye el estudio del movimiento humano desde la perspectiva psicológica (Cárdenas, 1995). Figura 10.

Siguiendo a Oña (1990), dentro del área científica del comportamiento motor se estudian los procesos básicos que determinan la ejecución motora, existiendo tres áreas que se complementan :

- El **control motor** que se encarga del estudio de los procesos que determinan la ejecución del movimiento.
  
- El **aprendizaje motor** que estudia los mecanismos y principios que rigen la modificación de las conductas motoras.
  
- El **desarrollo motor** que estudia la evolución y modificación de las conductas motoras con el paso del tiempo.

En estas tres áreas, aparte de los diferentes objetivos que persiguen, existen diferencias significativas entre las dos primeras (control y aprendizaje motor) que

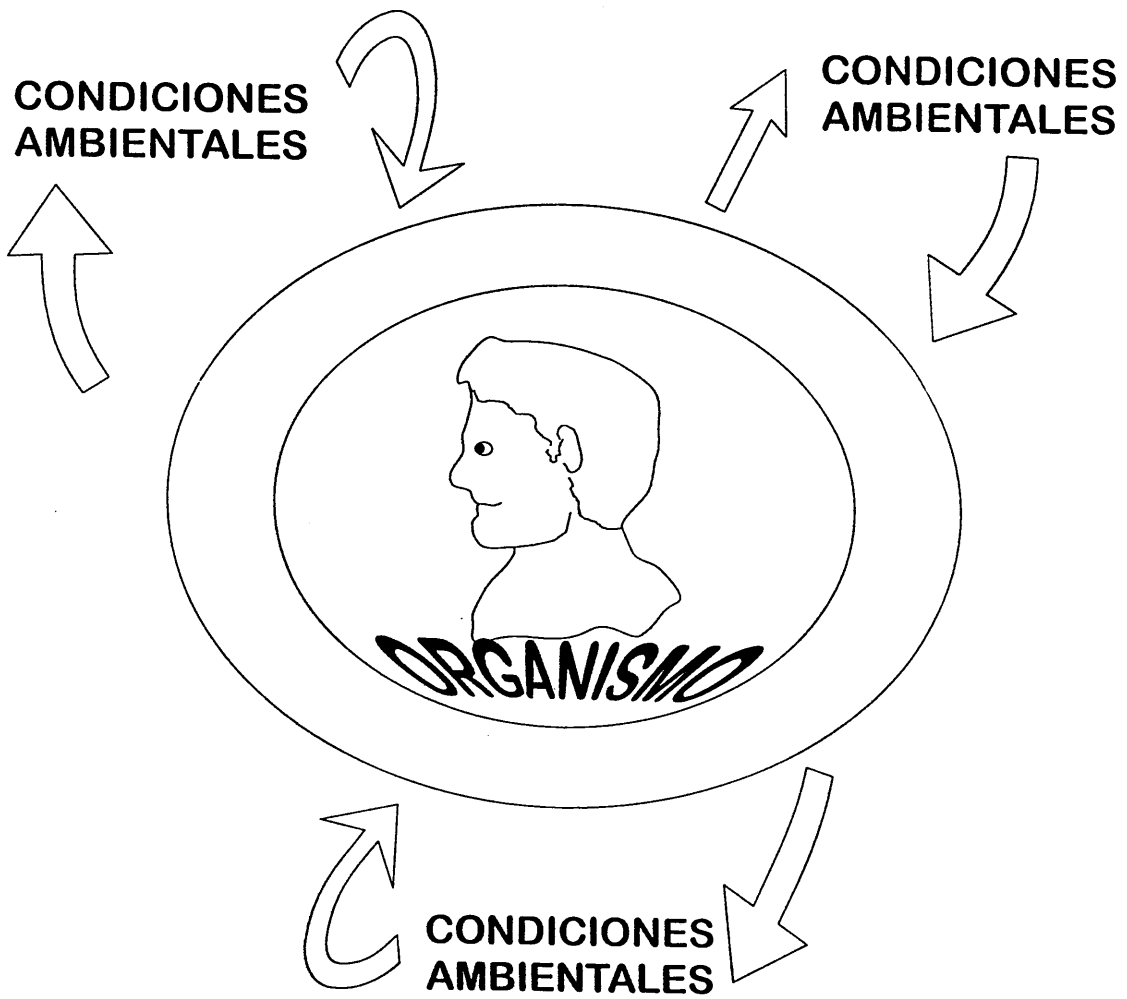


Figura 10. Esquema representativo de la doble interacción del organismo con el medio.



utilizan una metodología experimental en sus estudios y el desarrollo motor, que utiliza una metodología descriptiva mediante la observación de los cambios de patrones motores a lo largo del tiempo (figura 11).

El comportamiento motor estudia los mecanismos que hacen posible la ejecución de un movimiento, integrando los procesos biológicos neuromusculares en el contexto general de procesamiento de la información, propio de la cognición humana como función psicológica de control (Cárdenas, 1995).

El comportamiento motor resulta la síntesis de un sistema complejo de interacción de un sujeto con el medio que lo rodea, que comienza con la recepción de la información. La estimulación física procedente del medio es recogida por nuestros sentidos. Después, gracias a un proceso de organización primaria denominado percepción es reconocida la información dándole un significado. La memoria permite niveles superiores de organización en el reconocimiento de los estímulos y en la preparación de estrategias previas a la respuesta.

Procesada la información sometiéndola a las diferentes estructuras cognitivas del organismo, el sujeto produce una respuesta que en el ámbito deportivo sería motriz, es decir, un movimiento. (Schmidt, 1988).

Existen elementos que pueden provocar una alteración en la respuesta motora (movimiento), creando en el sujeto situaciones hostiles, de tensión, relajación, etc... La estructura capaz de provocar estas modificaciones se conoce como estructura de activación y permite el control de estados emocionales. La

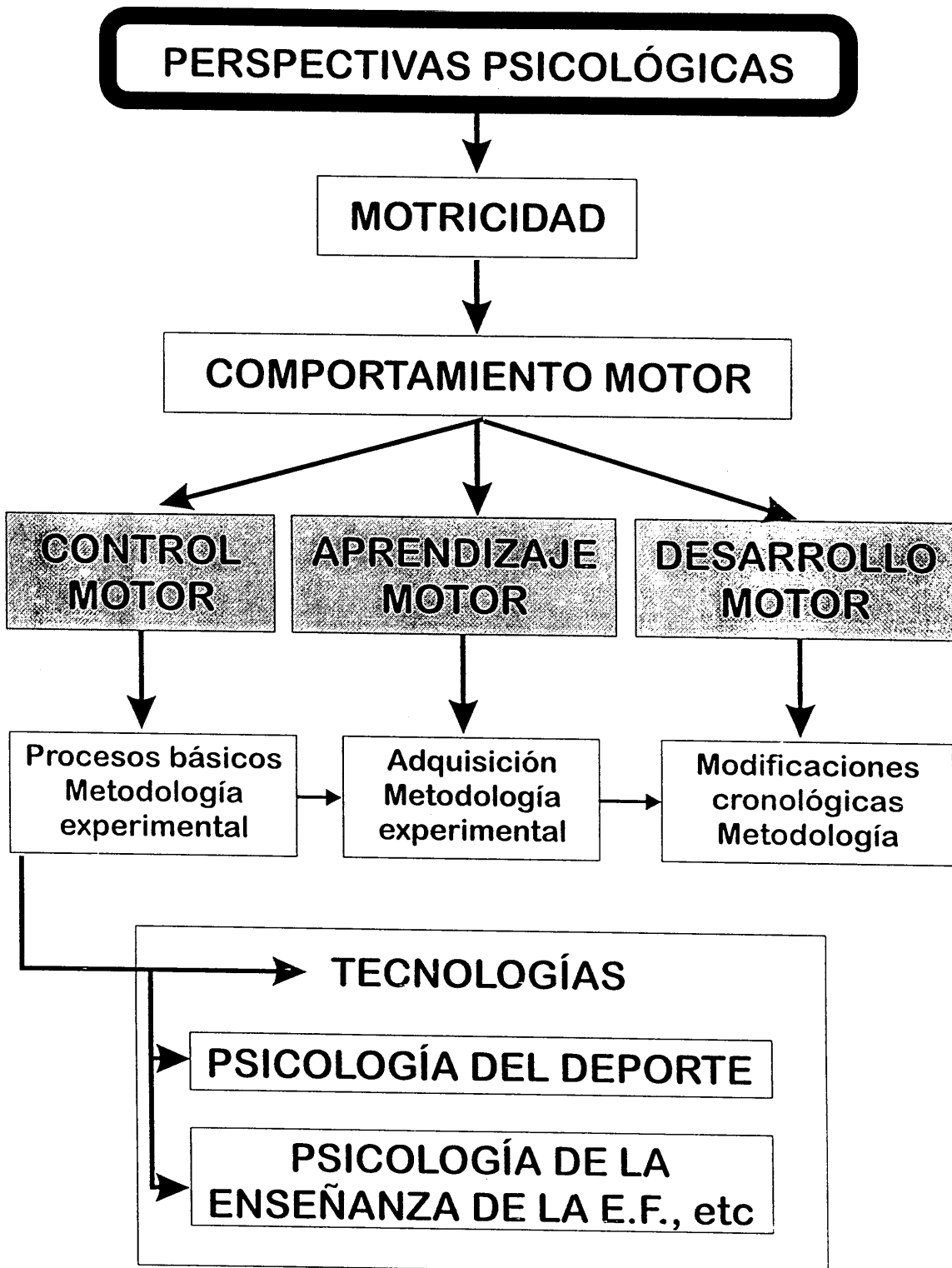


Figura 11. Areas que componen el comportamiento motor.

atención situada entre la cognición y la activación permite un control del proceso desde la recepción de información hasta la elaboración de la respuesta permitiendo alcanzar una mayor eficacia motora.

Operativizando las conductas motoras a través de parámetros fisiológicos, biomecánicos, etc, podremos a través del área científica de la psicología, como es el aprendizaje motor, estudiar la forma de modificar las conductas motoras. Esta afirmación la preconizan entre otros autores Magill (1988), cuando indica que el aprendizaje motor supone un proceso de modificación de la conducta, más exactamente un cambio estable de la conducta como consecuencia de la práctica.

Mahlo (1969) es el primer autor que intenta explicar el acto táctico, como es el lanzamiento a canasta, bajo la perspectiva comportamental propia de la psicología. Si se desean descubrir las leyes del comportamiento, es absolutamente necesario considerar los componentes psíquicos y las motivaciones de la actividad humana como el lado subjetivo del psiquismo.

Se pretende enlazar el contexto deportivo en el núcleo del comportamiento motor, como área aplicada a la psicología, buscando explicación a los procesos motores y aplicar las leyes o principios del aprendizaje y control motor a nuestro ámbito profesional del entrenamiento (Cárdenas 1995).

Precisamente, la búsqueda por parte de muchos autores de esa explicación enunciada anteriormente, ha provocado el establecimiento de numerosos modelos explicativos de los procesos motores y el intento de imposición de cada uno de ellos

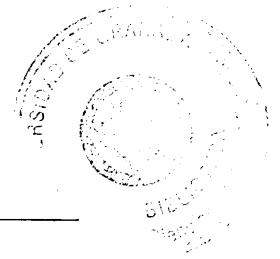
sobre los restantes. Actualmente la tendencia es contemplar el comportamiento motor desde un modelo que aglutine lo más importante de cada uno de los existentes.

Dentro de los modelos comportamentales, nos encontramos con los denominados de *procesamiento de la información*, donde el sujeto es considerado como un sistema procesador de información, con una primera fase donde empieza a funcionar a partir de la recepción del medio a través de sus sentidos. La mencionada información se denomina *input*. En esta fase, el sujeto desarrolla una serie de procesos cognitivos que le permiten el reconocimiento de patrones. Con este reconocimiento, el sujeto detecta el cambio energético existente en el medio, convirtiéndolo en un impulso neurológico. A continuación, la energía nerviosa es transmitida hasta las áreas de proyección primaria del cerebro, posteriormente a las asociativas donde se elabora y produce la experiencia sensorial.

En una segunda fase, después del reconocimiento del patrón estimular haciendo uso de las experiencias previas que constituyen la memoria, el sujeto elige el programa más adecuado para la respuesta. A este proceso seguido en esta fase se le denomina *nivel de organización de la respuesta*.

En la tercera fase se produce lo que se denomina *respuesta motora o salida y también output*.

Entre otros modelos que surgen como consecuencia de la búsqueda de solución a interrogantes de modelos anteriores, nos encontramos con el *programa*



*motor generalizado de Schmidt (1985).*

Los elementos más globales o invariantes del programa motor está formado por la estructura temporal del gesto, orden de los elementos y la fuerza relativa. La estructura temporal del movimiento es rígida, realizándose con la misma alternancia contracción-relajación y siendo el tiempo empleado mayor o menor, pero siempre proporcional. El orden de los elementos se traduce en una realización de las fases del gesto de forma secuencial y cronológicamente en el mismo orden, y la fuerza relativa producida por cada músculo es proporcionalmente constante en cada uno de las repeticiones del gesto. Los elementos adaptables al medio son el tiempo total, la velocidad de ejecución, la amplitud del movimiento y los músculos intervinientes para la ejecución del gesto.

El lanzamiento en suspensión tras carrera previa, objeto de estudio del presente trabajo, se va a encuadrar dentro del programa motor generalizado, identificando los elementos globales o invariantes, orden de los elementos del gesto, consistencia temporal y las diferencias existentes entre los grupos experimentales de estudio.

A continuación se van a identificar otra serie de parámetros que participan en el lanzamiento a canasta y su relación con postulados de diferentes autores, investigadores en el campo del control motor. Así, por ejemplo, *la anticipación espacial* que permite al jugador anticiparse a la localización del estímulo a través del análisis de la posición de lanzamiento, distancia del pasador y posición del defensor y que le va a permitir al jugador realizar una cadena cinética en el instante

preciso, con la velocidad adecuada y aprovechamiento máximo de la dinámica de recepción del balón, son elementos importantes analizados entre otros autores por Oña (1994). Otro factor importante dentro del lanzamiento desde la perspectiva del control motor es la automatización del gesto. Esta automatización es definida como el procesamiento rápido de la información, sin demandas de atención y sin interferencias (Schneider y Shiffrin, 1977).

Schmidt (1985) dentro del programa de esquema motor indica que la variabilidad en la práctica es otro factor importante al permitir un mayor rendimiento. Esta práctica variada mejora los niveles de retención del aprendizaje (Mc Craeken y Stelmach, 1977). El deporte del baloncesto posee una serie de características que van a determinar en general y específicamente en el lanzamiento, la clase de tarea motriz que más se ajusta a ellos.

Como elementos fijos en este deporte nos encontramos con el terreno de juego, balón, número de jugadores, canastas y reglamento de juego. Por contra, y a diferencia de otros deportes como son el atletismo, tiro con arco, etc, las acciones de los jugadores de baloncesto son infinitas, de tal forma que el jugador con balón puede pasar, fintar, botar, lanzar, etc, y dentro de cada una de las numerosas acciones encontraremos infinidad de variantes.

Atendiendo a la características anteriores y siguiendo a diversos autores, el baloncesto se cataloga como tarea abierta (Poulton, 1957), toda vez que las tareas motrices predominantes como es el caso del lanzamiento en suspensión tras carrera previa se caracterizan por un cambio permanente y un medio impredecible. Otros

autores como Rigal (1987) y Oña (1994), clasifican las tareas motrices como *bucle cerrado y abierto*. Las tareas de bucle cerrado se utilizan fundamentalmente, en movimientos largos y continuos. No obstante, en entornos abiertos donde el sujeto debe adaptarse continuamente a un contexto variable, si los gestos son suficientemente prolongados, también, se podrían explicar como gestos de bucle cerrado ya que el sujeto podría procesar la información de su actividad como feedback. Se entiende por gestos prolongados, aquellos con tiempos de movimiento superior a 180 milisegundos ( Hick, 1952 ). Está claro que utilizando esta última clasificación, estamos ante una tarea de bucle cerrado.

#### **1.6.- Planteamiento de la hipótesis y objetivos de investigación.**

Antes de enunciar de forma específica y concreta la hipótesis y los objetivos de esta tesis, se hace preciso indicar previamente que, dada la complejidad de las manifestaciones motrices y el medio que las rodea por la cantidad de variables que inciden sobre ellos, es complejo realizar estudios en situación real.

Siendo conscientes de la complejidad que entraña la investigación de los actos deportivos desde una situación real, se ha creído conveniente abordar esta investigación desde una situación muy próxima a la realidad, aunque con el control experimental adecuado. Quizás el hecho de abordar la investigación mediante un protocolo que simula una acción de juego real, manteniendo un control experimental adecuado, nos permita realizar una transferencia inmediata de los resultados al ámbito educativo y de competición.

Si en cualquier situación de investigación, el planteamiento de la hipótesis debe ser dinámico, es decir, susceptible de modificarse a lo largo del proceso de investigación, cuando la investigación se aborda desde una situación próxima a la realidad, este dinamismo de la hipótesis cobra mayor consistencia y su planteamiento final sería:

*Según los antecedentes expuestos y en relación a las variables temporales, los jugadores de menor nivel tendrán un tiempo de ejecución inferior a los jugadores de alto nivel. Con respecto a las variables de producto, un factor de variabilidad significativo entre los niveles de jugadores, será la velocidad de salida del balón, siendo ésta mayor en los jugadores que tienen menor nivel, factor que incidirá negativamente sobre la precisión. Los jugadores de mayor nivel conseguirán, en el gesto analizado, mayor estabilidad en su ejecución. Con respecto a las variables relacionadas con los desplazamientos del CG del lanzador, se encontrarán diferencias con respecto a la variable relativa al desplazamiento vertical del CG, siendo menor en los jugadores de menor nivel y en el desplazamiento horizontal, siendo en este caso mayor en los jugadores de menor nivel.*

*Por último y siguiendo con los antecedentes expuestos, existirán diferencias en la secuencialidad de la cadena cinética. Todo ello motivado posiblemente por dos causas que no han sido suficientemente acotadas por los autores; una de ellas físicas como la fuerza muscular y otra psicológica que se podría concretar en las diferencias cognitivas entre niveles, aunque en este estudio no se utilizan como variables el hecho de determinar las causas que producen las diferencias entre*



*niveles.*

En base al problema y la hipótesis expuesta, podemos concretar los siguientes objetivos de investigación:

1) Utilizar las técnicas biomecánicas en gestos donde existen contingencias externas, usando métodos que permiten mantener el control experimental.

2) Analizar el lanzamiento a canasta en suspensión tras desplazamiento previo, desde la perspectiva científica de la biomecánica, actuando mediante el método inverso y técnicas fotogramétricas.

3) Determinar la consistencia temporal del lanzamiento a canasta en suspensión tras desplazamiento previo cuando existen contingencias externas, aunque en este caso estén controladas mediante un protocolo.

4) Determinar las diferencias entre grupos, relacionados con los factores biomecánicos más significativos y que pueden incidir en la eficacia del gesto analizado.

5) Determinar las cadenas cinéticas del lanzamiento y los aspectos biomecánicos intervinientes, analizando las diferencias existentes entre los grupos experimentales.

6) Abrir nuevos campos de investigación en el ámbito del baloncesto como

objeto de estudio científico, y proponer transferencia de resultados al ámbito educativo y de competición.



## **METODO**

## 2.- METODO.

### 2.1.- Características.

El desconocimiento de las causas que producen un gesto deportivo es la razón para que en el ámbito de la investigación biomecánica se utilice el **método inverso**. Con la utilización de este método, se realiza una descripción, cuantificando ciertas variables mecánicas con el objetivo de deducir las causas que lo producen y establecer las ecuaciones necesarias que relacionan el gesto estudiado con dichas variables (Gutiérrez, 1990).

El objetivo de esta tesis es, entre otros, cuantificar las variables que determinan las normas operativas, que intervienen en el lanzamiento a canasta en suspensión tras desplazamiento previo. Esta cuantificación de las variables se ha realizado utilizando técnicas de análisis fotogramétricas tridimensionales de video, obteniendo las coordenadas espaciales, así como la representación tridimensional del gesto.

Las imágenes obtenidas han sido computerizadas mediante un sistema de registro indirecto, situado fuera del conjunto biológico de estudio. Este sistema de registro permite analizar el gesto deportivo en situación real de competición sin que el sujeto se vea afectado; por contra y como consecuencia de que la digitalización es manual, produce un error aleatorio. Como alternativa a este sistema, la utilización de registros directos basados en sistemas de visión artificial y reconocimiento inteligente de marcadores corporales automatizados reducen el error

aleatorio, pero los marcadores ubicados sobre el sujeto pueden interferir en la ejecución del gesto modificando y por tanto alejándose de las condiciones de la competición (Gutiérrez, 1990).

La aplicación del método inverso y obtención de los datos a través de registros externos al sistema, es factible siempre que en los gestos deportivos objeto de estudio se den unas circunstancias sin las cuales el análisis podría verse dificultado o carecer de validez (Gutiérrez, 1990). Por ello hemos tenido en cuenta los tres apartados siguientes a fin de obtener el correspondiente control experimental.

**a) El control de variables contaminadoras**, o lo que es lo mismo, de contingencias externas es imprescindible para que cualquier investigación científica tenga validez. Por ello y dado que algunos gestos deportivos no están sujetos a estas contingencias (carrera, natación, tiro con arco, lanzamiento de tiros libres en baloncesto, etc), las investigaciones biomecánicas se han centrado en ellos. Estos gestos, desde el punto de vista de las tareas motrices, serían los que denomina Schmidt (1988) como tareas discretas, caracterizadas por un principio y un fin muy delimitados y sin estar sujetos a procesos atencionales ni retroalimentación durante su ejecución.

Pero muchos gestos deportivos y especialmente los que se dan en deportes colectivos se caracterizan por ser gestos abiertos (Knapp, 1963), sometidos a gran cantidad de contingencias externas y procesos atencionales que presentan para su análisis una complejidad y dificultad derivados de la gran cantidad de variables

contaminadoras. El lanzamiento a canasta en suspensión con desplazamiento previo se identifica claramente con este tipo de tareas, toda vez que se ejecuta en infinidad de situaciones diferentes de juego por lo que en cada ejecución se dan muchísimas variables que impiden un análisis repetido del mismo en la competición. Para controlar estas variables se ha analizado el lanzamiento siguiendo un protocolo de características similares a la situación real de juego donde se controlan las variables manipuladas y se mantienen constantes las que inciden en el lanzamiento pero no nos interesan medir.

**b) La estabilidad o consistencia temporal del gesto.** En la ejecución del lanzamiento a canasta es otro factor importante a tener en cuenta en el presente estudio. Si el gesto no fuese temporalmente consistente, al no estar suficientemente automatizado, su ejecución se vería afectada por algún comportamiento aleatorio y con ello se invalidarían los resultados. Este grado de consistencia temporal del programa motor del lanzamiento a canasta analizado en esta tesis, se ha verificado comprobando la desviación típica de los tiempos de las distintas fases del gesto que se han medido después de una serie de ejecuciones repetidas en las mismas condiciones y realizadas por los jugadores que conforman los tres grupos experimentales de la presente tesis. (Schmidt, 1988).

**c) El grado de activación.** Cuando un estudio biomecánico no se puede realizar sobre una situación real de juego donde el grado de activación del deportista es el óptimo, manteniendo la intensidad de la fuerza muscular de forma constante, se corre el riesgo de que exista un efecto contaminante por la variabilidad en la activación y por consiguiente en la fuerza muscular que provoca

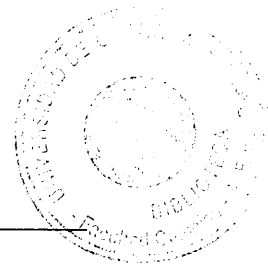
la contracción.

Como se ha dicho, en el caso de la presente tesis, nos encontramos ante una tarea abierta y de bucle cerrado (Oña, 1994), donde, como se ha indicado anteriormente, las contingencias externas son muchas y varían de un lanzamiento a otro. Para controlar todas las contingencias externas sin alejarnos de la situación real de juego, que mantenga constante el grado de activación, se ha utilizado el protocolo que más adelante se describe y que intenta reproducir al máximo la situación real del juego.

En esta línea de aproximación total a la situación real del juego, con independencia de que hayamos utilizado para su análisis un solo modelo de parada (alternativa), el protocolo utilizado se ha planteado con la libertad de efectuar también parada simultánea. Esta libertad se justifica porque el modelo de parada depende de contingencias externas, tales como, tiempo de recepción del balón, decisión e historia previa del jugador. Con lo manifestado en los tres apartados anteriores la validez interna del estudio queda cubierta, de tal forma, que las diferencias en las variables dependientes serán producto de los diferentes valores de las variables independientes (niveles de rendimiento deportivo de los tres grupos experimentales).

Para conseguir los objetivos de esta tesis descritos con anterioridad, se han realizado las siguientes actuaciones de investigación:

1<sup>a</sup>.- Análisis de la consistencia temporal del lanzamiento a canasta con



oposición, en cada una de las fases del mismo y comparación entre los tres grupos experimentales. Dicha actuación se ha realizado obteniendo el tiempo de cada una de las fases en una situación con oposición.

2ª.- Estudio sobre la incidencia que tienen los diferentes niveles de rendimiento deportivo, valorado según la categoría en la que juegan, sobre los factores biomecánicos más significativos que inciden en la eficacia del lanzamiento a canasta en suspensión tras carrera previa.

## 2.2.- Sujetos.

Los jugadores seleccionados, como sujetos experimentales de esta tesis doctoral, están encuadrados en tres grupos según el nivel de rendimiento deportivo, el cual se ha valorado en función de la categoría del equipo en el que jueguen. Siguiendo un orden de categorías o nivel, se denominarían: a) profesionales de alto nivel, b) primera división nacional no profesional y c) escolares.

**a) Grupo de jugadores profesionales de alto nivel.** Este grupo lo forman siete jugadores de la liga A.C.B. (Asociación de Clubes de Baloncesto), pertenecientes a los ocho equipos mejor clasificados en la temporada 94/95, siendo jugadores importantes en las competiciones en que participan sus clubes. Esta importancia se determinó en función de los siguientes criterios: a) autoconsideración como jugador especializado en los lanzamientos a canasta en suspensión de media distancia, b) ser un especialista en el equipo o equipos de la liga A.C.B. donde hubiesen jugado las tres últimas temporadas y c) tener un 40% o más de porcentaje



de encestes de media distancia en suspensión durante la temporada 94/95 . Por otro lado, otras características de los citados jugadores son: ser diestros, con una talla media de 1,95 mts.( $\pm 0,08$ ), un peso medio de 92,23 Kgms. ( $\pm 10,64$ ), y una edad media de 24,21 años ( $\pm 2,82$ ).

**b) Grupo de jugadores pertenecientes a 1ª división de la liga nacional no profesional.** Este grupo lo forman otros siete jugadores de la 1ª división nacional española que se encontraban disputando esta competición en la temporada 94/95. Como en el grupo anterior de jugadores de alto nivel, los criterios de selección establecidos han sido los mismos, de tal forma, que son jugadores esenciales en su equipo y en la citada competición, tienen una autoconsideración de ser especialistas en el lanzamiento y obtuvieron unos porcentajes de acierto en el lanzamiento a canasta en competición próximo al 40%. Son jugadores con una talla media de 1,97 mts. ( $\pm 0,10$ ), un peso medio de 90 Kgms. ( $\pm 11,12$ ) y una edad media de 23,30 años ( $\pm 2,64$ ).

**c) Grupo de jugadores escolares.** Este grupo, compuesto por igual nº de sujetos que los dos anteriores , estaba encuadrado en equipos de competición escolar, siendo los criterios de selección idénticos a los establecidos en los dos grupos anteriores, de tal forma, que en su nivel de competición o nivel de rendimiento deportivo eran los jugadores más destacados en cuanto a participación en el juego y efectividad en el lanzamiento. La talla media de estos jugadores es de 1,80 mts. ( $\pm 0,15$ ), un peso medio de 77,17 Kgms. ( $\pm 12,22$ ) y una edad media de 16,31 años ( $\pm 2,52$ ).

Descritas las características de los tres grupos de sujetos, hay que señalar que si bien es complejo cuantificar los diferentes niveles de rendimiento deportivo entre los jugadores de cada grupo, al menos entre grupos y dado los criterios de selección aplicados, como la especialización en el lanzamiento en suspensión en media distancia, aportaciones similares a sus respectivos equipos, porcentaje de aciertos en el lanzamiento y características morfofuncionales de los mismos, podemos considerarlos suficientemente diferenciados.

Por último, hay que indicar que de los lanzamientos efectuados, sólo se han utilizado en esta investigación los que finalizaron en canasta y lógicamente ajustados a las características del protocolo utilizado que se describe en el apartado del procedimiento.

### **2.3.- Diseño experimental.**

Siendo el diseño un elemento de suma relevancia dentro de la investigación científica, marcando la estrategia a seguir en la misma para obtener una correcta solución del problema planteado, permitiendo conseguir respuestas inequívocas a los objetivos propuestos en la investigación, se hace preciso describir y conocer el diseño utilizado.

Siguiendo a Pereda (1987), podemos definir el diseño como el conjunto de reglas a seguir para obtener observaciones sistemáticas no contaminadas sobre la posible relación entre variables, permitiéndonos comprobar si existen efectos sistemáticos de la variable independiente sobre la dependiente, controlando las

posibles variables contaminantes.

Dependiendo de la selección de grupos experimentales, aplicación de tratamientos, aplicación estadística, etc., que los investigadores realizan en función de los objetivos perseguidos en la investigación, se elegirá el diseño experimental adecuado que permita obtener una evaluación inequívoca de los efectos de la variable independiente sobre la dependiente.

Para la primera actuación de investigación y con el propósito de determinar el grado de automatización o consistencia temporal del gesto propuesto, se ha realizado un diseño intrasujeto de medidas repetidas, solucionando así la validez interna del estudio.

El análisis de los datos se ha realizado a través de un tratamiento estadístico descriptivo consistente en el análisis de medias y desviaciones típicas de los valores temporales relativos a cada una de las fases mencionadas anteriormente. Los sujetos analizados en esta actuación de investigación, fueron dos de cada grupo elegidos al azar.

Para la segunda actuación de investigación objeto de estudio de esta tesis doctoral, se ha utilizado un diseño multigrupo con una variable independiente que posee tres niveles o categorías diferentes (alto nivel, 1ª división nacional y escolares), y en donde se persigue ver la incidencia que cada uno de estos tres valores de la variable independiente (rendimiento deportivo), tiene en los factores biomecánicos que constituyen las variables dependientes descritas en el apartado 2.6

del lanzamiento a canasta en suspensión tras carrera previa con oposición y bloqueando el tipo de parada utilizada.

Todos los jugadores de los tres grupos experimentales son sometidos al mismo tratamiento experimental, es decir, lanzar a canasta en suspensión con oposición tras carrera previa con el mismo modelo de parada (alternativa).

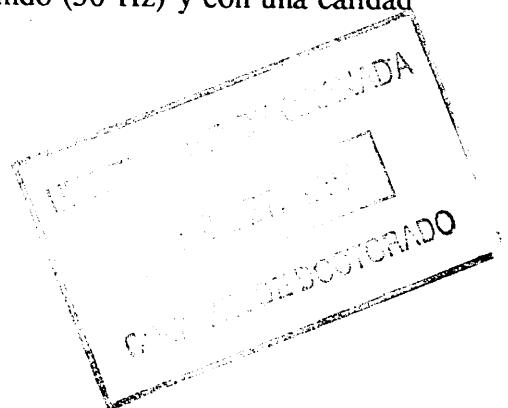
El tratamiento estadístico de los datos se ha realizado aplicando la estadística descriptiva con medias, desviaciones típicas y análisis inferencial, aplicando el análisis de varianza (ANOVA) entre los grupos experimentales para valorar los efectos de cada nivel o categoría de la variable independiente (nivel de rendimiento) sobre las variables dependientes.

#### **2.4.- Técnicas instrumentales y material usado.**

Se diferencian de forma clara dos tipos de técnicas instrumentales. Unas usadas para los registros (filmación, sistema de referencia y equipamiento deportivo) y las otras para el tratamiento de datos (digitalización; suavizado, interpolación y sincronizado; coordenadas espaciales y modelo humano mecánico de parámetros inerciales para la obtención de resultados).

##### **2.4.1.- Técnicas instrumentales de registro.**

**2.4.1.1.- Filmación.** Se han utilizado dos cámaras de video VHS marca Panasonic con una capacidad de 50 campos por segundo (50 Hz) y con una calidad



de imagen de 307.200 píxeles. El obturador se programó a 1500 lux y el ajuste de las ópticas de ambas cámaras es manual.

La ubicación de las dos cámaras se determinó en función de:

- Obtener el número máximo de puntos del sistema, jugador y balón y que el eje óptico de las cámaras no se viese interferido por trayectorias del balón, jugadores, etc.

- Conseguir para cumplir las recomendaciones de algunos autores (Aniel, 1994), un ángulo de 90° entre ambos ejes ópticos y siguiendo a Wood y Marshall (1986), una posición que haga posible el algoritmo que permite obtener las coordenadas espaciales mediante la técnica de transformación lineal directa (DLT).

No obstante, Yeadon (1990) indica que no son necesarias las medidas de campo y por tanto, las cámaras pueden ubicarse en cualquier lugar cuando se usa este sistema y se ha filmado el objeto de referencia antes o después de la filmación del gesto a analizar.

Durante este proceso y antes de la filmación, se ha cumplimentado una ficha por cada jugador con el fin de identificar y evitar errores posteriores respecto a su identificación y el tipo de lanzamiento que efectuaba.

**2.4.1.2.- Sistema de referencia.** El objeto de referencia utilizado para la obtención de las coordenadas tridimensionales, mediante el algoritmo de la transformación lineal directa (DLT), está compuesto por una serie de varillas, formando una estructura radial, similar a la planteada por Dapena (1978) y utilizada

por otros autores como Angulo y Dapena (1992), Yu et al. (1993), Gutiérrez et al., (1992) y Soto (1995). Esta estructura está compuesta por 13 varillas huecas de aluminio, que se insertan de forma radial en un poliedro central de acero macizo. El poliedro se inserta sobre un trípode que contiene un sistema de equilibrado basado en una burbuja de aire sobre una cámara de agua que permite posicionar verticalmente el objeto. Cada varilla posee una longitud de 1.25 m, teniendo insertadas dos o tres esferas de goma de 0.085 m de diámetro de colores rojo, amarillo y azul, distribuidas en intervalos proporcionales a la distancia de la varilla y al número de esferas. Las varillas son emplazadas en el poliedro central mediante un sistema de rosca, al igual que el poliedro sobre el trípode. El sistema radial contiene 34 esferas distribuidas dentro de un volumen esférico cuyo diámetro máximo es de 2.5 metros. En las figura 12 se muestran detalles del objeto de referencia.

La orientación del objeto control ha definido el sistema de referencia a partir del cual han sido reconstruidas las coordenadas 3D, en este caso, determinando el origen y la dirección de los ejes de coordenadas. En este sentido, tal y como se ha calibrado el sistema de referencia, se ha definido un sistema de referencias inercial, donde su eje longitudinal coincide en la dirección y sentido de la varilla 6. La calibración de este sistema ha sido realizado mediante una estación total topográfica Sokkisha Set 3C-G basada en rayo infrarrojo, cuya precisión en la medida de distancias es de  $3 \text{ mm} \pm 3 \text{ ppm}$  (partes por millón), y su precisión en la medida angular  $10''$ .

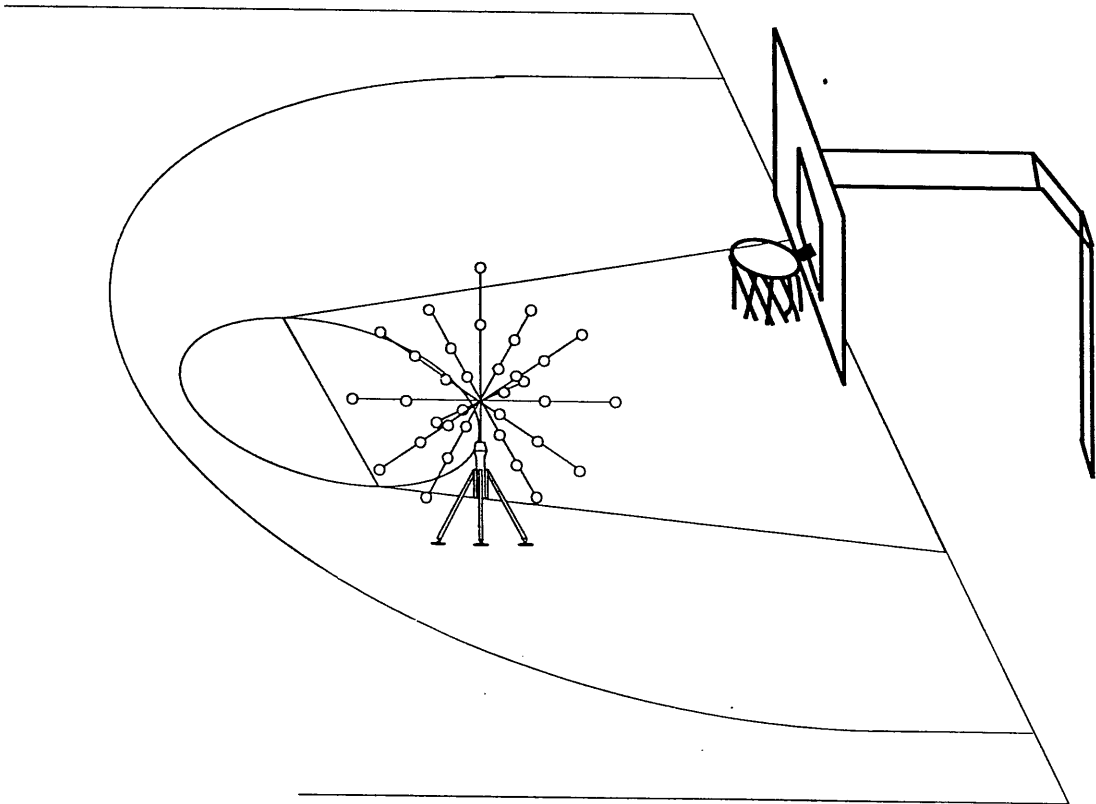
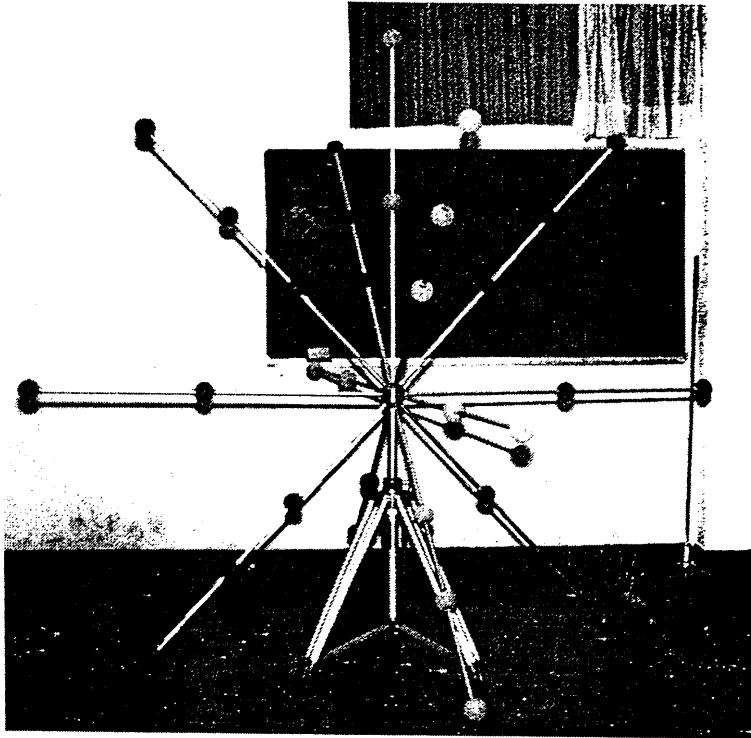
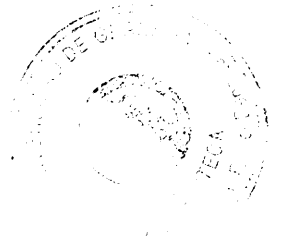


Figura 12. Sistema de referencia.

**2.4.1.3.- Material y equipamiento deportivo.** Se ha utilizado todo el material y equipamiento homologado por la Asociación de Clubes de Baloncesto (A.C.B.) tanto para el grupo de jugadores de la liga A.C.B. como para los otros grupos. Así, el balón utilizado era de la marca Molten, las canastas (tableros y aros) OLIMPEX, el suelo de parquet flotante sobre rastreles, e iluminación eléctrica cenital.

#### **2.4.2.- Técnicas instrumentales de captación y tratamiento de datos.**

**2.4.2.1.- Digitalización.** El proceso se ha iniciado con la fase de digitalización, fase mediante la cual han sido detectadas y almacenadas en el ordenador las coordenadas planas de los puntos que componen la estructura alámbrica del jugador y del sistema de referencia utilizado, tanto de la película correspondiente a la toma lateral como la frontal, mediante programa informático CIBORG desarrollado en la Facultad de Ciencias de la Actividad Física y del Deporte en el laboratorio de biomecánica (Gutiérrez et al., 1990; Soto, 1995).

La digitalización se ha desarrollado de forma manual, mediante un dispositivo interno que ha permitido gestionar la imagen dentro de una pantalla de 14" SVGA de un ordenador PC-486 DX2 66 Mhz, con 8 MB de RAM y 420 MB de disco duro, gracias a una tarjeta capturadora de señal del vídeo SVGA VIDEOBLASTER, simultaneándose la imagen del vídeo con un sistema lógico (CIBORG) que ha utilizado el ratón como marcador de los puntos digitalizados.



En el ámbito biomecánico y específicamente en la digitalización y computerización de datos, se pueden dar dos tipos de errores (Hatze, 1990) que en la presente tesis han sido controlados y minimizados como a continuación se indica:

a) **Errores sistemáticos en las medidas.** En el proceso de digitalización, el sistema manual permite variaciones en la localización de los marcadores corporales por parte de las diferentes personas, o incluso por una misma, que intervienen en el proceso. Por ello se ha digitalizado diez veces el objeto de referencia, comparando la media de las medidas digitalizadas entre los diferentes marcadores que conforman el objeto de referencia con las medidas reales entre dichos marcadores (Expresión 2).

(E-2)

$$E.S. = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{i=n} (D_i - R_i)^2}{n-1}}$$

donde E.S. es el error sistemático,  $D_i$ , el valor digitalizado,  $R_i$ , el valor real, y n, el número de puntos digitalizados.

El error sistemático hallado en los tres ejes de coordenadas ha sido el siguiente: Eje x = 0,005 m. Eje y = 0,004 m. Eje z = 0,002 m.

Dentro de este tipo de errores sistemáticos, nos encontramos con el generado en el proceso de computerización como consecuencia de los problemas de conversión (analógico a digital), por redondeo de valores numéricos decimales o por aproximaciones algorítmicas de cálculo del microprocesador.

b) **Errores aleatorios de medida.** Son errores que se suman a la señal, alejándose del rango de frecuencia considerado como normal. Estos, se minimizan mediante diferentes tipos de algoritmo (Soto, 1995). Este error aleatorio se ha calculado comparando las longitudes de los segmentos rígidos (brazos, antebrazos, muslos y piernas) en cada imagen con las longitudes de los mismos, calculadas con la totalidad de las imágenes y sin aplicar algoritmo alguno de suavizado de los puntos planos digitalizados. (Expresión 3)

(E-3)

$$E.A. = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (D_i - \bar{D})^2}{n-1}}$$

donde E. A. es el error aleatorio,  $D_i$ , el valor digitalizado,  $\bar{D}$ , el valor real, y n, el número de puntos digitalizados.

El error obtenido en cada uno de los segmentos fue : piernas=0.003 m, muslos=0.006, brazos=0.004 m y antebrazos=0.003 m.

La minimización de errores sistemáticos se ha controlado desde el principio del proceso, realizando un entrenamiento previo para identificar los puntos a digitalizar y siendo una sola persona la encargada de realizarlo, lo que permite aplicar un solo criterio y tras un entrenamiento previo.

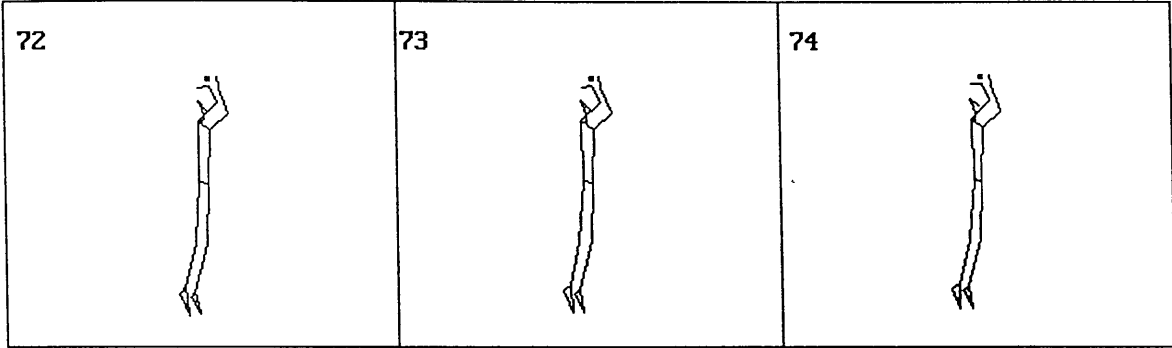
**2.4.2.2.- Suavizado, interpolación y sincronización de las dos filmaciones.** Como se ha indicado en el apartado anterior (digitalización), se han calculado una serie de errores humanos o derivados de la tecnología empleada que hacen necesario la utilización de un algoritmo que consiga minimizar y, si fuera posible, eliminar los errores asociados a las coordenadas (Soto 1995). En esta misma línea y siguiendo a Hatze (1990), el suavizado a través de funciones matemáticas sobre las trayectorias descritas por los puntos corporales tienen una triple utilidad : **a)** suavizar y minimizar errores de apreciación en la identificación de los puntos anatómicos, **b)** interpolación y **c)** la utilización de derivadas sobre dichas funciones, al objeto de conseguir los parámetros cinemáticos.

En la presente tesis y mediante la técnica de Splines de quinta potencia, desarrolladas por Wood y Jennings (1979) y adaptadas por Gutiérrez (1990) los datos han sido suavizados e interpolados en un intervalo de tiempo de 0.01 s.

La sincronización entre las dos cámaras se ha realizado posteriormente a las filmaciones, con la aplicación de metodologías indentificativas de imágenes comunes en ambas filmaciones (figura 13).

**2.4.2.3.- Obtención de las coordenadas tridimensionales.** Después de la digitalización y suavizado, utilizando las técnicas de transformación lineal directa (D.L.T.) desarrolladas por Abdel-Aziz y Karara (1971)

<CURSOR ARR/ABAJ> cambia de película. <CURSOR IZQ/DER> mueve la película.  
 <ENTER> sincroniza las 2 películas. <ESCAPE> cancela el trabajo.



NºFotogr,vista LATERAL= 109  
 NºFotogr,vista FRONTAL= 109

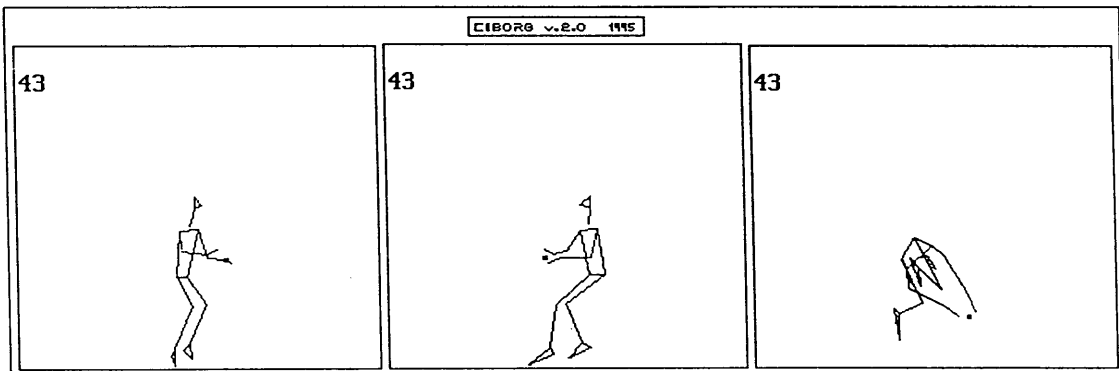
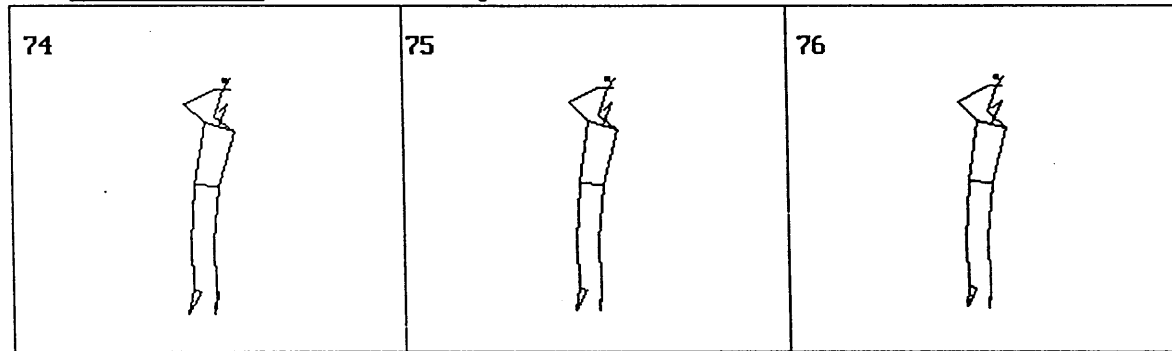


Figura 13. Representación gráfica del proceso de sincronización de las imágenes planas y del proceso de la transformación lineal directa.

adaptado al sistema de análisis utilizado por Tortosa (1987) y Gutiérrez (1990), se han obtenido las coordenadas espaciales en cada uno de los 23 puntos digitalizados con respecto al sistema de referencia inercial.

**2.4.2.4.- Modelo mecánico del cuerpo humano y obtención de resultados.** Obtenidas las coordenadas espaciales, por último, se han utilizado rutinas de cálculo incorporados en la estructura del sistema de análisis utilizado, descritos por Gutiérrez et al. (1990) y otras desarrolladas expresamente para esta investigación.

Con independencia de la selección de variables y el proceso de cálculo de cada una de ellas para la obtención de resultados que más adelante se detalla, en primer lugar se ha de definir el modelo mecánico del cuerpo humano utilizado en este trabajo. El modelo diseñado lo configuran 15 segmentos que requieren 23 puntos. Se han utilizado los parámetros inerciales de la tabla 3, descritas por De Leva (1996), utilizándose los segmentos y localizaciones del modelo del cuerpo humano de este autor.

Ahora bien, por las características del estudio, donde interviene el balón, que por tanto se analiza, éste se ha incluido en el modelo con una localización propia (centro geométrico).

La localización de los puntos concuerda con puntos internos de centros de rotación articulares más el del balón. Esta estructura de puntos da como resultado un modelo de 15 segmentos (tabla 4) y con representación gráfica en la figura 14.

**Tabla 3.** Parámetros inerciales aportados por de Leva (1996), adaptados de los datos de Zatsiorsky (1990), utilizando los datos antropométricos masculinos del ejército americano de los EEUU del año 1988 y los centros articulares de Chandler et al (1975).

SEGMENTO	MASA	CG	PUNTO PROXIMAL	PUNTO DISTAL
cabeza y cuello	6.94%	40.27%	gonion medio	vértex
tronco	43.46%	43.78%	supraesternale	cadera media
brazo	2.71%	49.81%	art.hombro	art.codo
antebrazo	1.62%	45.15%	art.codo	art.muñeca
mano	0.61%	78.72%	art.muñeca	3ºmetacarpiano
muslo	14.17%	42.41%	art.cadera	art.rodilla
pantorrilla	4.33%	45.54%	art.rodilla	art.tobillo
pie	1.37%	44.15%	talón	dedo I □
cabeza y cuello	6.94%	49.05%	mentón	vértex
tronco	43.46%	51.53%	cervicale	cadera media
antebrazo	1.62%	45.61%	art.codo	stylion
mano	0.61%	79,45%	stylion	3ºmetacarpiano
muslo	4.33%	44.88%	art.rodilla	maleolo lateral

**Tabla 4.** Puntos y segmentos utilizados para el modelado del jugador de baloncesto.

PUNTOS		SEGMENTOS	
1	punta del pie derecho	1	pie derecho
2	talón derecho	2	pierna derecha
3	tobillo derecho	3	muslo derecho
4	rodilla derecha	4	brazo derecho
5	cadera derecha	5	antebrazo derecho
6	hombro derecho	6	mano derecha
7	codo derecho	7	pie izquierdo
8	muñeca derecha	8	pierna izquierda
9	estiloides 3° dedo derecho	9	muslo izquierdo
10	punta del pie izquierdo	10	brazo izquierdo
11	talón izquierdo	11	antebrazo izquierdo
12	tobillo izquierdo	12	mano izquierda
13	rodilla izquierda	13	tronco
14	cadera izquierda	14	cabeza
15	hombro izquierdo	15	balón
16	codo izquierdo		
17	muñeca izquierda		
18	estiloides 3° dedo izquierdo		
19	supraesternale		
20	gonion medio		
21	vértex		
22	nariz		
23	balón		

**Tabla 4.** Puntos y segmentos utilizados para el modelado del jugador de baloncesto.

PUNTOS		SEGMENTOS	
1	punta del pie derecho	1	pie derecho
2	talón derecho	2	pierna derecha
3	tobillo derecho	3	muslo derecho
4	rodilla derecha	4	brazo derecho
5	cadera derecha	5	antebrazo derecho
6	hombro derecho	6	mano derecha
7	codo derecho	7	pie izquierdo
8	muñeca derecha	8	pierna izquierda
9	estiloides 3° dedo derecho	9	muslo izquierdo
10	punta del pie izquierdo	10	brazo izquierdo
11	talón izquierdo	11	antebrazo izquierdo
12	tobillo izquierdo	12	mano izquierda
13	rodilla izquierda	13	tronco
14	cadera izquierda	14	cabeza
15	hombro izquierdo	15	balón
16	codo izquierdo		
17	muñeca izquierda		
18	estiloides 3° dedo izquierdo		
19	supraesternale		
20	gonion medio		
21	vértex		
22	nariz		
23	balón		



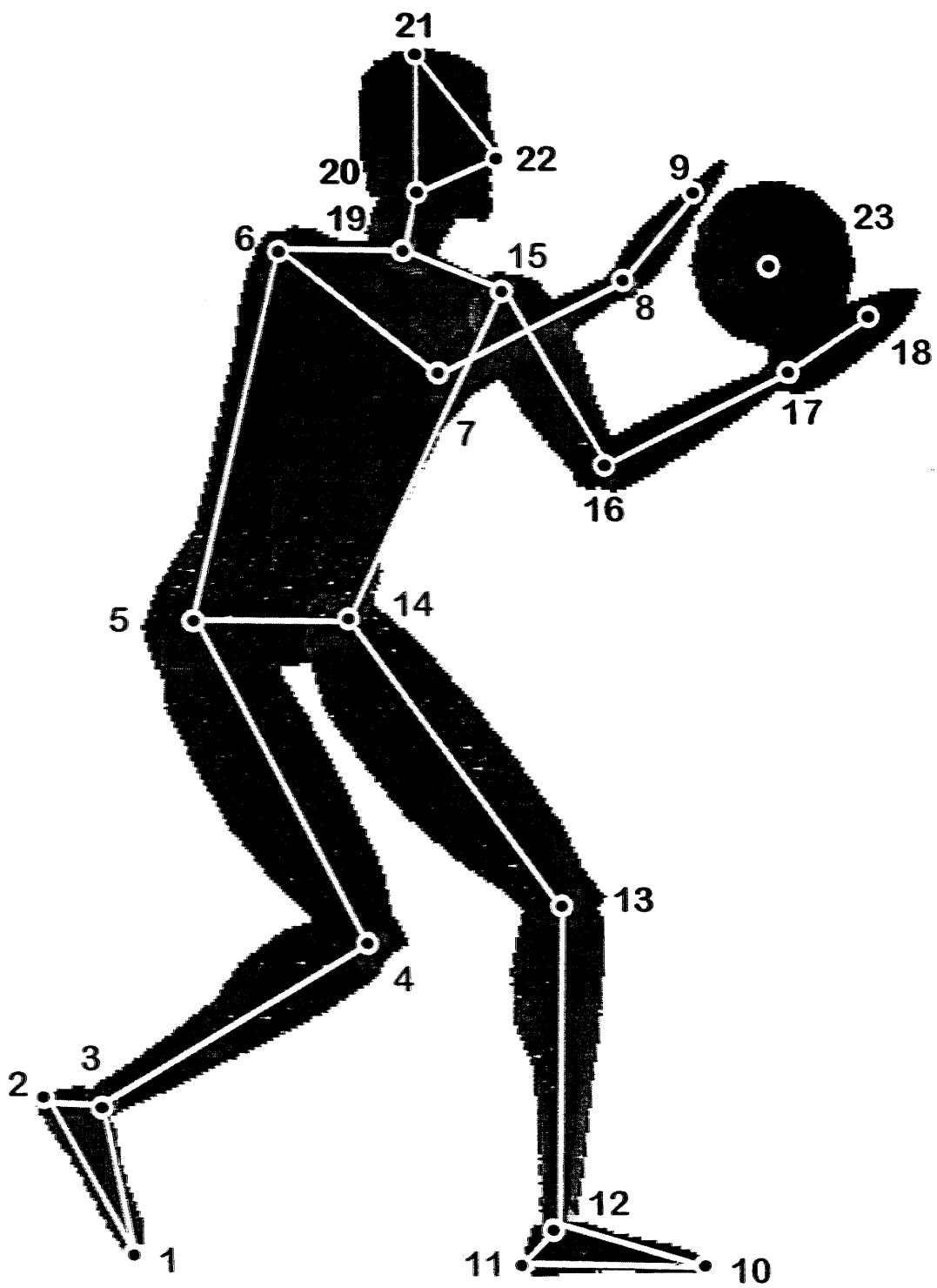
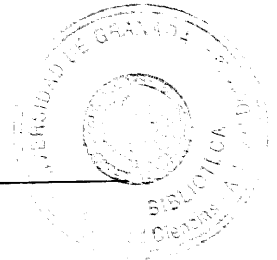


Figura 14. Representación gráfica del modelo mecánico del cuerpo humano y balón.



Definido el modelo mecánico del cuerpo humano utilizado y usando los datos descritos por De Leva (1996), se ha calculado el CG del jugador a partir de conocimientos del porcentaje del peso y el lugar donde se encuentra el CG de cada uno de los segmentos del modelo mecánico humano y, a continuación, con estos datos y las coordenadas de los puntos que definen cada segmento se determinan las coordenadas del CG de todo el modelo (Expresión 4).

(E-4)

$$CG_J = \sum_{i=1}^{i=14} \{Gp_i - K_i * (Gp_i - Gd_i)\} W_i$$

donde  $CG_J$  se corresponde con el Centro de gravedad del jugador,  $Gp_i$ , a las coordenadas de los centros articulares proximales de cada uno de los segmentos;  $Gd_i$ , las coordenadas de los centros articulares distales de cada segmento;  $K_i$ , las distancias en porcentajes, con respecto a la distancia total de cada segmento, entre el centro de gravedad y el punto proximal de cada segmento y  $W_i$ , el peso relativo de cada uno de los 14 segmentos corporales, expresado en porcentajes respecto al peso total.

Pero como hemos indicado anteriormente, la existencia del balón como complemento del modelo requiere el conocimiento del CG del sistema jugador con balón. Este cálculo se ha obtenido como se refleja en la expresión 5, a partir del conocimiento de las coordenadas del CG y la masa del jugador y del balón.

(E-5)

$$CG_s = \frac{(CG_j * G_j) + (C_b * G_b)}{G_j + G_b}$$

donde  $CG_s$  se corresponde con el centro de gravedad del sistema jugador con balón,  $CG_j$  y  $C_b$ , a las coordenadas del CG del jugador y balón, respectivamente y  $G_j$  y  $G_b$ , las masas del jugador y balón, respectivamente.

Para la representación gráfica de los datos y análisis estadístico, los valores de los mismos se han almacenado en un fichero ASCII desde el cual se han gestionado con el programa estadístico Statgraphics 7.0 y Excel 5.0.

## 2.5.-Procedimiento.

En primer lugar se realizó una presentación personal del proyecto de investigación ante los delegados y entrenadores responsables de los diferentes equipos de la liga ACB, de los equipos de primera división nacional y escolares que pretendíamos filmar, con el fin de obtener la autorización pertinente y poder llevar a cabo las filmaciones con los jugadores de estos equipos. Las filmaciones se realizaron en el Palacio de Deportes de Granada en condiciones expuestas anteriormente en el apartado de material e instrumental.

En las filmaciones se utilizaron dos cámaras de vídeo con alimentación eléctrica tomada de la instalación deportiva, una colocada a 10 mts de distancia del lugar de lanzamiento y con un ángulo de 45° respecto a la dirección teórica del lanzamiento, la otra cámara formando un ángulo de 90° respecto a la primera y a

igual distancia del lanzamiento (10 mts.) y  $45^\circ$  respecto a la dirección teórica del lanzamiento. Colocadas las dos cámaras en las posiciones descritas y antes de realizar las filmaciones con los jugadores, se procedió a filmar el objeto de referencia con un marcador de contraste para identificar cada núcleo en la filmación. El objeto de referencia fué orientado de tal forma que el eje X ha coincidido con la dirección del lanzamiento, el eje Z, perpendicular y horizontal a la dirección del lanzamiento y el eje Y perpendicular al plano del pavimento deportivo (figura 15). De igual forma y para asegurarnos que ninguna de las dos cámaras se había desplazado durante las filmaciones, una vez finalizadas la toma de datos, se procedió a filmar nuevamente el objeto de referencia.

A continuación, una sola persona procedió a la explicación del protocolo a utilizar en la filmación a todos los jugadores que iban a ser filmados, posteriormente se dieron 15 minutos de calentamiento para realizar estiramientos, lanzamientos en salto desde diferentes posiciones en el campo y por último lanzamientos en suspensión tras carrera previa desde la posición de lanzamiento con oposición.

Finalizado el calentamiento se ejecutó el protocolo, siendo éste similar al propuesto por Ripoll (1980) donde, partiendo de una posición estática en la zona central del campo (posición S, figura 16), el jugador se desplaza corriendo sobre una línea que, pasando por el vértice de la zona restringida del campo, forma  $45^\circ$  con la línea de fondo. Durante el desplazamiento, el jugador recibe el balón a 5,5 mts. del punto de partida, enviado por un jugador situado a 2 mts del lugar de lanzamiento (posición P). En el instante de recibir el balón, el jugador deberá

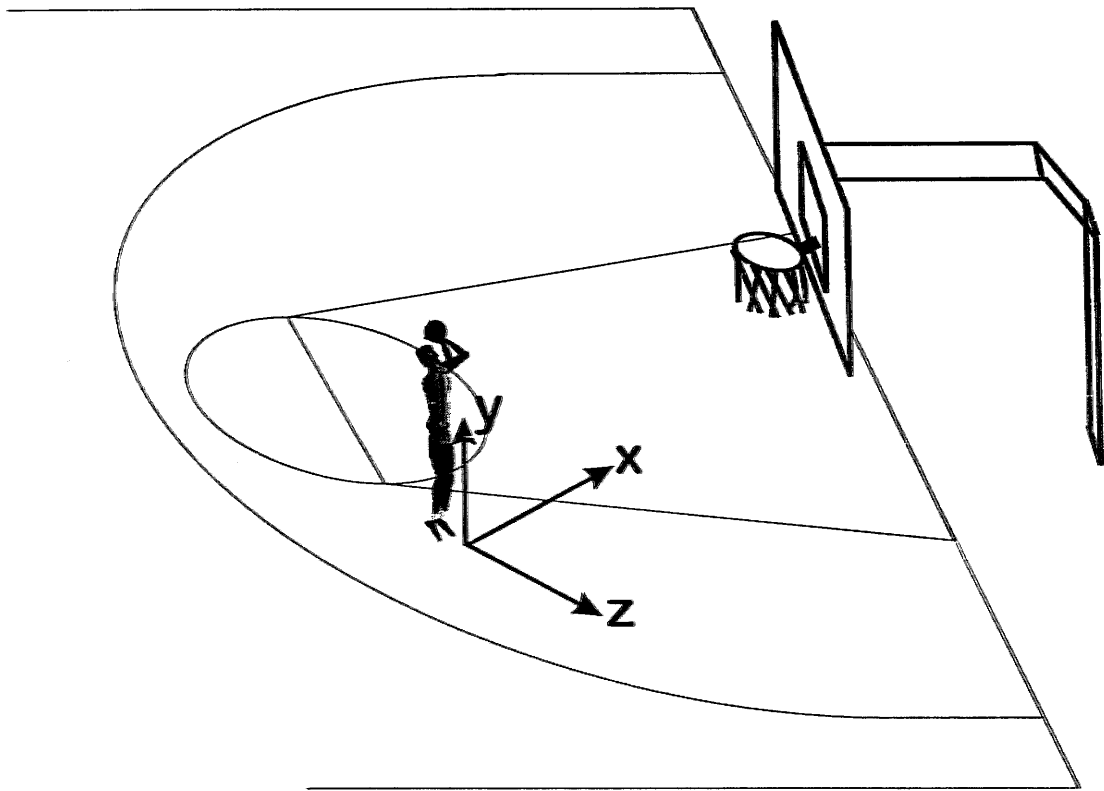


Figura 15. Representación gráfica de la orientación del sistema de referencia inercial utilizado.

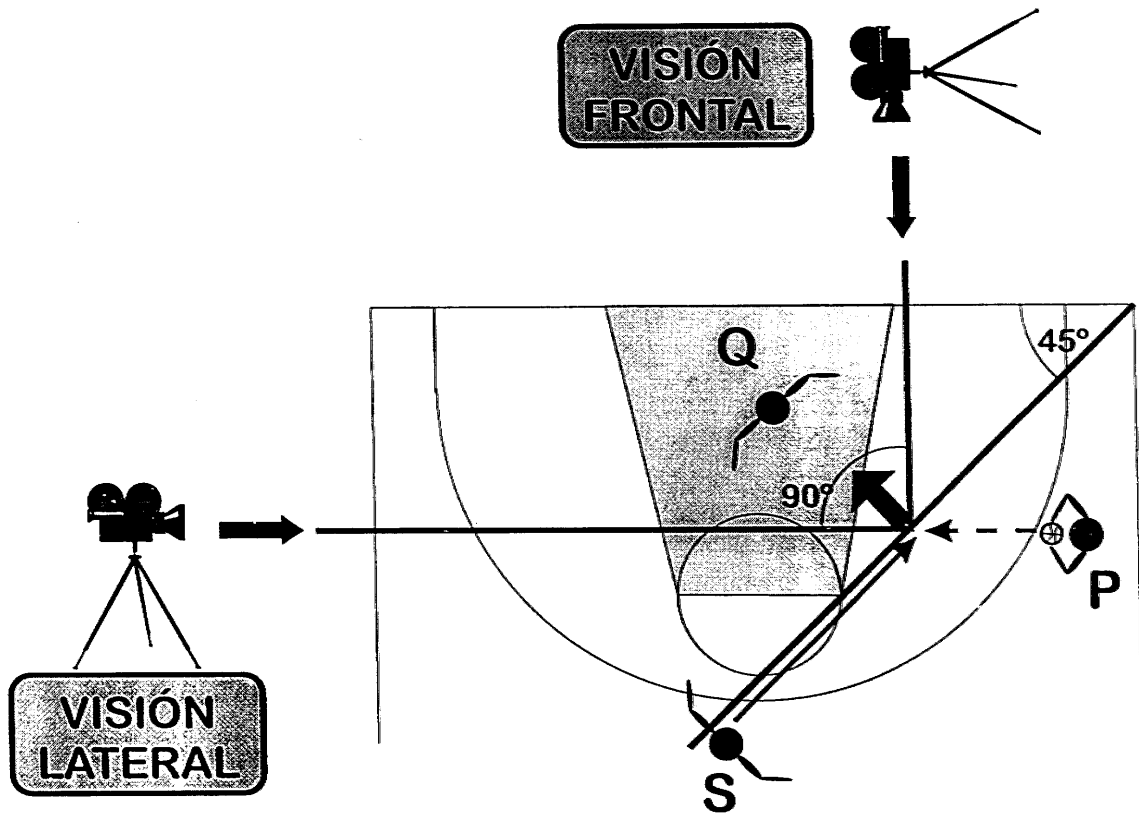


Figura 16. Esquema del protocolo ejecutado.

realizar un cambio de orientación y lanzamiento en suspensión. El defensor, con unas características antropométricas similares al lanzador, parte de la posición inicial Q iniciando la defensa a partir de que el balón salga de las manos del jugador que realiza el pase, intentando interferir la trayectoria del balón del lanzamiento.

Aún siguiendo lógicamente este protocolo, con el fin de no interferir en la ejecución del gesto, se dio libertad para realizar el tipo de parada que considerara más oportuno. En general, los jugadores optaron por dos tipos de parada, a) simultánea, en la que el jugador finaliza su carrera con apoyo simultáneo de los dos pies, y b) alternativa, donde el jugador al final de la carrera, toma contacto con un solo pie para saltar y posteriormente tomar contacto con el otro.

Los jugadores no recibieron información sobre conocimiento de los resultados en la ejecución y fueron filmados hasta conseguir diez encestes.

## 2.6. Selección, definición y cálculo de las variables dependientes

En base a lo expuesto en el apartado dedicado a la justificación de los factores que definen el gesto, las variables dependientes se han seleccionado en función de los criterios de eficacia que definen el lanzamiento a canasta.

Tras seleccionar las variables, el criterio de agrupamiento de las mismas lo hemos llevado a cabo siguiendo a Hudson (1985), mediante el cual se han tenido en cuenta dos tipos de variables: a) *variables de producto*, que determinan la

consecuencia final de lo que ha ocurrido durante el gesto y **b) variables de proceso**, consideradas como las causas más significativas que determinan la eficacia del gesto durante su ejecución:

**a) Variables de producto:**

Ángulo de salida del balón  
Velocidad de salida del balón  
Altura de salida del balón

**b) Variables de proceso:**

Temporales  
Relativas a las posiciones espaciales adoptadas  
Relativas a las velocidades desarrolladas  
Evolución de la energía cinética segmentaria

**2.6.1.- Variables de producto**

**2.6.1.1. Ángulo de salida del balón,  $\theta_{(\text{balón})}$ :**

Este ángulo se corresponde con el formado entre el plano del suelo y el vector posición del balón con respecto a la mano del jugador en el momento de salida del balón de la mano del jugador.



Para el cálculo del ángulo que define la trayectoria del balón en el espacio, se ha recurrido a las coordenadas espaciales que tiene el CG del balón en las cinco posiciones posteriores a su despegue de la mano del jugador, calculándose mediante producto escalar de dos vectores según la expresión 6. Una vez obtenidos los cinco ángulos consecutivos, se ha desechado el valor más alto y más bajo de los cinco ángulos, y se ha realizado la media entre los tres valores centrales.

(E-6)

$$R = \{(x_a - x_b), (y_a - y_b), (z_a - z_b)\}$$

$$Q = \{(x_a - x_b), (0), (z_a - z_b)\}$$

$$\cos \theta = \frac{R * Q}{|R| * |Q|}$$

donde R es el vector posición que define el punto proximal y distal, en cada posición consecutiva del balón después de salir de la mano del jugador, y Q, el vector posición correspondiente a la proyección del vector R sobre el plano transversal y  $(x_a, y_a, z_a)$  y  $(x_b, y_b, z_b)$  las coordenadas espaciales de los puntos que definen al vector R.

### 2.6.1.2. Velocidad de salida del balón, $V_{S(\text{balón})}$ :

El cálculo de la velocidad del balón en el momento de salida de la mano del jugador, al igual que el cálculo del resto de las velocidades, se ha realizado mediante la primera derivada de la función correspondiente a las posiciones x,y,z, de los segmentos que definen el sistema de estudio, dependientes del tiempo. Las funciones correspondientes se han obtenido mediante las técnicas de Splines elevados a la quinta potencia sin incorporar el proceso de suavizado.

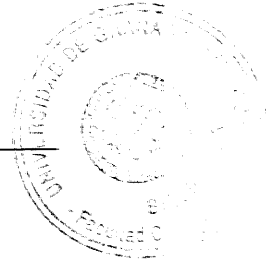
### 2.6.1.3. Altura de salida del balón

En el análisis de este criterio de eficacia, se han seleccionado dos factores biomecánicos:

La primera de las variables hace mención a la altura de salida del balón,  $H_{S(\text{balón})}$ : Altura correspondiente desde el centro geométrico del balón hasta la perpendicular del suelo, en el momento de salida de la mano. Esta variable también se ha obtenido en valor relativo con respecto a la altura del sujeto,  $\%H_{S(\text{balón})}$ ; normalizándose la altura de salida del balón en relación a la altura del sujeto.

Una segunda variable, relacionada con la altura de salida del balón, es el desplazamiento vertical del CG. Dicha variable se define como el desplazamiento vertical que realiza el CG durante el lanzamiento, desde el despegue de los pies del suelo hasta el momento de salida del balón,  $SCG_{(\text{balón})}$ . Esta variable también se ha obtenido de forma relativa respecto al desplazamiento máximo, o altura del vuelo,  $\%SCG_{(\text{balón})}$ , permitiéndonos conocer en que momento se ha producido la pérdida de contacto con el balón en relación al desplazamiento vertical del CG.

El cálculo de la altura de salida del balón ( $H_{S(\text{balón})}$ ) se ha realizado mediante la sustracción de la coordenada Y del balón en el instante de salida de la mano del jugador, y el segundo valor mínimo de la coordenada y del pie, ya que el primer valor mínimo podría haberse obtenido por una digitalización incorrecta; en cualquier caso la diferencia hallada entre el primer y el segundo valor mínimo ha podido considerarse despreciable. La normalización de la altura de salida del balón con respecto a la altura del sujeto, ( $\%H_{S(\text{balón})}$ ), se ha obtenido dividiendo la altura



de salida del balón entre la altura del sujeto.

La variable  $SCG_{(balón)}$ , se ha calculado restando la coordenada  $y$  del CG en el momento de salida del balón con la misma coordenada en el instante de despegue de los pies del suelo, mientras que la expresión relativa,  $\%SCG_{(balón)}$ , analiza la relación existente entre la altura máxima del salto y la altura del CG en la salida del balón, mediante la división de la altura del CG en la salida del balón por la altura máxima alcanzada por el CG

El cálculo de estas variables se ha fundamentado en el proceso de cálculo de la distancia entre dos puntos, realizado teniendo en cuenta las coordenadas  $x, y, z$  de ambos puntos según la expresión 7.

(E-7)

$$A = \{x_a, y_a, z_a\}$$

$$B = \{x_b, y_b, z_b\}$$

$$D_{(a,b)} = \sqrt{(xb-xa)^2 + (yb-ya)^2 + (zb-za)^2}$$

donde  $D_{(a,b)}$  es la distancia entre dos puntos, A y B son dos puntos conocidos y  $x_a, y_a, z_a$  y  $x_b, y_b, z_b$  son las coordenadas espaciales que definen ambos puntos.

En la figura 17 se representan las variables de producto seleccionadas.

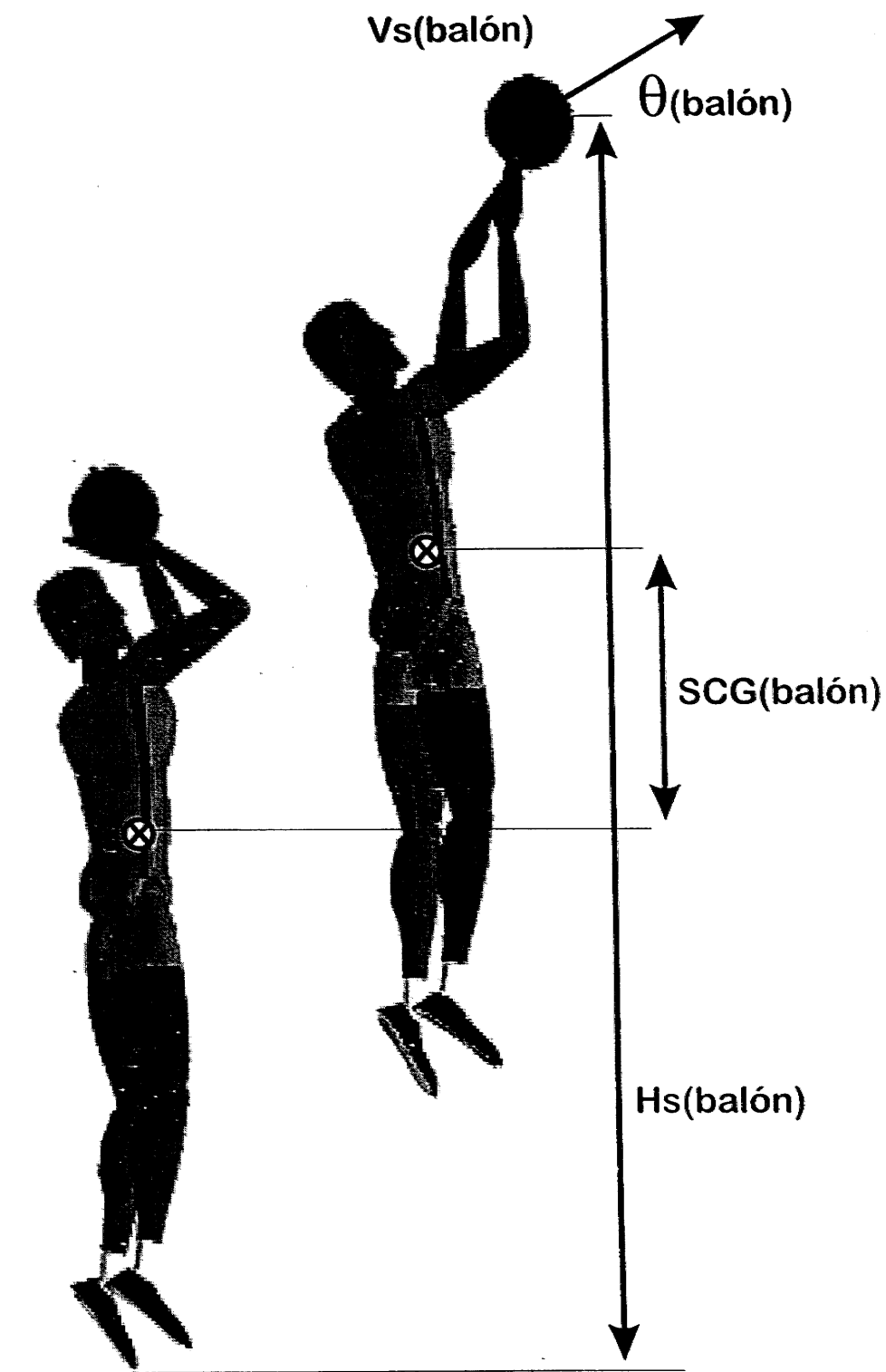


Figura 17. Representación gráfica de las variables de producto.

## 2.6.2.- Variables de proceso

### 2.6.2.1.- Variables temporales

El proceso de obtención de las variables temporales se ha realizado teniendo en cuenta las posiciones espaciales adoptadas por el jugador y el balón en el transcurso de la ejecución del lanzamiento. Las posiciones espaciales que han determinado las fases del gesto han sido las siguientes:

- $T_1$ : Se corresponde con el instante de recepción del balón.
- $T_2$ : Momento de contacto de uno o ambos pies con el suelo para saltar.
- $T_3$ : Instante en que el balón alcanza la mínima cota vertical.
- $T_4$ : Instante en que el CG del sistema jugador y balón alcanza el valor mínimo de su cota vertical.
- $T_5$ : Momento en el que el jugador despega ambos pies del suelo.
- $T_6$ : Momento en que el balón abandona las manos del jugador.

A partir de estas posiciones espaciales se ha procedido a registrar la duración de cada una de las fases que determinan el gesto con el propósito de valorar la estructura y consistencia temporal obtenida por los sujetos. Para ello se han seleccionado las siguientes seis variables:

- Tiempo de carrera,  $T_{(1-2)}$ .
- Tiempo de descenso del balón,  $T_{(1-3)}$ .
- Tiempo de impulso de frenado,  $T_{(2-4)}$ .

-Tiempo de impulso de aceleración,  $T_{(4-15)}$ .

-Tiempo de vuelo,  $T_{(15-16)}$ .

-Tiempo total,  $T_{(11-16)}$ .

El proceso de cálculo de estas variables se ha realizado a través de la imagen tridimensional, visionando paralelamente las coordenadas y, del balón y del CG del sistema jugador y balón, teniendo en cuenta que se han registrado las imágenes con una frecuencia de 50 Hz, y que posteriormente han sido interpoladas a 100 Hz.

En la Figura 18 se representan gráficamente las posiciones espaciales que determinan las fases que definen el lanzamiento.

#### **2.6.2.2.- Variables relativas a posiciones espaciales adoptadas por el jugador.**

La valoración de las posiciones espaciales adoptadas, se ha referido al análisis del sistema jugador más balón, y a las posiciones segmentarias desarrolladas por el jugador. En cuanto al análisis de las posiciones adoptadas por el CG del sistema jugador más balón, se han seleccionado las siguientes cinco variables:

a) En la primera de ellas se analiza el ángulo de salida del CG en el momento del despegue de los pies del suelo, ( $\theta_{CG (6)}$ ). Las tres siguientes valoran las posiciones adoptadas por el CG con respecto al centro geométrico de la base de sustentación (punto medio de la recta que une los puntos medios de las distancias entre ambos talones y puntas de los pies):

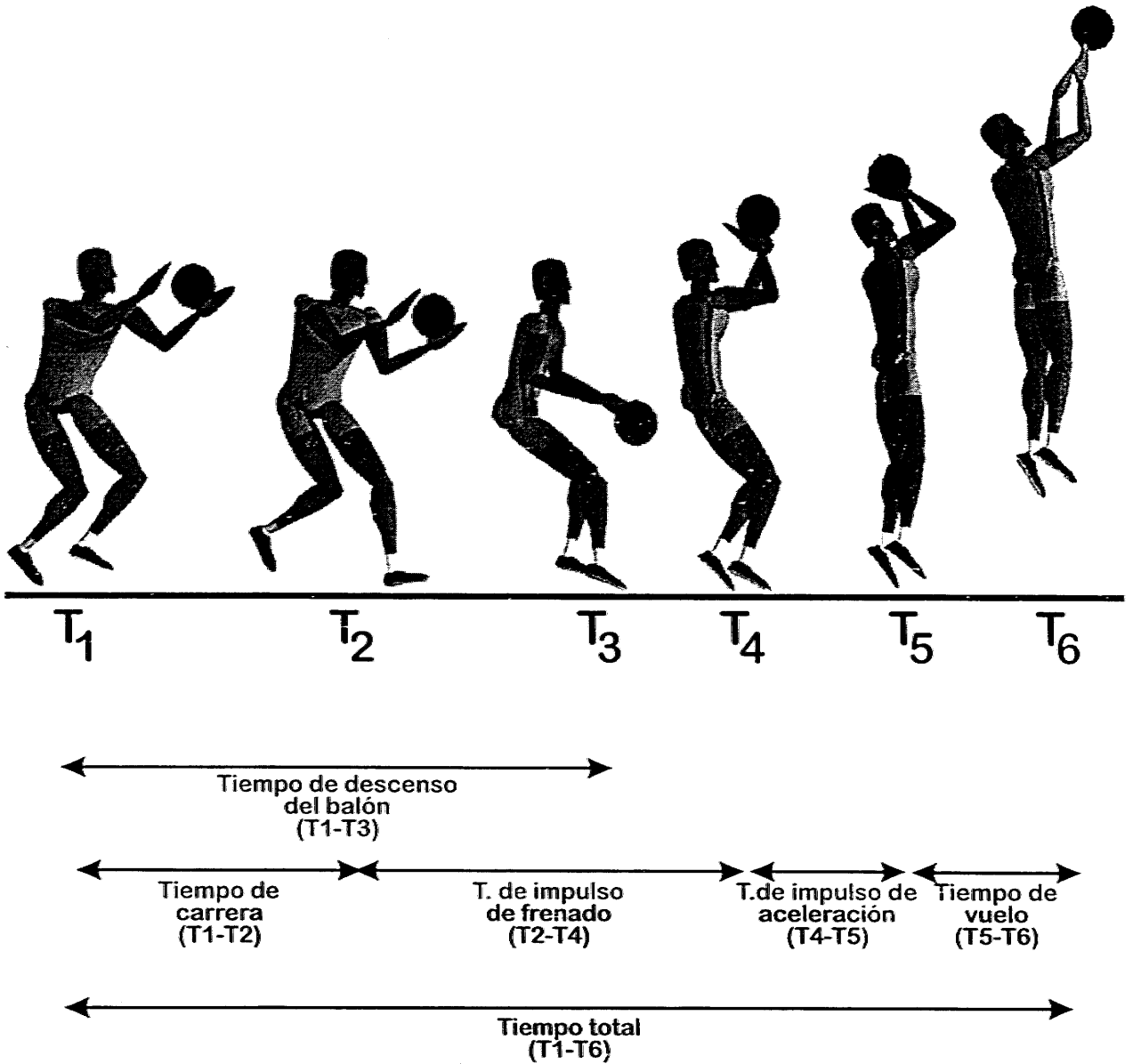
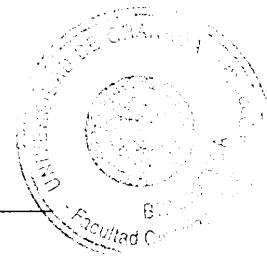


Figura 18. Representación gráfica de las posiciones espaciales que determinan las fases del gesto.



b) Distancia comprendida entre la proyección del CG y el centro de la base de sustentación cuando se alcanza la mínima altura vertical del CG; **DCG-cb.**<sup>(14)</sup>

c) Distancia comprendida entre la proyección del CG y el centro de la base de sustentación en el despegue de los pies del suelo; **DCG-cb.**<sup>(15)</sup>

d) Distancia comprendida entre la proyección del CG y el centro de la base de sustentación en el momento de salida del balón; **DCG-cb.**<sup>(16)</sup>

e) La quinta variable relativa a la posición adoptada por el CG, se refiere al desplazamiento horizontal del CG, desde el instante del despegue de los pies del suelo hasta la salida del balón de las manos del jugador, **DCG.**<sup>(15-16)</sup>

Entre las relacionadas con las posiciones segmentarias adoptadas por el jugador en las distintas fases del gesto, se han seleccionado ocho variables:

a) Ángulo de la rodilla y del codo en la mínima cota vertical del CG, ( $\theta$  **rodilla**)<sup>(14)</sup>.

b) Angulo del codo en la mínima cota vertical del CG ( $\theta$  **codo**)<sup>(14)</sup>.

c) Distancia balón-vértex en el despegue, **Balón-vértex**<sup>(15)</sup>, indica la distancia del balón en el momento del despegue con respecto al cuerpo.

d) Desplazamiento vertical del balón, **Sy<sub>(balón)</sub>**, definido por la diferencia



entre altura del lanzamiento y mínima cota alcanzada por el balón, y relativizándolo con respecto a la altura del sujeto,  $\%S_{y(\text{balón})}$ .

En el momento de salida del balón, se han seleccionado las siguientes variables:

e) Ángulo de inclinación del tronco,  $\theta$  **tronco** <sup>(6)</sup>, formado por la línea que une los puntos medios entre ambos hombros y ambas caderas y el plano del suelo (Miller y Bartlett, 1996).

f) Ángulo de flexión del hombro ejecutor,  $\theta$  **hombro** <sup>(6)</sup>, formado por la línea que une la articulación del hombro y el codo y la línea del tronco.

g) Ángulo del codo en la salida del balón,  $\theta$  **codo** <sup>(6)</sup>, correspondiéndose con el ángulo formado por las líneas que unen los centros articulares de la muñeca, el codo y el hombro.

Tras la salida del balón se han registrado:

h) Ángulo del codo 0.04s tras la salida del balón de la mano,  $\theta$  **codo** <sup>(7)</sup>.

El cálculo del ángulo correspondiente a cualquier centro articular definido

por la posición de sus dos segmentos en el espacio se ha desarrollado mediante la definición de sus respectivos vectores de dirección. El cálculo de los citados vectores se realiza a partir de las coordenadas espaciales de los puntos que definen a cada uno de los dos segmentos y partiendo del vector posición de cada segmento. A partir de ahí, ha sido posible calcular el coseno del ángulo que determina su intersección mediante producto escalar de dos vectores, según se indica en la expresión 8.

(E-8)

$$R = \{(x_{d1}-x_p), (y_{d1}-y_p), (z_{d1}-z_p)\}$$

$$Q = \{(x_{d2}-x_p), (y_{d2}-y_p), (z_{d2}-z_p)\}$$

$$\cos \theta = \frac{R * Q}{|R| * |Q|}$$

donde R y Q son los vectores posición de cada uno de los segmentos,  $x_{d1}$ ,  $y_{d1}$ ,  $z_{d1}$  y  $x_{d2}$ ,  $y_{d2}$ ,  $z_{d2}$  las coordenadas de los centros articulares contiguos y  $x_p$ ,  $y_p$ ,  $z_p$  las coordenadas del centro articular que ha sido objeto de estudio.

En la figura 19 se representan las variables relativas a las posiciones espaciales adoptadas por el sistema jugador y balón durante el lanzamiento.

### 2.6.2.3.- Variables relativas a las velocidades desarrolladas

Se han seleccionado ocho variables relativas a las velocidades con el propósito de deducir la estabilidad durante las distintas fases del lanzamiento:

a, b y c) Las tres primeras hacen mención a la velocidad del CG del jugador; concretamente, a la velocidad del CG en el plano transversal del sistema

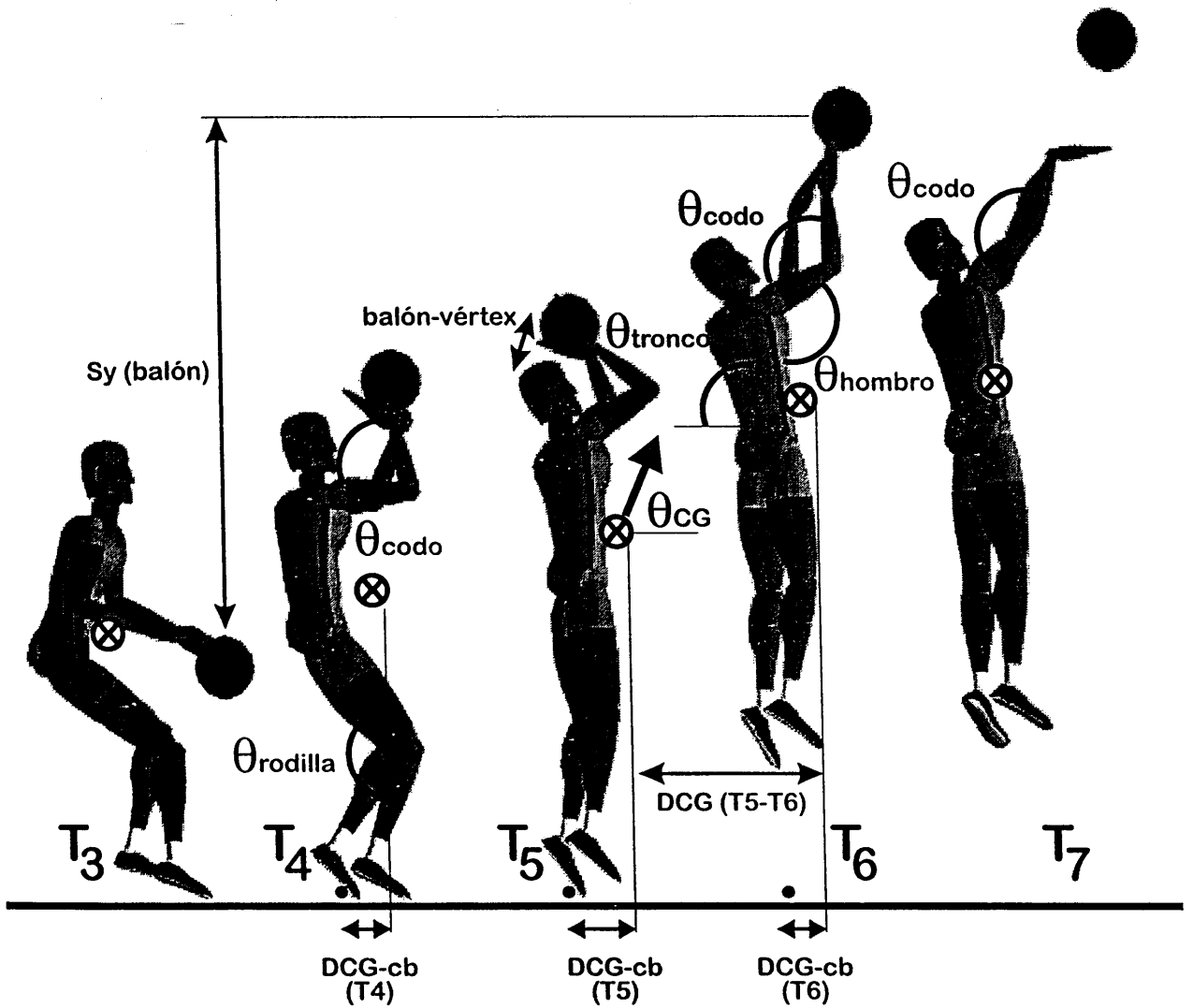


Figura 19. Representación gráfica de las variables relativas a las posiciones espaciales adoptadas por el sistema jugador y balón.

de referencias inercial en los instantes de recibir el balón, en el despegue del suelo, y en el momento de salida del balón ( $V_{x,z(t1)}$ , -  $V_{x,z(t5)}$  y -  $V_{x,z(t6)}$  respectivamente).

d)  $V_{\text{balón}}_{(13-14)}$ : Velocidad media del desplazamiento vertical del balón desde la mínima cota del balón, hasta el comienzo del impulso de aceleración.

e) Velocidad angular de la muñeca en el momento de salida del balón ( $\omega_{\text{muñeca}}_{(16)}$ ).

Como hemos comentado anteriormente, el cálculo de las velocidades lineales se ha realizado mediante la primera derivada de la función de las posiciones espaciales dependientes del tiempo, obteniendo la función mediante el algoritmo de splines elevados a la quinta potencia; mientras que el cálculo de la velocidad angular se ha utilizado la primera derivada de la función correspondiente al desplazamiento angular con respecto al tiempo.

En la figura 20 se representan gráficamente las variables relativas a las velocidades desarrolladas.

#### 2.6.2.4.- Variable relativa a la evolución de la energía cinética y velocidad angular segmentaria

La valoración de la cadena cinética del lanzamiento en salto, es uno de los objetivos prioritarios de este estudio, tomando como medio de análisis, la

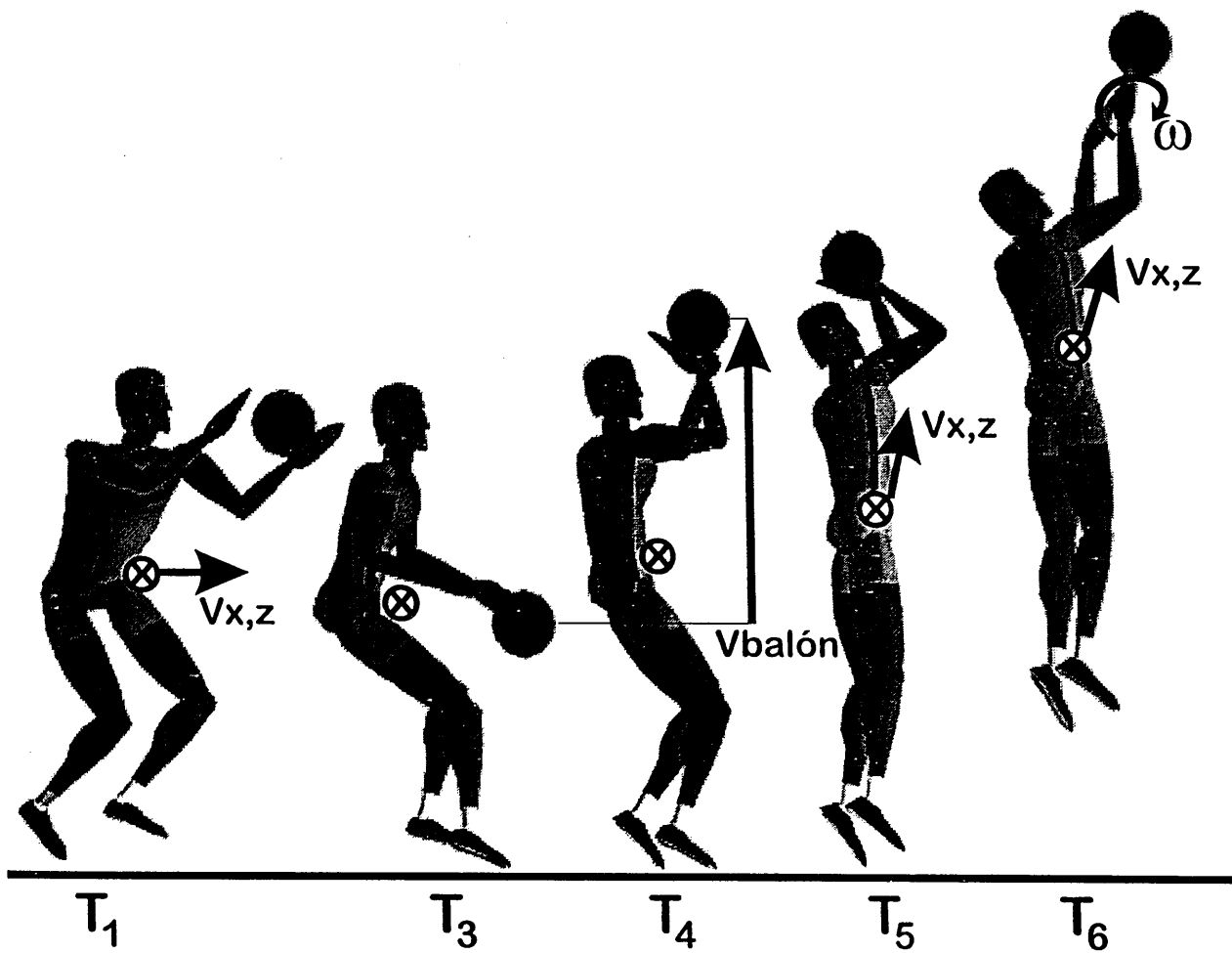


Figura 20. Representación gráfica de las variables relativas a las velocidades desarrolladas.

evolución de la energía cinética y velocidad angular segmentaria en el transcurso del lanzamiento. A través de este análisis, hemos podido determinar el comienzo, el final y las características del desplazamiento de cada segmento implicado en este gesto técnico.

Una vez conocida la participación segmentaria en el lanzamiento, hemos podido determinar el tipo de cadena cinética que utilizan los jugadores, para las condiciones que requiere este tipo de lanzamiento, concretando el grado de participación secuencial de cada articulación en una cadena cinética de tipo secuencial, o por el contrario la acción simultánea de los diferentes segmentos en una cadena cinética de empuje, valorando la resolución, por un lado, del compromiso planteado en la introducción entre el desarrollo de una gran velocidad de salida del balón y la precisión que requiere, y por otro lado la interacción entre las extremidades inferiores, tronco y extremidades superiores en el desplazamiento del balón.

Así mismo, este análisis nos ha permitido conocer las características de la cadena cinética desarrollada por los jugadores, verificando las diferencias entre los sujetos experimentales en las características de dicha cadena, obteniéndose un modelo normalizado del desarrollo de la cadena cinética del lanzamiento a canasta.

El proceso de cálculo de la velocidad angular se ha desarrollado mediante la primera derivada de la función correspondiente al desplazamiento angular con respecto al tiempo. En segundo lugar el cálculo de la energía cinética segmentaria ha perseguido un objetivo doble:

- 1º) El desarrollo de un modelo teórico de la energía cinética del cuerpo humano que tenga en cuenta las técnicas experimentales disponibles y los objetivos del trabajo.
- 2º) Aplicación al estudio de la cadena cinética del lanzamiento en salto tras carrera previa en baloncesto.

El modelo humano diseñado para el análisis de la energía cinética se corresponde con un modelo alámbrico formado por 14 segmentos, y un implemento, en este caso un balón, considerado como una esfera, definidos estos segmentos por 23 puntos (figura 21) y utilizándose los parámetros inerciales aportados por de Leva (1996), (tabla 3). Se basa en el modelo general de barras rígidas articuladas entre sí, entendiéndose como barras rígidas a un sistema de partículas tal que la distancia entre dos partículas, cualesquiera de ellas, permanece invariable, independientemente de la magnitud de las fuerzas de cualquier tipo que actúen sobre el cuerpo. Por consiguiente, la hipótesis de trabajo parte de que la energía debida a las deformaciones provocadas por el movimiento del segmento es despreciable, frente a la energía cinética derivada del movimiento en sí.

Aunque no ha sido calculado experimentalmente, el hecho de considerar los segmentos del sujeto como barras rígidas, se debe a que por la simple observación, puede considerarse que la energía cinética desarrollada en el eje longitudinal de cada segmento es mínima en la ejecución del gesto técnico objeto de estudio, en relación a su energía cinética desarrollada sobre sus ejes transversal y antero-posterior.

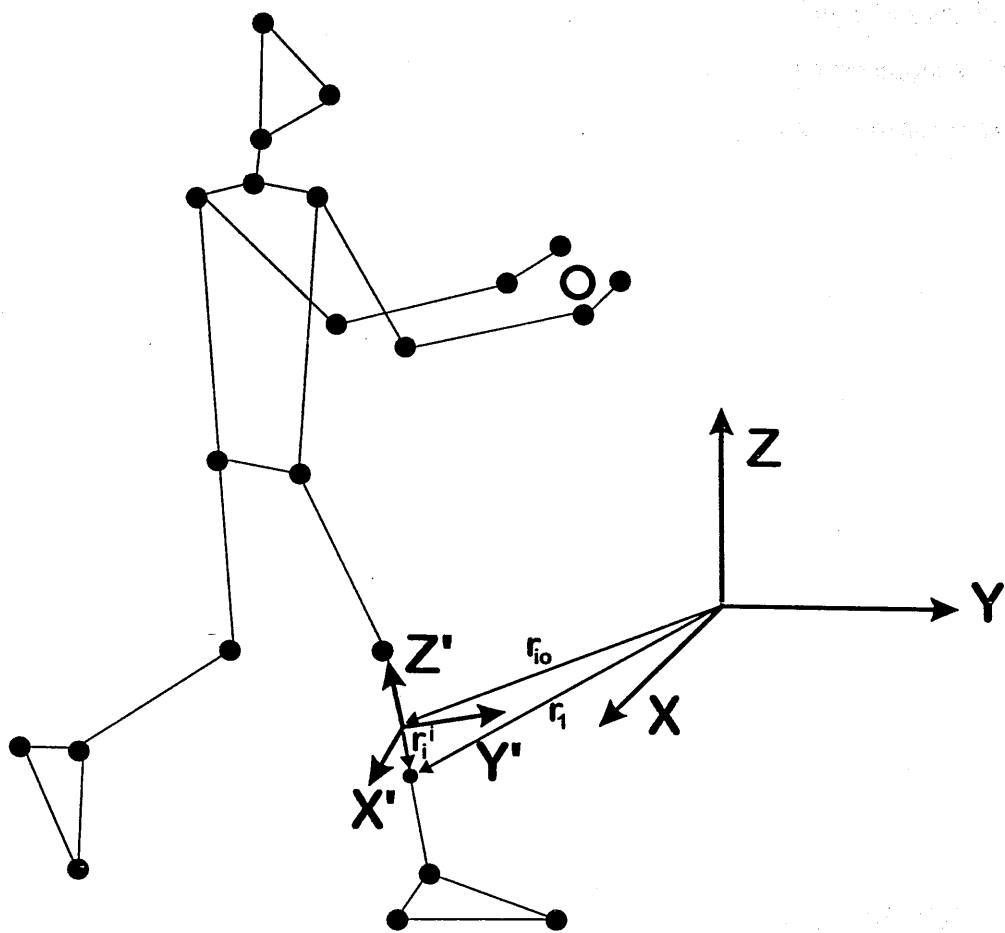


Figura 21. Modelo del cuerpo humano utilizado, y definición del sistema de referencia inercial  $(x,y,z)$  y del sistema de referencia no inercial  $(x',y',z')$ .



En el análisis del movimiento del sólido rígido, partimos de la consideración de que se trata de la superposición de dos movimientos independientes: una traslación de algún punto arbitrario del sólido y una rotación del sólido alrededor de dicho punto. Esto es conocido en mecánica clásica como el Teorema de Chasles. En nuestro estudio, el punto elegido es el centro de masa, permitiéndonos la descomposición del movimiento, (traslación y rotación), separar tanto el momento angular, como la energía cinética, en dos partes relacionadas con el movimiento del centro de masa y con el movimiento del cuerpo respecto a su centro de masa. El centro de masa se traslada como si la resultante de la fuerza externa estuviera aplicada sobre él y como si toda la masa del sólido estuviera concentrada en su centro.

El análisis del movimiento del sólido rígido hemos utilizado dos sistemas de referencia; uno será un sistema de coordenadas de referencia inercial (SRI), que designaremos por  $X, Y, Z$ , mientras que el segundo se corresponde con un sistema de referencia ligado a cada segmento corporal y que será, por consiguiente, un sistema de referencia no inercial, o sistema de referencia local (SRL), y lo designaremos por  $X', Y', Z'$ .

La configuración del sólido rígido queda especificada proporcionando las coordenadas del origen del SRL respecto al SRI y la orientación del SRL respecto al SRI. La orientación del SRL se comprende si se traslada el SRL al origen del SRI, manteniendo la dirección y sentido de sus ejes, determinándose la diferencia entre los dos sistemas de referencia, obteniéndose la orientación mediante el concepto de rotación respecto a un eje, siendo la manera más habitual de dar la

orientación a través de tres ángulos, que son los giros de los vectores unitarios de la base del sistema SRL con respecto al SRI, (figura 21).

La mayor parte de las referencias encontradas en la bibliografía (Huston, 1971; Passarello, 1971; Kinzel, 1972; Kane, 1970; Miller, 1980; Ramey, 1981; Yeadon, 1990; Navarro, 1994), utilizan un modelo del cuerpo humano, en el cual cada uno de los miembros del mismo es definido en el espacio, mediante un sistema de referencia local en cada uno de los segmentos, (figura 22).

Una vez determinado el modelo mecánico y el origen del sistema de referencia local de cada segmento, el desarrollo del proceso de cálculo del análisis de la energía cinética de cada segmento del jugador, se ha realizado en las siguientes fases:

- 1º) Cálculo de los parámetros inerciales segmentarios de cada jugador, partiendo de la masa del sujeto y atendiendo a los datos aportados por de Leva (1996), hemos obtenido la masa de cada uno de los segmentos y la localización del centro de gravedad segmentario, según la expresión 9.

(E-9)

$$r_{cg} = r_p + \frac{c}{100} (r_p - r_d)$$

donde  $r_{cg}$  es la localización del centro de gravedad segmentario,  $r_p$ ,  $r_d$  son las localizaciones de las articulaciones proximal y distal respectivamente, y  $c$ , es el porcentaje respecto a la longitud del segmento de la localización del CG.

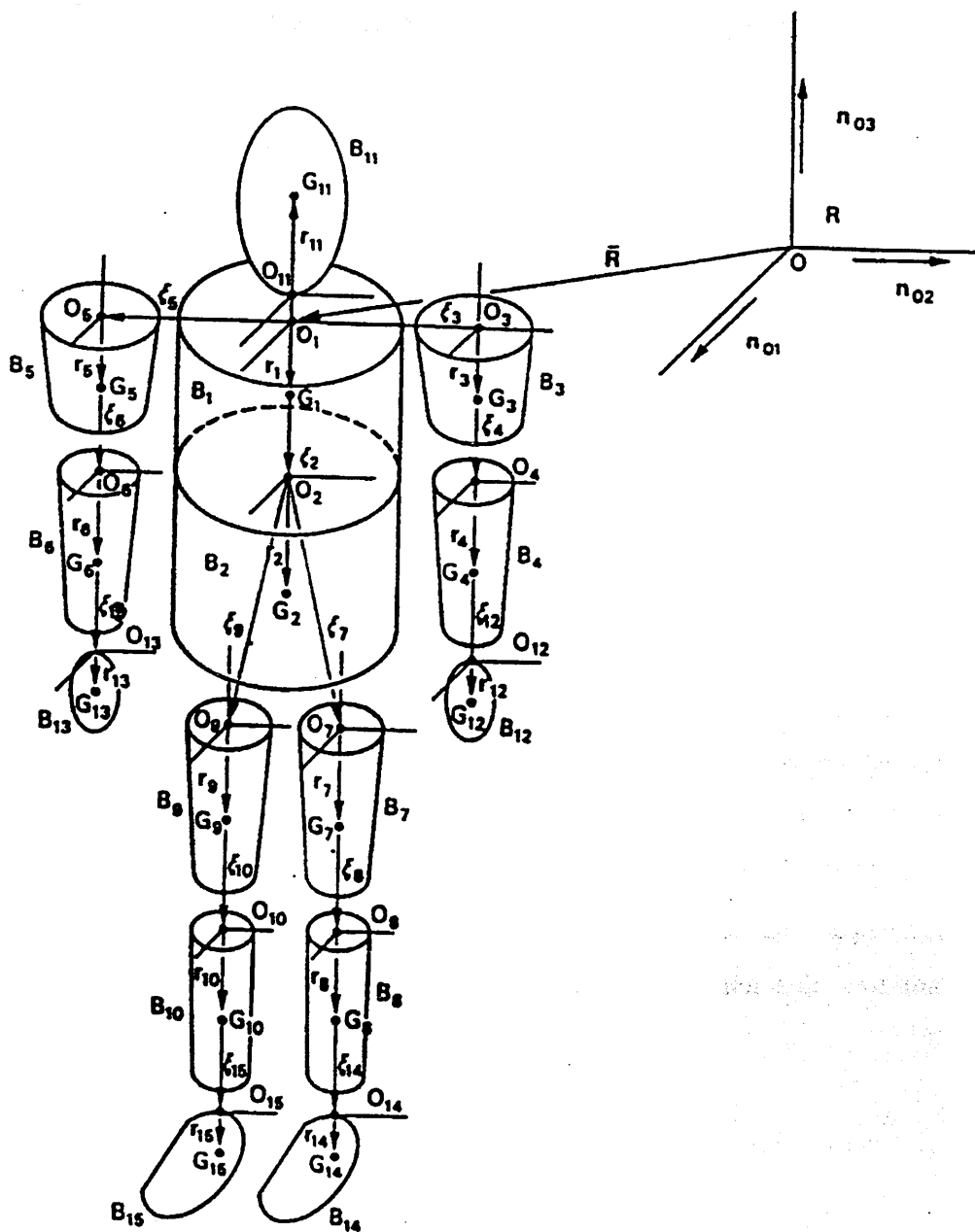


Figura 22. Modelo de cuerpo humano (adaptado de Huston, 1971).

Los momentos de inercia principales de cada miembro los hemos obtenido a través de un proceso doble; por un lado partiendo del momento de inercia de una barra rígida (expresión 10), con dicha expresión hemos calculado de forma teórica el momento de inercia segmentario, puesto que se conocen las masas segmentarias, y las longitudes las hemos obtenido mediante el promedio de la distancia entre los dos puntos que definen cada barra del modelo teórico del cuerpo humano con la información de todas las digitalizaciones que componen el movimiento del lanzamiento a canasta.

(E-10)

$$I_b = \frac{1}{12} m_b l_b^2$$

donde  $I_b$  es el momento de inercia de la barra, y  $m_b$  y  $l_b$  su masa y longitud respectivamente.

Por otro lado, se pueden también aproximar los momentos de inercia de cada uno de los miembros utilizando los estudios realizados por Dapena (1978) y Navarro (1994), en los cuales a través de la expresión 11 se adaptan los momentos de inercia de la muestra de Whitsett (1963) a las características antropométricas de los sujetos de estudio. En ambos procesos las diferencias obtenidas en los momentos de inercia han sido mínimas, utilizando finalmente el primer proceso.

(E-11)

$$I_b = I_w \frac{m^* \cdot s^{*2}}{m_w \cdot s_w^2}$$

donde  $I_b$  es el momento de inercia de la barra,  $I_w$  el momento de inercia según Whitsett,  $m_w$  y  $s_w$  la masa y estatura promedio de la muestra de Whitsett (hombres del ejército americano con 74.2 de masa y 1.75 m de estatura), y  $m^*$  y  $s^*$  la masa y estatura del sujeto de estudio.

- 2º) En esta segunda fase, es necesario calcular el sistema de referencia local (SRL) para cada uno de los segmentos. El origen del sistema se sitúa en el centro de gravedad segmentario. Para la determinación de los vectores unitarios existen en principio infinitas bases posibles, aunque todas ellas conllevan la misma solución de la energía cinética del sistema puesto que para la traslación se calcula el movimiento del centro de masas con respecto al sistema de referencia inercial, y en cuanto a la rotación, se analizan los ángulos de los vectores unitarios en ambos sistemas.

El SRL, de cada segmento, se define mediante los vectores unitarios  $(x', y', z')$ , de tal modo que el vector unitario  $\vec{z}'$ , de componentes  $(z'_1, z'_2, z'_3)$ , se obtiene mediante los puntos que definen el segmento, según la expresión 12:

(E-12)

$$\vec{z}' = \frac{r_p - r_d}{|r_p - r_d|}$$

donde  $\vec{z}'$  es el vector unitario,  $r_p$  y  $r_d$  son los puntos proximales y distales respectivamente del segmento donde se ubica el SRL.

Los otros dos restantes vectores unitarios, sólo deben cumplir la condición de que sean perpendiculares entre sí, y al vector  $\vec{Z}'$ ; por lo tanto, disponemos de múltiples grados de libertad para la elección del SRL, aunque, como hemos comentado anteriormente, todas ellas conllevarán la misma solución para el cálculo de la energía cinética del sistema. Definiendo el vector  $\vec{Y}' = (y'_1, 1, 0)$ , la componente  $y'_1$ , se obtiene imponiendo que  $X'$  e  $Y'$  sean perpendiculares, según la expresión 13, que realiza el producto vectorial, de  $Z'$  e  $Y'$ :

(E-13)

$$\vec{Z}' * \vec{Y}' = 0 \Rightarrow z'_1 \cdot y'_1 + z'_2 \cdot y'_2 + z'_3 \cdot y'_3 = 0$$

$$z'_1 \cdot y'_1 = -z'_2 \Rightarrow y'_1 = \frac{-z'_2}{z'_1}$$

y normalizando se obtiene

$$\vec{Y}' = \frac{(y'_1, 1, 0)}{|\vec{Y}'|}$$

donde  $\vec{Y}'$  se corresponde con otro de los vectores unitarios.

Finalmente, para la determinación del vector  $\vec{X}' = (x'_1, x'_2, x'_3)$ , se impone que los tres vectores unitarios formen una base, y por lo tanto sean linealmente independientes, obteniéndose el vector realizando el siguiente cálculo (Expresión 14):

$$\vec{X}' = \begin{pmatrix} \vec{i}' & \vec{j}' & \vec{k}' \\ y_1' & y_2' & y_3' \\ z_1' & z_2' & z_3' \end{pmatrix} =$$

$$(E-14) \quad \vec{i}'(y_2' \cdot z_3' - y_3' \cdot z_2') + \vec{j}'(y_1' \cdot z_2' - y_1' \cdot z_3') + \vec{k}'(y_3' \cdot z_1' - y_2' \cdot z_1')$$

$$\vec{X}' = (y_2' \cdot z_3' - y_3' \cdot z_2', y_1' \cdot z_2' - y_1' \cdot z_3', -y_2' \cdot z_1')$$

y normalizando se obtiene

$$\vec{X}' = \frac{(y_2' \cdot z_3' - y_3' \cdot z_2', y_1' \cdot z_2' - y_1' \cdot z_3', -y_2' \cdot z_1')}{|\vec{X}'|}$$

donde  $\vec{X}'$  es el vector unitario obtenido a través de la resolución de la presente base.

- 3º) Una vez especificado el sistema de referencia local para cada uno de los miembros del jugador, es necesario calcular la matriz de rotación del sistema de referencia del miembro con respecto al sistema de referencia inercial. Para ello establecemos la relación entre ambos sistemas de referencia mediante la expresión 15 según la figura 21 (Navarro, 1994)

(E-15)

$${}^{\circ}\vec{r}_i = {}^{\circ}\vec{r}_{i0} + {}^{\circ}A_i \vec{r}_i^i$$

donde  ${}^{\circ}\vec{r}_i$  es el vector posición entre el origen del SRI y un punto dado del sistema,  ${}^{\circ}\vec{r}_{i0}$  es el vector posición que relaciona los orígenes de ambos sistemas de referencia, y  $\vec{r}_i^i$  es el vector posición entre el origen del SRL y el punto dado, siendo  ${}^{\circ}A_i$  la matriz de transformación del sistema de referencia local del segmento analizado, cuya base es  $(x',y',z')$ , con respecto al sistema de referencia inercial  $(x,y,z)$ .

Los elementos de la matriz  ${}^{\circ}A_i$  se obtienen mediante productos vectoriales entre los diferentes vectores unitarios de ambos sistemas de referencia, expresión 16:

(E-16)

$${}^{\circ}A_i = \begin{pmatrix} \vec{i} * \vec{i}' & \vec{j} * \vec{i}' & \vec{k} * \vec{i}' \\ \vec{i} * \vec{j}' & \vec{j} * \vec{j}' & \vec{k} * \vec{j}' \\ \vec{i} * \vec{k}' & \vec{j} * \vec{k}' & \vec{k} * \vec{k}' \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} a_{11} & a_{12} & a_{13} \\ a_{21} & a_{22} & a_{23} \\ a_{31} & a_{32} & a_{33} \end{pmatrix}$$

donde  ${}^{\circ}A_i$  se identifica con la matriz de transformación del sistema de referencia local del segmento, con respecto al sistema de referencia inercial.

- 4º) Por último, determinamos la energía cinética total de cada miembro, calculada como la suma de la energía cinética de traslación y la de rotación, según la expresión 17 (Navarro, 1994), para un sólido rígido en forma de



barra:

(E-17)

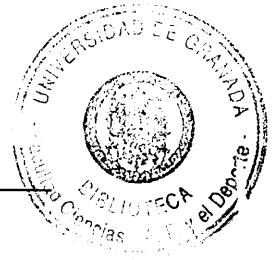
$$E_1 = E_c \text{ traslación} + E_c \text{ rotación} =$$

$$= \frac{1}{2} m_1 \dot{v}_{cg}^2 + \frac{1}{2} \text{Tr} [({}^o \dot{A}_1) J_1 ({}^o \dot{A}_1)^T]$$

donde  $E_1$  es la energía cinética del segmento,  $m_1$  su masa,  $v_{cg}$ , la velocidad de su CG,  ${}^o \dot{A}_1$ , es la derivada de la matriz de rotación calculada según la ecuación 24,  $({}^o \dot{A}_1)^T$ , es la matriz traspuesta de la derivada de la matriz de la misma ecuación anterior, y  $J_1$ , es una matriz, denominada tensor de inercia, definida en función de los momentos de inercia del segmento respecto a los ejes del sistema de referencia local:

$$J_1 = \begin{pmatrix} 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & I \end{pmatrix}$$

El cálculo de la derivada de  ${}^o A_1$ ,  ${}^o \dot{A}_1$ , parte de la consideración ( $\dot{a}_{11} = b_{11}$ ), desarrollándose a través del siguiente proceso:



$${}^{\circ}\dot{A}_1 = \begin{pmatrix} \dot{a}_{11} & \dot{a}_{12} & \dot{a}_{13} \\ \dot{a}_{21} & \dot{a}_{22} & \dot{a}_{23} \\ \dot{a}_{31} & \dot{a}_{32} & \dot{a}_{33} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} b_{11} & b_{12} & b_{13} \\ b_{21} & b_{22} & b_{23} \\ b_{31} & b_{32} & b_{33} \end{pmatrix}$$

El proceso para la obtención del producto matricial, desarrollado en la expresión 17, se detalla a continuación:

$$\begin{aligned} & ({}^{\circ}\dot{A}_1) J_1 ({}^{\circ}\dot{A}_1)^T = \\ & = \begin{pmatrix} b_{11} & b_{12} & b_{13} \\ b_{21} & b_{22} & b_{23} \\ b_{31} & b_{32} & b_{33} \end{pmatrix} * \begin{pmatrix} 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & I \end{pmatrix} * \begin{pmatrix} b_{11} & b_{12} & b_{13} \\ b_{21} & b_{22} & b_{23} \\ b_{31} & b_{32} & b_{33} \end{pmatrix}^T \\ & = \begin{pmatrix} 0 & 0 & b_{13}I \\ 0 & 0 & b_{23}I \\ 0 & 0 & b_{33}I \end{pmatrix} * \begin{pmatrix} b_{11} & b_{21} & b_{31} \\ b_{12} & b_{22} & b_{32} \\ b_{13} & b_{23} & b_{33} \end{pmatrix}^T = \\ & = \begin{pmatrix} b_{13}^2 I & b_{13}b_{23}I & b_{13}b_{33}I \\ b_{23}b_{13}I & b_{23}^2 I & b_{23}b_{33}I \\ b_{33}b_{13}I & b_{33}b_{23}I & b_{33}^2 I \end{pmatrix} \end{aligned}$$

obteniéndose la traza de este producto matricial

$$\text{Tr} [({}^{\circ}\dot{A}_1) J_1 ({}^{\circ}\dot{A}_1)^T] = I \cdot (b_{13}^2 + b_{23}^2 + b_{33}^2)$$

donde  $b_{13}$ ,  $b_{23}$  y  $b_{33}$  son las derivadas temporales de los productos vectoriales,  $(\vec{k} * \vec{i} ; \vec{k} * \vec{j} ; \vec{k} * \vec{k})$ , correspondientes a los vectores unitarios de los sistemas de referencia inercial y local del segmento.

Una vez calculada la energía de rotación, como hemos expresado, debemos sumar la energía cinética de traslación, para obtener la energía cinética total del segmento, tal y como se representa en la expresión 17.

El sistema lógico utilizado para la obtención de la energía cinética del sistema y ahora descrito, es el creado por Rojas (1997).

En la Tabla 5 se esquematizan los factores biomecánicos que se han considerado relevantes para el estudio en función de la revisión bibliográfica desarrollada y descrita en el capítulo dedicado a los antecedentes de los estudios sobre el lanzamiento en baloncesto.

Tabla 5.- Relación de los factores biomecánicos objeto de estudio.

VARIABLES DE PRODUCTO	Ángulo de salida del balón Velocidad de salida del balón Altura de salida del balón % de la altura de salida con respecto a la altura del jugador Altura máxima del salto % de la altura del CG en el momento de salida el balón con respecto a la altura máxima del salto	$\theta$ (balón) $V_s$ (balón) $H_s$ (balón) $\%H_s$ (balón) $SCG$ (balón) $\%SCG$ (balón)
<b>1.- VARIABLES TEMPORALES</b>		
	Tiempo de carrera	$T(t1-t2)$
	Tiempo de comienzo de descenso del balón	$T(t1-t3)$
	Tiempo de impulso de frenado	$T(t2-t4)$
	Tiempo de impulso de aceleración	$T(t4-t5)$
	Tiempo de vuelo	$T(t5-t6)$
	Tiempo total	$T(t1-t6)$
<b>2.- VARIABLES RELATIVAS A LAS POSICIONES ESPACIALES ADOPTADAS</b>		
	Ángulo de despegue del suelo del CG	$\theta$ CG (t5)
	Distancia comprendida entre la proyección del CG con respecto al centro de la base de sustentación en la posición más baja del CG	$DCG-cb.$ (t4)
	Distancia comprendida entre la proyección del CG con respecto al centro base de la sustentación en el despegue.	$DCG-cb.$ (t5)
VARIABLES DE PROCESO	Distancia comprendida entre la proyección del CG con respecto al centro de la base de sustentación en la salida del balón.	$DCG-cb.$ (t6)
	Distancia comprendida entre la proyección del CG desde despegue hasta el lanzamiento	$DCG$ (t5-t6)
	Ángulo de la rodilla al comienzo del impulso de aceleración	$\theta$ rodilla (t4)
	Ángulo del codo en la mínima cota del CG	$\theta$ codo (t4)
	Distancia balón-vértex en el momento del despegue	Balón-vértex (t5)
	Desplazamiento vertical del balón	$Sy$ (balón)
	% del desplazamiento vertical del balón con respecto a la altura del sujeto	$\%Sy$ (balón)
	Ángulo de inclinación del tronco en la salida del balón	$\theta$ tronco (t6)
	Ángulo de flexión del hombro en la salida del balón	$\theta$ hombro (t6)
	Ángulo codo en la salida del balón	$\theta$ codo (t6)
	Ángulo del codo tras salida del balón	$\theta$ codo (t7)
<b>3.- VARIABLES RELATIVAS A LAS VELOCIDADES DESARROLLADAS</b>		
	Velocidad CG plano transversal en el instante de recibir el balón	$V_{x,z}$ (t1)
	Velocidad CG plano transversal en el despegue del suelo	$V_{x,z}$ (t5)
	Velocidad CG plano transversal en el instante de salida del balón	$V_{x,z}$ (t6)
	Velocidad media de subida del balón desde mínima cota hasta comienzo impulso aceleración	$V_{balón}$ (t3-t4)
	Velocidad angular de la muñeca en el momento de salida del balón	$\omega$ muñeca (t6)

VARIABLE RELATIVA A LA EVOLUCIÓN DE LA ENERGÍA CINÉTICA SEGMENTARIA

(11)

En la presente se ha estudiado el efecto de la aplicación de un programa de control de calidad en una empresa de fabricación de componentes mecánicos. El estudio se ha realizado durante un periodo de seis meses, desde el inicio de la implementación del programa hasta su consolidación. Los datos obtenidos se han analizado estadísticamente para determinar el impacto del programa en la reducción de defectos y en el aumento de la productividad. Los resultados indican que el programa ha sido efectivo en la reducción de defectos y en el aumento de la productividad.

## RESULTADOS

Los resultados obtenidos durante el estudio se han dividido en dos categorías principales: la reducción de defectos y el aumento de la productividad. En cuanto a la reducción de defectos, se ha observado una disminución significativa en el número de defectos producidos durante el periodo de estudio. Esto se ha debido a la implementación del programa de control de calidad, que ha permitido identificar y corregir los defectos en tiempo real. En cuanto al aumento de la productividad, se ha observado un incremento en el número de componentes producidos durante el periodo de estudio. Esto se ha debido a la implementación del programa de control de calidad, que ha permitido optimizar el proceso de fabricación y reducir los tiempos de espera.

En conclusión, el estudio ha demostrado que la implementación de un programa de control de calidad en una empresa de fabricación de componentes mecánicos es efectiva en la reducción de defectos y en el aumento de la productividad. Los resultados obtenidos indican que el programa ha sido efectivo en la reducción de defectos y en el aumento de la productividad.

Los resultados obtenidos durante el estudio se han dividido en dos categorías principales: la reducción de defectos y el aumento de la productividad. En cuanto a la reducción de defectos, se ha observado una disminución significativa en el número de defectos producidos durante el periodo de estudio. Esto se ha debido a la implementación del programa de control de calidad, que ha permitido identificar y corregir los defectos en tiempo real.

### **3.- RESULTADOS.**

Como se ha expuesto en el apartado dedicado al método, para comprobar las diferencias de los factores biomecánicos entre los tres grupos experimentales durante la realización del lanzamiento a canasta tras carrera previa, se ha realizado un protocolo basado en dos actuaciones secuenciales de investigación, en las cuales se han agrupado las variables biomecánicas de estudio relativas al lanzamiento a canasta tras carrera previa, en función de los diferentes objetivos que se pretenden con cada una de dichas actuaciones. Así, a la hora de exponer los resultados, se ha seguido el orden secuencial indicado.

#### **3.1.-Resultados de la primera actuación de investigación.**

Con el objeto de valorar la estructura temporal del lanzamiento a canasta tras carrera previa, cuando existe oposición, se han analizado los resultados obtenidos mediante una estadística descriptiva, basada en técnicas de análisis de tendencia central y de dispersión de los datos, utilizándose respectivamente, la media (M) y la desviación típica (SD).

En primer lugar y para resolver el problema de validez interna, planteado anteriormente en el método, se ha estudiado la automatización del gesto a través de la valoración de la consistencia temporal de los lanzamientos, utilizando para ello dos sujetos, elegidos al azar, de cada uno de los grupos experimentales.

En la tabla 6 se representa la estadística descriptiva correspondiente a los

Tabla 6. Estadística descriptiva de las fases temporales relativas al estudio de consistencia temporal intrasujeto (TC: tiempo de carrera, TIF: tiempo de impulso de frenado, TIA: tiempo de impulso de aceleración, TV: tiempo de vuelo, TT: tiempo total).

**SUJETO 1 (alto nivel)**

	TC	TIF	TIA	TV	TT
M	0,19	0,27	0,17	0,19	0,81
SD	0,01	0,01	0,02	0,01	0,02

**SUJETO 2 (alto nivel)**

	TC	TIF	TIA	TV	TT
M	0,2	0,23	0,14	0,25	0,81
SD	0	0,01	0,01	0,01	0,03

**SUJETO 1 (división nacional)**

	TC	TIF	TIA	TV	TT
M	0,28	0,23	0,19	0,22	0,92
SD	0,03	0,03	0,02	0,02	0,09

**SUJETO 2 (división nacional)**

	TC	TIF	TIA	TV	TT
M	0,33	0,24	0,22	0,22	0,99
SD	0,02	0,02	0,03	0,02	0,06

**SUJETO 1 (escolar)**

	TC	TIF	TIA	TV	TT
M	0,19	0,28	0,25	0,04	0,76
SD	0,03	0,03	0,03	0,02	0,04

**SUJETO 2 (escolar)**

	TC	TIF	TIA	TV	TT
M	0,18	0,27	0,21	0,11	0,76
SD	0,02	0,03	0,03	0,03	0,07

tiempos empleados por cada jugador en los cuatro lanzamientos analizados. Los períodos temporales analizados se han correspondido con los determinados en cada una de las fases del lanzamiento a canasta tras carrera previa, siendo éstos el Tiempo de Carrera (TC), Tiempo de Impulso de Frenado (TIF), Tiempo de Impulso de Aceleración (TIA), Tiempo de Vuelo (TV) y Tiempo Total (TT).

En general se puede decir que en los períodos de tiempo establecidos, se aprecia una dispersión mínima de los datos.

Con respecto a los períodos temporales en los que se ha dividido el gesto, en los sujetos de alto nivel analizados, la mayor variabilidad se da en el Tiempo de Impulso de Aceleración (TIA). (S1 :  $M=0,17$ ,  $SD=0,02$  ; S2 :  $M=0,14$ ,  $SD=0,01$ ). Respecto a los jugadores de división nacional, la mayor variabilidad se mantiene en el mismo período temporal, es decir, (TIA) (S1 :  $M=0,19$ ,  $SD=0,02$  ; S2 :  $M=0,22$ ,  $SD=0,03$ ). Por último, en el grupo de escolares, la mayor variabilidad, aunque se mantiene igual que los grupos anteriores en el Tiempo de Impulso de Aceleración (TIA), se incrementa en el Tiempo de Vuelo (TV) (S1 :  $M=0,04$ ,  $SD=0,02$  ; S2 :  $M=0,11$ ,  $SD=0,03$ ). Dicho incremento en la variabilidad del Tiempo de Vuelo (TV) del grupo escolar puede estar justificado por el efecto que produce en jugadores con poca experiencia la oposición.

Analizando la variabilidad existente entre los sujetos, podemos constatar que ésta es importante en cada una de las fases en las que se ha dividido el gesto analizado, lo que confirma el hecho de que la técnica no es patrón generalizado, sino que responde a lo que la mayor parte de los autores han dado en llamar técnica



individual.

Por último, y en relación a la tabla 6, debemos destacar que existe una consistencia temporal que nos permitirá en la próxima actuación de investigación generalizar los resultados y rechazar el hecho de que éstos sean producto del azar y/o casuísticas externas.

Los datos numéricos expresados en la tabla 6, se representan en las figuras 23, 24, 25, 26, 27 y 28, en cuyos gráficos, que corresponden a las variables temporales en los ensayos realizados por los sujetos, se observa que la muestra seleccionada posee una línea base definida y estabilizada, sin cambios de tendencia entre las repeticiones del gesto.

### **3.2.- Resultados de la segunda actuación de investigación.**

Basándonos en el diseño experimental descrito con anterioridad, es necesario recordar que el objetivo planteado en esta segunda actuación de investigación es comprobar la incidencia que tienen los diferentes niveles de rendimiento deportivo, valorado según la categoría en la que juegan, sobre los factores biomecánicos más significativos que inciden en la eficacia del lanzamiento a canasta en suspensión y con oposición tras carrera previa.

Para la obtención y cálculo de los datos se han utilizado las técnicas fotogramétricas mediante el tratamiento informático de imágenes de video a una frecuencia de 50 Hz. Los sujetos analizados en esta actuación de investigación,

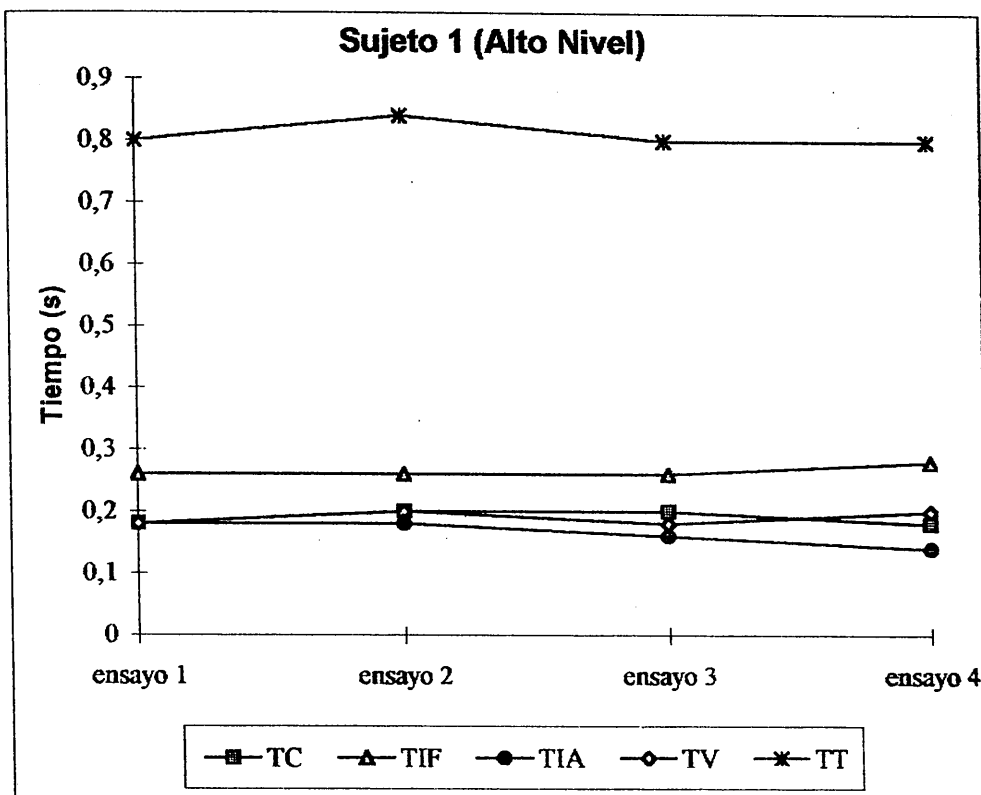


Figura 23. Análisis temporal del sujeto 1 (grupo Alto Nivel)

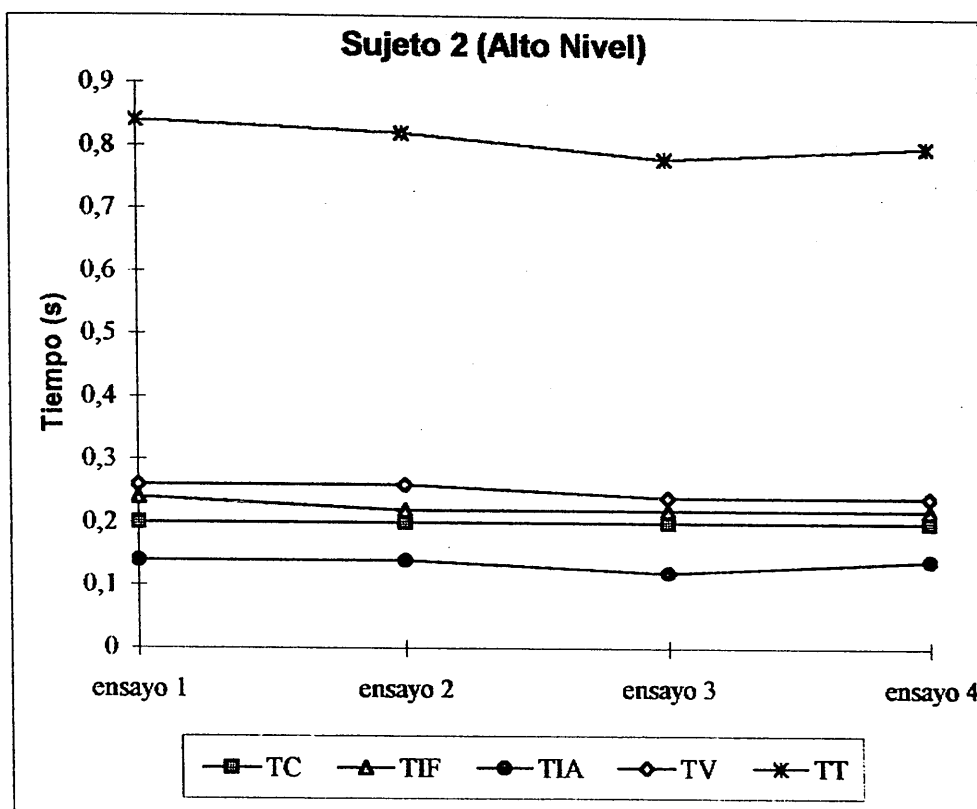


Figura 24. Análisis temporal del sujeto 2 (grupo Alto Nivel)

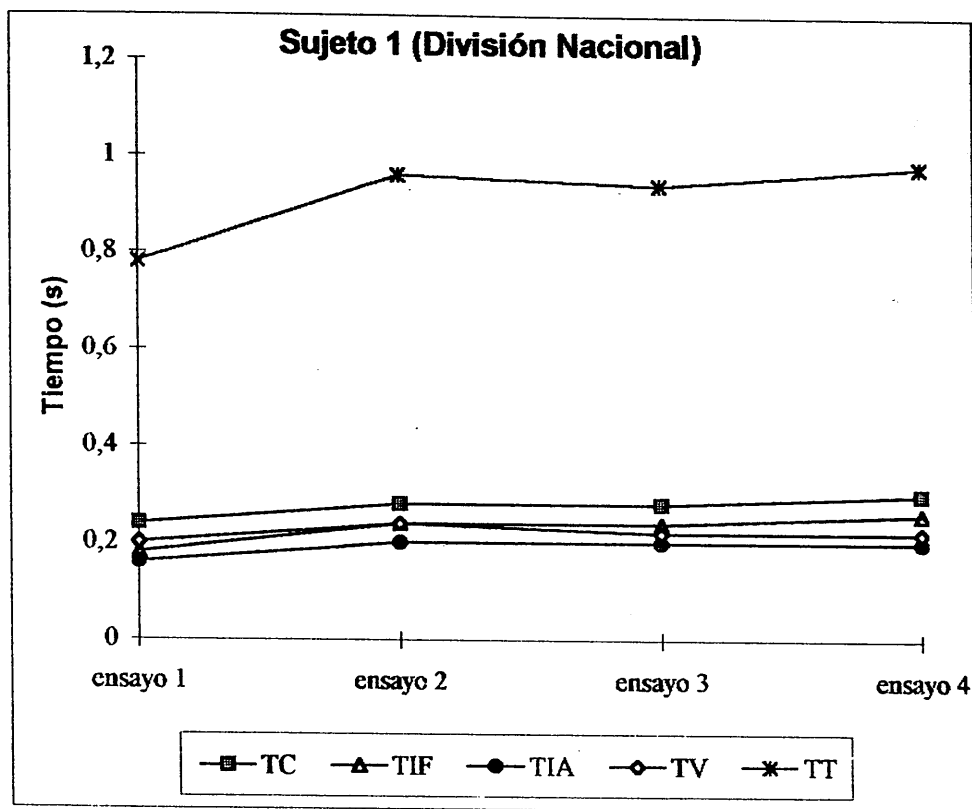


Figura 25. Análisis temporal del sujeto 1 (grupo de División Nacional)

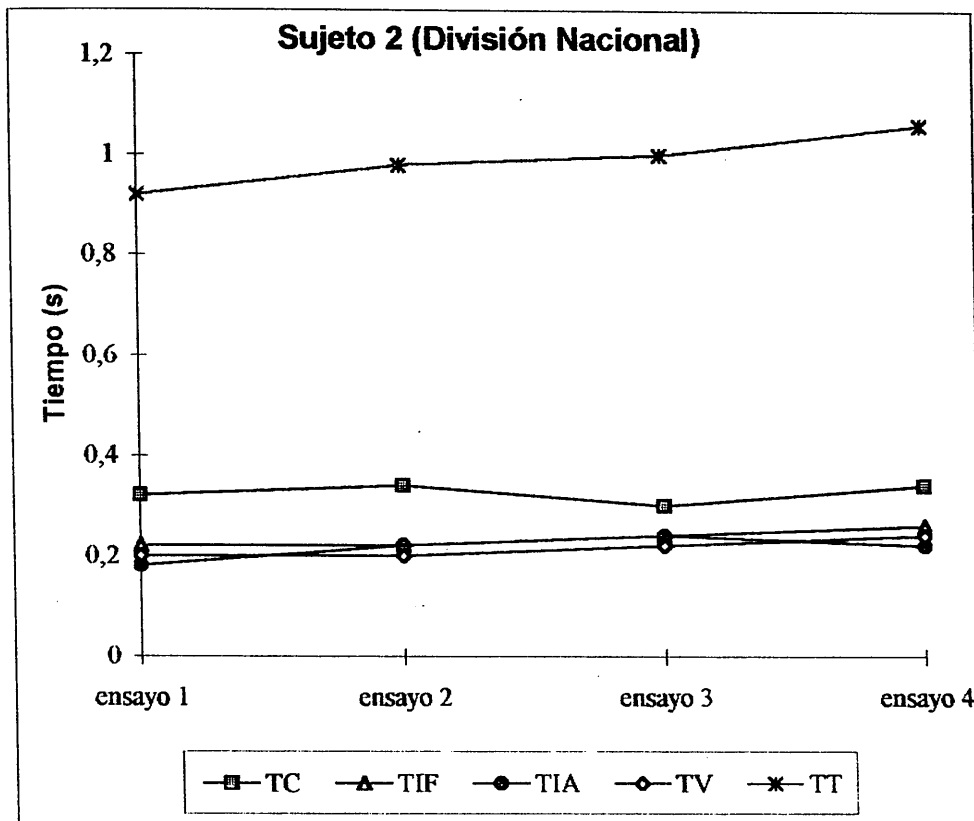


Figura 26. Análisis temporal del sujeto 2 (grupo de División Nacional)

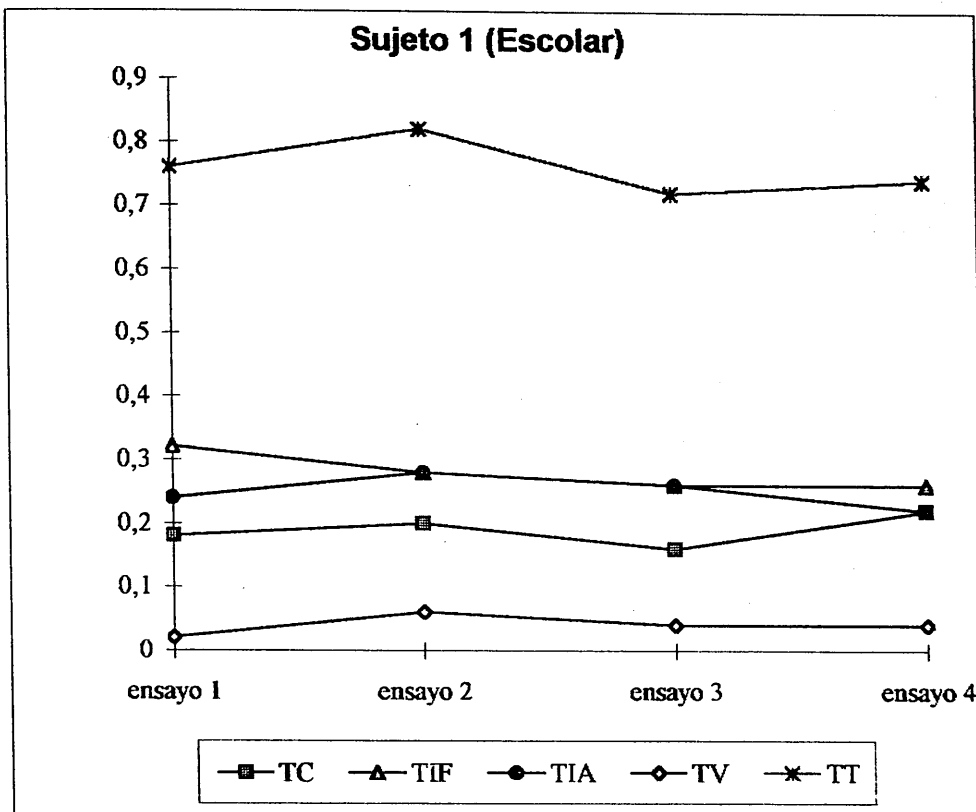


Figura 27. Análisis temporal del sujeto 1 (grupo Escolar)

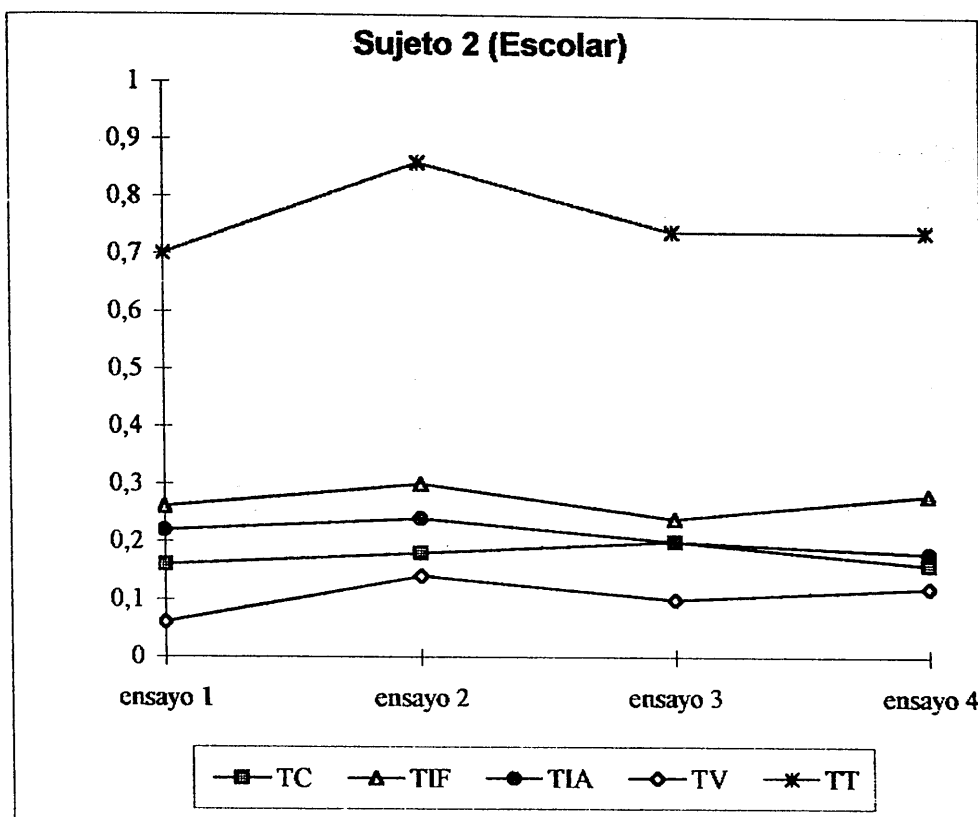
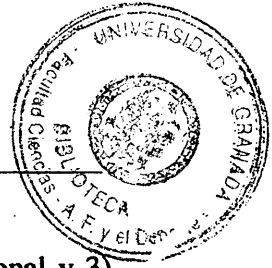


Figura 28. Análisis temporal del sujeto 2 (grupo Escolar)



fueron siete en cada uno de los tres grupos: 1) alto nivel, 2) división nacional y 3) escolares. Sus características se describen en el apartado dedicado a los sujetos, dentro del capítulo del método.

Se ha utilizado un diseño multigrupo con una variable independiente que posee tres niveles o categorías diferentes (alto nivel, división nacional y escolares), y en donde se persigue ver la incidencia que cada uno de estos tres valores de la variable independiente (rendimiento deportivo), tiene en los factores biomecánicos que constituyen las variables dependientes o factores de eficacia del lanzamiento a canasta en suspensión tras carrera previa con oposición y bloqueando el tipo de parada utilizada (alternativa).

El tratamiento estadístico de los datos se ha realizado aplicando la estadística descriptiva y el análisis inferencial, (ANOVA) entre los grupos experimentales para valorar los efectos de cada nivel o categoría de la variable independiente (nivel de rendimiento) sobre las variables dependientes. Para ello se ha utilizado la hoja de cálculo EXCEL, versión 5.0, a través de la cual se han organizado los datos obtenidos en cada sujeto para su posterior tratamiento estadístico con el paquete STATGRAFIC, versión 7.0.

A continuación expondremos los resultados agrupándolos en: a) variables de producto, b) variables de proceso, y c) relativas a la evolución de la energía cinética segmentaria. Debido al número de variables de proceso, así como a la diversidad, éstas se han organizado en: a) temporales, b) de posiciones espaciales, y c) de velocidades desarrolladas.



### 3.2.1.- Variables de producto.

En la tabla 7 se presenta un resumen de la estadística descriptiva de los factores denominados de producto en cada uno de los niveles de la variable independiente (niveles de rendimiento deportivo), así como el análisis de varianza y nivel de significación entre grupos.

En general se puede decir que ha existido significación ( $p < 0,01$ ) en todas las variables de producto; sólo en el caso de la altura máxima del salto ( $SCG_{(balón)}$ ), la significación ha sido menor ( $p < 0,05$ ). Del análisis de la estadística descriptiva se puede comprobar cómo las mayores diferencias persisten en todos los casos en el grupo escolar, siendo mayor en las variables relacionadas con el desplazamiento del balón (ángulo y velocidad) y menores cuando las variables se refieren a la altura del salto.

Con respecto al ángulo de salida del balón ( $\theta_{balón}$ ), se comprueba que el ángulo va aumentando conforme disminuye el nivel (alto nivel, división nacional y escolar), dándose el incremento más sustancial en el grupo de escolares (figura 29). Se ha obtenido una  $F = 7,54$ , por lo que podemos confirmar que han existido diferencias significativas entre grupos ( $p < 0,005$ ). Para comprobar las diferencias, por separado, entre cada uno de los grupos, se ha realizado una prueba de contrastes (tabla 8), donde se ratifica que las diferencias significativas persisten cuando se cruzan los grupos de alto nivel y división nacional con el de escolares, siendo el ángulo de salida del balón ( $\theta_{balón}$ ) obtenido en el grupo escolar significativamente mayor que el resto de los grupos, mientras que no ha existido

**Tabla 7.- Resultados de las variables de producto, expresadas en unidades del Sistema Internacional (S.I.).**

<i>N</i>	Alto Nivel		División Nacional		Escolares		F	<i>p</i>
	<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>M</i>	<i>SD</i>		
	7		7		7			
Ángulo de salida del balón, $\theta$ (balón)	43.69	4.23	46.15	8.63	56.53	6.09	7.537	0.004***
Velocidad de salida del balón, $V_s$ (balón)	6.10	0.65	5.81	1.13	7.52	0.42	9.530	0.001****
Altura de salida del balón, $H_s$ (balón)	2.87	0.26	2.78	0.17	2.46	0.21	6.667	0.007**
% con respecto a la altura del jugador, % $H_s$ (balón)	147.52	10.28	144.19	8.45	136.86	11.90	1.962	0.169
Altura máxima del salto, $SCG$ (balón)	0.38	0.15	0.37	0.12	0.20	0.10	4.588	0.025*
% con respecto a la salida del balón, % $SCG$ (balón)	91.00	15.51	86.92	10.16	54.48	27.87	7.504	0.004***

(\*\*\*\*  $p \leq 0.001$ ) (\*\*\*)  $p \leq 0.005$  (\*\*)  $p \leq 0.01$  (\*)  $p \leq 0.05$ )

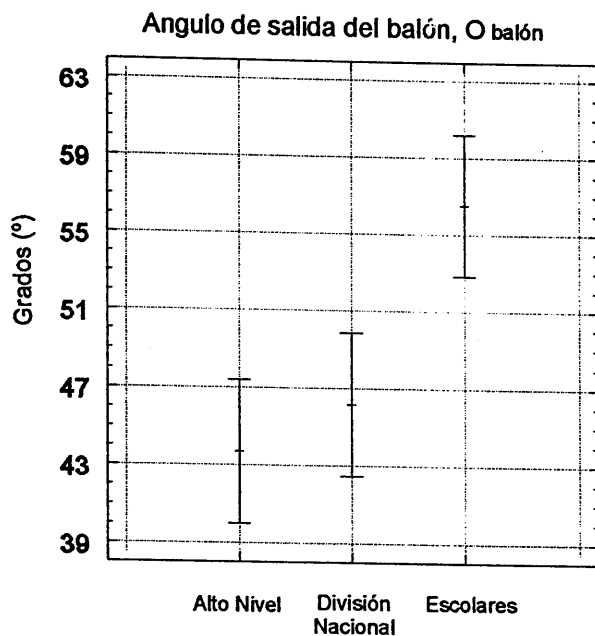


Figura 29.- Representación gráfica del análisis de varianza sobre la variable angulo de salida del balón (● balón).

Tabla 8.- Prueba de contraste de la variable dependiente angulo de salida del balón (● balón), sobre los niveles de la variable independiente nivel de rendimiento, en donde AN= Alto Nivel, DN= División Nacional y GE= Grupo Escolar.

Method: 95 Percent LSD

Level	Count	LS Mean	Homogeneous Groups
-------	-------	---------	--------------------

AN	7	43.690000	X
DN	7	46.145714	X
GE	7	56.532857	X

contrast	difference	+/-	limits
AN - DN	-2.45571		7.38005
AN - GE	-12.8429		7.38005 *
DN - GE	-10.3871		7.38005 *

\* denotes a statistically significant difference.

diferencias entre los grupos de alto nivel y división nacional.

Sobre la velocidad tangencial de salida del balón ( $V_{S(\text{balón})}$ ), su comportamiento es similar al descrito para el ángulo de salida del balón, posiblemente debido a que dichos parámetros deben de tener una cierta relación si consideramos la ecuación de los proyectiles. Si la distancia de lanzamiento se mantiene y se incrementa el ángulo de salida del balón, la velocidad debe incrementarse, en caso contrario el lanzamiento se "quedaría corto".

En general, se ha obtenido una  $F= 9,53$  que nos permite confirmar que han existido diferencias a un nivel de significación ( $p < 0,001$ ). Analizando la estadística descriptiva, la menor velocidad la obtiene el grupo de división nacional, aunque debemos de considerar que las desviaciones típicas son relativamente altas. El grupo de nivel escolar obtiene la mayor velocidad de salida, con una desviación típica de los datos relativamente pequeña ( $M=7,52$ ,  $SD=0,42$ ) (figura 30).

Para comprobar las diferencias entre los grupos se ha realizado la correspondiente prueba de contrastes (tabla 9), donde se ratifica que las diferencias significativas persisten cuando se cruzan los grupos de alto nivel y división nacional con el de escolares, mientras que no se han encontrado diferencias cuando se cruzan los grupos de alto nivel y división nacional.

Respecto a la variable altura de salida del balón ( $H_{S(\text{balón})}$ ), tomada en valores absolutos y analizando su estadística descriptiva, se comprueba que el grupo que obtiene una mayor altura es el de alto nivel, seguido del grupo de división nacional

Velocidad de salida del balón, Vs (balón)

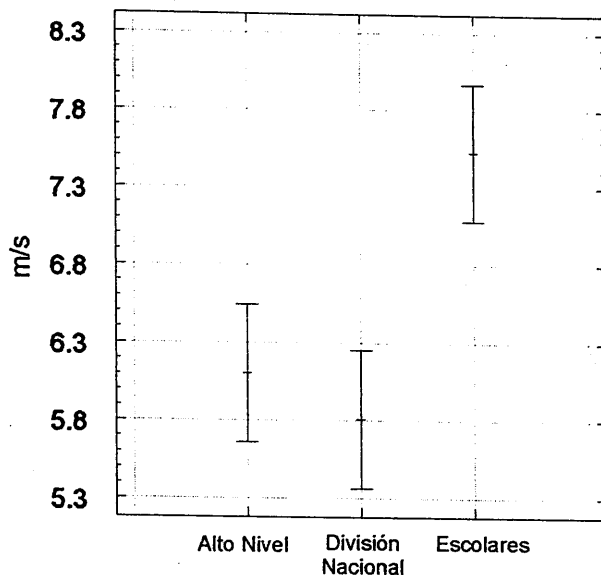


Figura 30.- Representación gráfica del análisis de varianza sobre la variable velocidad de salida del balón, Vs(balón).

Tabla 9.- Prueba de contraste de la variable dependiente velocidad de salida del balón Vs(balón), sobre los niveles de la variable independiente nivel de rendimiento, en donde AN= Alto Nivel, DN= División Nacional y GE= Grupo Escolar.

Method: 95 Percent LSD

Level	Count	LS Mean	Homogeneous Groups
-------	-------	---------	--------------------

DN	7	5.8071429	X
AN	7	6.1014286	X
GE	7	7.5285714	X

contrast	difference +/-	limits
AN - DN	0.29429	0.88640
AN - GE	-1.42714	0.88640 *
DN - GE	-1.72143	0.88640 *

\* denotes a statistically significant difference.

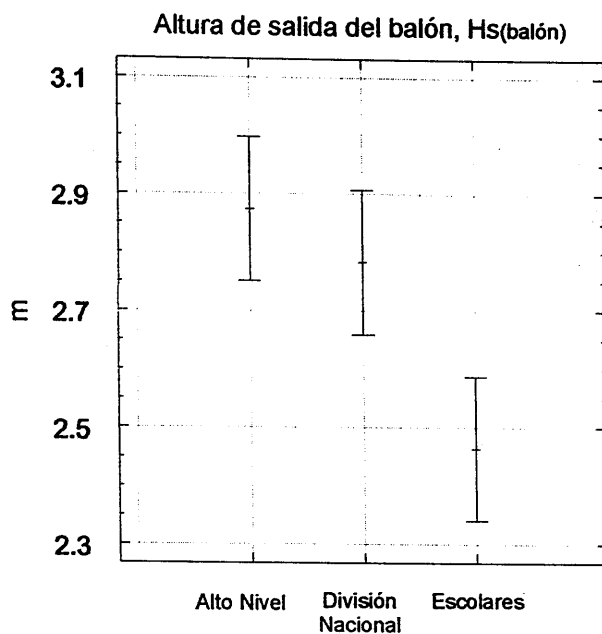
y por último el de escolares, siendo la media de éste último grupo sensiblemente menor que el resto (figura 31). La estadística inferencial nos confirma este hecho, donde se obtiene una  $F=6,67$  que nos permite decir que existen diferencias significativas a unos niveles de ( $p < 0,01$ ).

Mediante la realización de la correspondiente prueba de contrastes, se comprueban las diferencias entre cada uno de los grupos, ratificándose en la misma que las diferencias significativas persisten cuando se cruzan los grupos de alto nivel y división nacional con el de escolares (tabla 10), siendo la altura de salida del balón menor en el grupo de escolares. No se han encontrado diferencias cuando, para esta variable, se cruza el grupo de alto nivel con el de división nacional.

Cuando estos valores se relativizan con respecto a la altura de los jugadores ( $\% H_{S(\text{balón})}$ ) no se ha encontrado significación alguna, por lo que podemos deducir que el factor talla ha sido el causante de las diferencias descritas con anterioridad

Sobre la altura máxima del salto, desde que despega hasta que suelta el balón ( $SCG_{(\text{balón})}$ ) y analizando los resultados expuestos en relación a la estadística descriptiva, la mayor diferencia se da en el grupo escolar, siendo su altura máxima de salto inferior al resto de los grupos. Aunque a nivel general podemos constatar que han existido ciertas diferencias ( $F=4,59$  y  $p < 0,05$ ). Figura 32.

La comprobación de las diferencias entre cada uno de los grupos, mediante la correspondiente prueba de contrastes, ratifica que las diferencias significativas



**Figura 31.-** Representación gráfica del análisis de varianza sobre la variable altura de salida del balón Hs(balón).

**Tabla 10.-** Prueba de contraste de la variable dependiente altura de salida del balón Hs(balón), sobre los niveles de la variable independiente nivel de rendimiento, en donde AN= Alto Nivel, DN= División Nacional y GE= Grupo Escolar.

Method: 95 Percent LSD

Level	Count	LS Mean	Homogeneous Groups
-------	-------	---------	--------------------

GE	7	2.4642857	X
DN	7	2.7828571	X
AN	7	2.8742857	X

contrast	difference	+/-	limits
AN - DN	0.09143		0.24773
AN - GE	0.41000		0.24773 *
DN - GE	0.31857		0.24773 *

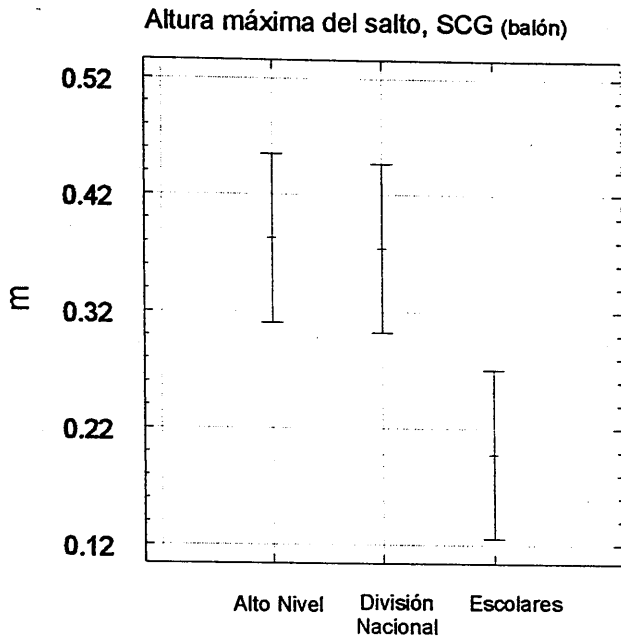
\* denotes a statistically significant difference.

persisten cuando se cruzan los grupos de alto nivel y división nacional con el de escolares (tabla 11). Cuando se cruzan los grupos de alto nivel y división nacional no se han encontrado diferencias, manteniendo un comportamiento muy similar a la altura de salida del balón.

Cuando este dato (altura máxima del salto), se refiere al porcentaje con respecto a la altura máxima que alcanza el centro de gravedad ( $\%SCG_{(\text{balón})}$ ) podemos constatar que han existido diferencias significativas a nivel de  $p < 0,005$ , (tabla 7, figura 33); concluyendo que los jugadores de alto nivel sueltan el balón muy próximo a la altura máxima del salto, mientras que el grupo escolar está próximo a la mitad del recorrido vertical del centro de gravedad, lo que se ratifica en la prueba de contrastes (tabla 12), donde siempre que se cruzan el grupo de alto nivel o de división nacional con el grupo de escolares, se ratifican las diferencias encontradas a nivel general, mientras que no se han encontrado diferencias cuando se cruzan los grupos de alto nivel y división nacional.

Según el análisis de los datos expuestos, se puede decir que el desplazamiento vertical del CG en todos los grupos es similar y las diferencias entre grupos residen en que el grupo de escolares suelta el balón antes de llegar a la máxima altura de salto, por lo que cabe plantearse que esta diferencia puede estar motivada por dos causas: a) la precipitación debida a la presión del defensor, o b) la falta de fuerza necesaria para imprimir la velocidad adecuada al balón. En este caso el grupo escolar utilizaría la velocidad vertical del CG para incrementar la velocidad final del balón, lo que Hochmuth (1973) describe como Principio de coordinación de impulsos parciales.





**Figura 32.-** Representación gráfica del análisis de varianza sobre la variable altura máxima del salto, SCG (balón).

**Tabla 11.-** Prueba de contraste de la variable dependiente altura máxima del salto, SCG (balón), sobre los niveles de la variable independiente nivel de rendimiento, en donde AN= Alto Nivel, DN= División Nacional y GE= Grupo Escolar.

Method: 95 Percent LSD

Level	Count	LS Mean	Homogeneous Groups
GE	7	.1202857	X
DN	7	.3185714	X
AN	7	.3528571	X

contrast	difference	+/-	limits
AN - DN	0.03429		0.12761
AN - GE	0.23257		0.12761 *
DN - GE	0.19829		0.12761 *

\* denotes a statistically significant difference.

Porcentaje de salto con respecto a la altura de salida del balón, % SCG(balón)

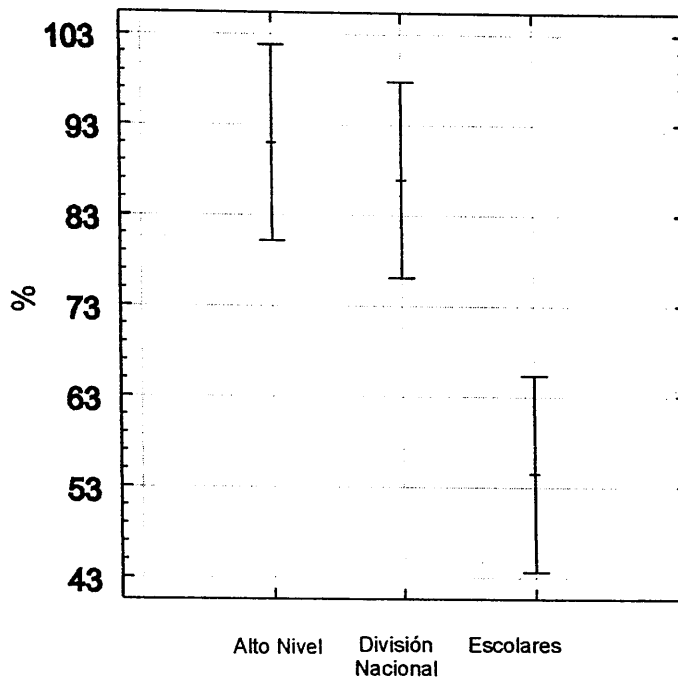


Figura 33.- Representación gráfica del análisis de varianza sobre la variable % con respecto a la salida del balón, %SCG(balón).

Tabla 12.- Prueba de contraste de la variable dependiente % con respecto a la salida del balón, %SCG(balón), sobre los niveles de la variable independiente nivel de rendimiento, en donde AN= Alto Nivel, DN= División Nacional y GE= Grupo Escolar.

Method: 95 Percent LSD

Level	Count	LS Mean	Homogeneous Groups
-------	-------	---------	--------------------

GE	7	54.482857	X
DN	7	86.922857	X
AN	7	91.000000	X

contrast	difference +/-	limits
AN - DN	4.07714	21.7082
AN - GE	36.5171	21.7082 *
DN - GE	32.4400	21.7082 *

\* denotes a statistically significant difference.

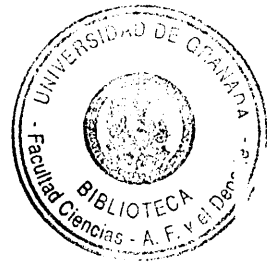
### 3.2.2.- Variables de proceso. Variables temporales.

En la tabla 13 se presenta la estadística descriptiva de los factores denominados de proceso, relativos al análisis temporal en cada uno de los niveles de la variable independiente (niveles de rendimiento deportivo), así como el análisis de varianza y nivel de significación entre grupos.

Con respecto al análisis temporal, se han obtenido diferencias significativas en el tiempo de carrera ( $T_{(11-12)}$ ), y tiempo de vuelo ( $T_{(15-16)}$ ) a un nivel de significación ( $p < 0,01$  y  $p < 0,005$ , respectivamente) y ciertas diferencias en el tiempo de impulso de frenado ( $T_{(12-14)}$ ), y tiempo total ( $T_{(11-16)}$ ) a nivel de ( $p < 0,05$ ), mientras que en el tiempo de descenso del balón ( $T_{(11-12)}$ ) y de impulso de aceleración ( $T_{(14-15)}$ ), no se han encontrado diferencias significativas entre grupos.

Con respecto al tiempo de carrera ( $T_{(11-12)}$ ) se han obtenido diferencias significativas entre grupos a nivel de ( $F=6,19$ ;  $P < 0,01$ ). Analizando la estadística descriptiva, las mayores diferencias se dan en el grupo de división nacional (figura 34), aunque en todos los casos consideramos que las desviaciones típicas son excesivamente altas.

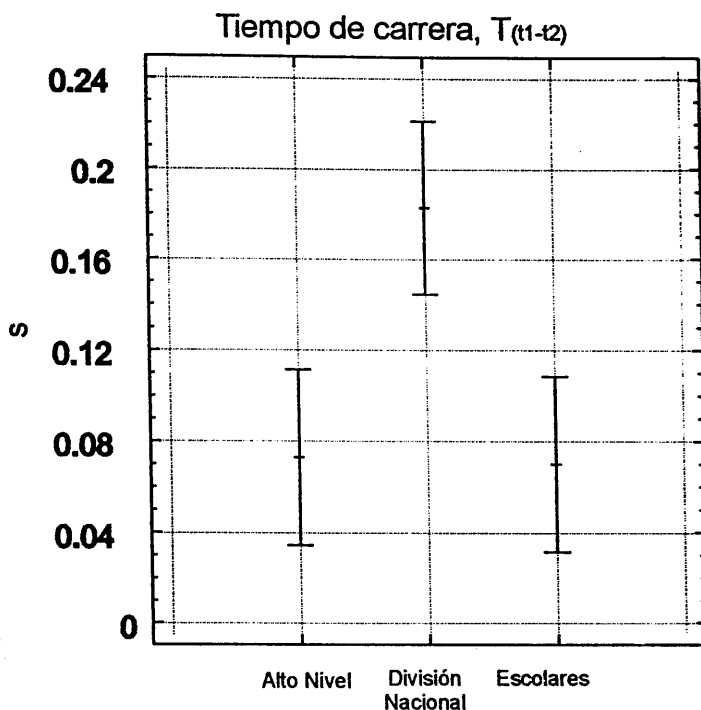
Para comprobar las diferencias entre cada uno de los grupos, por separado, se ha realizado la correspondiente prueba de contrastes, cuyos resultados vienen a confirmar que tales diferencias, persisten cuando se cruza el grupo de división nacional con el de alto nivel y escolar, mientras que no se han obtenido diferencias cuando se cruza el grupo de alto nivel con el escolar. (tabla 14).



**Tabla 13.- Resultados de las variables de proceso, expresadas en unidades del Sistema Internacional (S.I.): a) Variables temporales.**

	Alto Nivel		División Nacional		Escolares		F	p
	M	SD	M	SD	M	SD		
Tiempo de carrera, T(11-12)	0.07	0.08	0.18	0.07	0.07	0.05	6.190	0.009**
Tiempo de descenso del balón, T(11-13)	0.16	0.07	0.14	0.05	0.14	0.05	0.169	0.845
Tiempo de impulso de frenado, T(12-14)	0.29	0.04	0.30	0.06	0.37	0.06	5.787	0.012*
Tiempo de impulso de aceleración, T(14-15)	0.16	0.04	0.16	0.02	0.19	0.04	2.396	0.119
Tiempo de vuelo, T(15-16)	0.24	0.09	0.22	0.09	0.08	0.06	8.577	0.002***
Tiempo total, T(11-16)	0.76	0.12	0.86	0.09	0.71	0.05	4.596	0.024*

(\*\*\*\*  $p \leq 0.001$ ) (\*\*\*)  $p \leq 0.005$ ) (\*\*  $p \leq 0.01$ ) (\*  $p \leq 0.05$ )



**Figura 34.-** Representación gráfica del análisis de varianza sobre la variable Tiempo de carrera,  $T_{(t1-t2)}$ .

**Tabla 14.-** Prueba de contraste de la variable dependiente Tiempo de carrera,  $T_{(t1-t2)}$  sobre los niveles de la variable independiente nivel de rendimiento, en donde AN= Alto Nivel, DN= División Nacional y GE= Grupo Escolar.

Method: 95 Percent LSD

Level	Count	LS Mean	Homogeneous Groups
GE	7	.0700000	X
AN	7	.0728571	X
DN	7	.1828571	X

contrast	difference	+/-	limits
AN - DN	-0.11000		0.07686 *
AN - GE	0.00286		0.07686
DN - GE	0.11286		0.07686 *

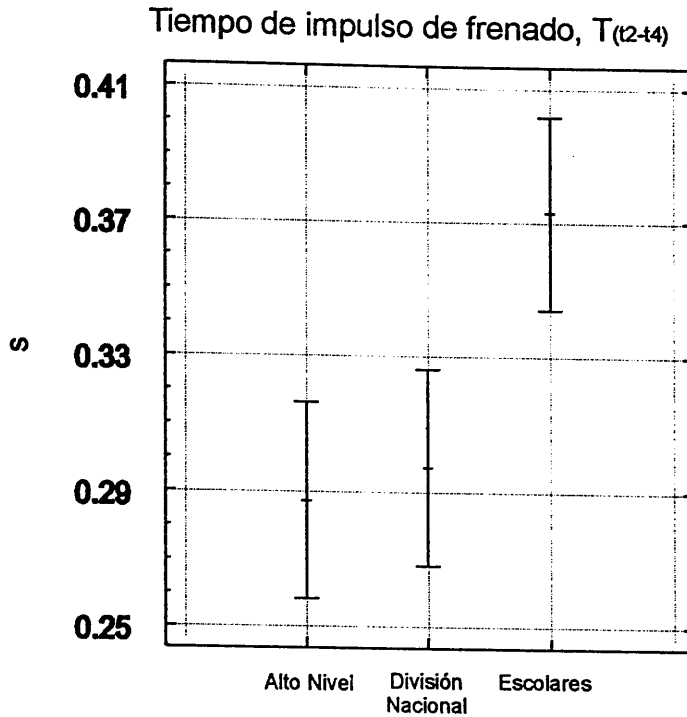
\* denotes a statistically significant difference.

Referente a la variable tiempo de impulso de frenado ( $T_{(12-14)}$ ) y analizando la estadística descriptiva, se han obtenido ciertas diferencias entre grupos a un nivel de ( $p < 0,05$ ) y se observa que este dato es mayor conforme disminuye el nivel del grupo, así, el grupo que más tiempo emplea en frenar su desplazamiento es el escolar (figura 35).

La comprobación, por separado, sobre esta variable, realizada mediante la prueba de contrastes, nos ratifica que siempre que se cruza el grupo de escolares con el de alto nivel o división nacional, persisten las diferencias, mientras que cuando se cruza el grupo de alto nivel con el de división nacional, no se han encontrado las mismas, (tabla 15). Este hecho puede deberse a dos hipótesis: **a)** menor fuerza de los jugadores escolares; aunque debemos considerar que la velocidad de desplazamiento no es excesiva y por tanto la cantidad de movimiento que los grupos tienen al iniciar el impulso de frenado no requerirían una fuerza excesiva, y **b)** proceso de aprendizaje del gesto.

Con respecto al tiempo de vuelo ( $T_{(15-16)}$ ), se han obtenido diferencias entre grupos ( $F=8,577$ ), lo que nos permite decir que han existido diferencias entre los grupos y que éstas están próximas a un nivel de  $p < 0,001$ . Observando la estadística descriptiva, podemos deducir que las diferencias más sustanciales residen en el grupo de escolares, donde el tiempo de vuelo es sensiblemente menor al de los otros dos grupos (figura 36).

Comprobados los datos del tiempo de vuelo mediante la prueba de contrastes, ésta ratifica los mismos al existir diferencias cuando se cruza el grupo de



**Figura 35.-** Representación gráfica del análisis de varianza sobre la variable Tiempo de impulso de frenado,  $T_{(t2-t4)}$ .

**Tabla 15.-** Prueba de contraste de la variable dependiente Tiempo de impulso de frenado ( $T_{(t2-t4)}$ ), sobre los niveles de la variable independiente nivel de rendimiento, en donde AN= Alto Nivel, DN= División Nacional y GE= Grupo Escolar.

Method: 95 Percent LSD			
Level	Count	LS Mean	Homogeneous Groups
AN	7	.2871429	X
DN	7	.2971429	X
GE	7	.3728571	X

contrast	difference	+/-	limits
AN - DN	-0.01000		0.05790
AN - GE	-0.08571		0.05790 *
DN - GE	-0.07571		0.05790 *

\* denotes a statistically significant difference.

escolares con los de alto nivel y división nacional (tabla 16). Este resultado ratifica los resultados y está asociado al desplazamiento vertical hasta que se suelta el balón expresado en % con respecto a la altura máxima. ( $\% SCG_{(\text{balón})}$ ). Si el grupo escolar suelta el balón a mitad del desplazamiento vertical del CG, es lógico pensar que el tiempo de vuelo, es decir, desde el despegue hasta que suelta el balón sea sensiblemente menor que en el resto de los grupos que sueltan el balón muy próximo a la altura máxima.

El tiempo total ( $T_{(11-16)}$ ) se puede considerar como un resumen de la estadística descriptiva e inferencial de los cinco periodos de tiempo descritos con anterioridad, por lo que se han obtenido ciertas diferencias significativas entre grupos ( $p < 0,05$ ), considerando que el menor tiempo empleado en la ejecución del gesto del grupo de escolares es consecuencia de una reducción importante en el tiempo de vuelo y el mayor tiempo empleado por el grupo de división nacional debido al mayor tiempo de carrera (figura 37).

En base a estos dos hechos y analizando los resultados, por separado, mediante la prueba de contrastes (tabla 17), sólo se han encontrado diferencias que persisten cuando se cruzan los grupos de división nacional con el de escolares, con el resto de los cruces no se ha encontrado que persistan las diferencias encontradas en el análisis de varianza general.



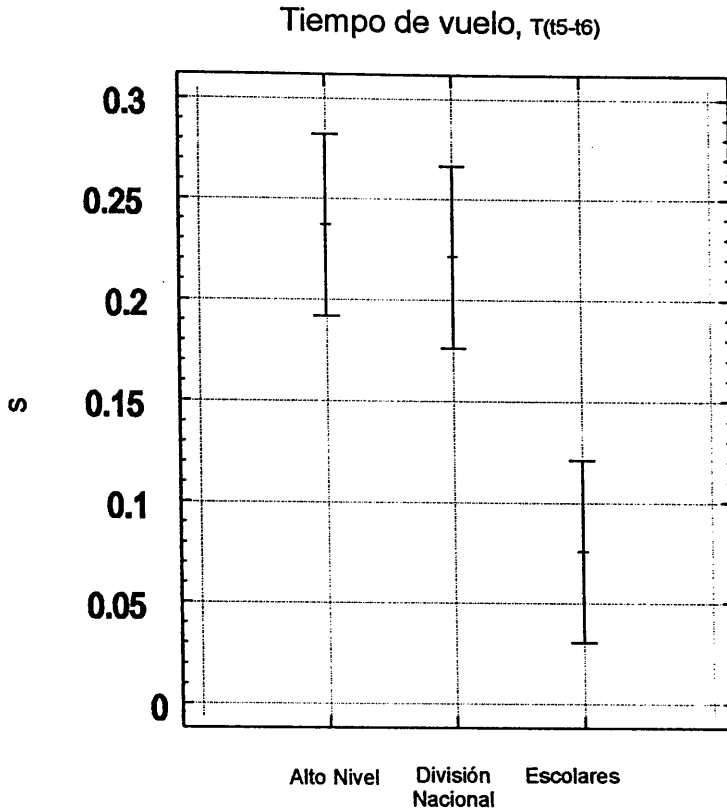


Figura 36.- Representación gráfica del análisis de varianza sobre la variable Tiempo de vuelo,  $T_{(t5-t6)}$ .

Tabla 16.- Prueba de contraste de la variable dependiente Tiempo de vuelo ( $T_{(t5-t6)}$ ), sobre los niveles de la variable independiente nivel de rendimiento, en donde AN= Alto Nivel, DN= División Nacional y GE= Grupo Escolar.

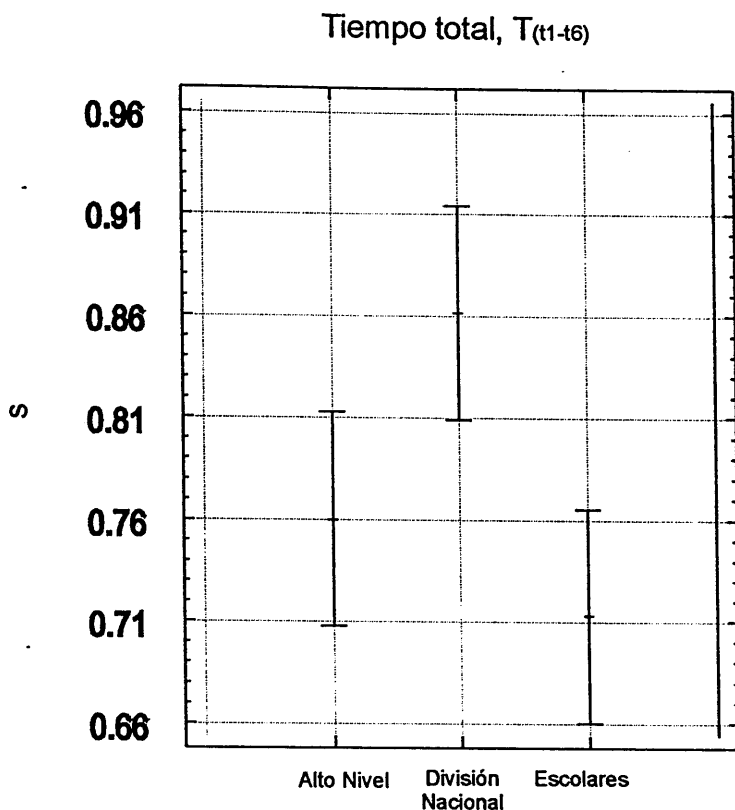
Method: 95 Percent LSD

Level	Count	LS Mean	Homogeneous Groups
-------	-------	---------	--------------------

GE	7	.0757143	X
DN	7	.2214286	X
AN	7	.2371429	X

contrast	difference	+/-	limits
AN - DN	0.01571		0.09033
AN - GE	0.16143		0.09033 *
DN - GE	0.14571		0.09033 *

\* denotes a statistically significant difference.



**Figura 37.-** Representación gráfica del análisis de varianza sobre la variable Tiempo de total,  $T_{(t1-t6)}$ .

**Tabla 17.-** Prueba de contraste de la variable dependiente Tiempo total ( $T_{(t1-t6)}$ ) sobre los niveles de la variable independiente nivel de rendimiento, en donde AN= Alto Nivel, DN= División Nacional y GE= Grupo Escolar.

Method: 95 Percent LSD

Level	Count	LS Mean	Homogeneous Groups
-------	-------	---------	--------------------

GE	7	.7128571	X
AN	7	.7600000	XX
DN	7	.8614286	X

contrast	difference	+/-	limits
AN - DN	-0.10143		0.10525
AN - GE	0.04714		0.10525
DN - GE	0.14857		0.10525 *

\* denotes a statistically significant difference.

### 3.2.3.- Variables de proceso. Variables relativas a las posiciones espaciales.

En la tabla 18 se presenta la estadística descriptiva de los factores denominados de proceso, relativos a las posiciones espaciales adoptadas por los jugadores en cada uno de los niveles de la variable independiente (niveles de rendimiento deportivo), así como el análisis de varianza y nivel de significación entre grupos.

De las catorce variables analizadas, referidas a las posiciones espaciales adoptadas por los jugadores y las relativas a los segmentos corporales, sólo en dos de ellas (distancia balón-vértex en el momento del despegue (balón-vértex<sub>(15)</sub>) y ángulo de flexión del hombro en la salida del balón ( $\theta$  hombro<sub>(16)</sub>), se han obtenido diferencias significativas claras, a nivel de ( $p < 0,001$ ). Con respecto a la variable distancia comprendida entre la proyección del CG entre el despegue y el lanzamiento (DCG<sub>(15-16)</sub>) se ha encontrado una significación a nivel de  $p < 0,05$ , mientras que en las restantes once variables no se ha encontrado significación alguna.

Aunque en el ángulo de despegue ( $\theta$  CG<sub>(15)</sub>), comprendido entre el vector posición, determinado por el apoyo de los pies en el suelo y la posición del CG en el despegue, con respecto a la horizontal del suelo, no han existido diferencias significativas en el análisis de varianza, como refleja la tabla de resultados de variables espaciales citada anteriormente, es necesario destacar analizando la estadística descriptiva que el grupo escolar despega con un ángulo sensiblemente

**Tabla 18.-** Resultados de las variables de proceso, expresadas en unidades del Sistema Internacional (S.I.): b) Variables de posiciones espaciales.

	Alto Nivel		División Nacional		Escolares		F	p
	M	SD	M	SD	M	SD		
Ángulo despegue del suelo CG, $\theta$ CG (t5)	79.02	5.24	77.90	7.45	70.77	8.28	2.778	0.089
Distancia comprendida en la proyección del CG con respecto al centro de la base de sustentación en:								
la posición más baja del CG DCG-cb.(t4)	0.18	0.07	0.21	0.06	0.22	0.08	0.652	0.533
el despegue. DCG-cb.(t5)	0.13	0.04	0.15	0.05	0.16	0.06	0.514	0.606
la salida del balón. DCG-cb.(t6)	0.11	0.04	0.13	0.02	0.15	0.06	1.494	0.251
Distancia comprendida en la proyección del CG desde despegue hasta el lanzamiento DCG (t5-t6)	0.10	0.04	0.23	0.07	0.19	0.10	4.977	0.019*
Ángulo de la rodilla al comienzo del impulso de aceleración, $\theta$ rodilla (t4)	108.71	4.39	103.97	8.38	101.86	11.30	1.192	0.326
Ángulo codo en la mínima cota del CG, $\theta$ codo (t4)	77.14	15.70	66.14	9.82	64.86	10.38	2.124	0.149
Distancia balón-vértex en el momento del despegue Balón-vértex (t5)	0.27	0.04	0.26	0.04	0.40	0.09	11.565	0.001****
Desplazamiento vertical balón Sy(balón) % con respecto a altura sujeto Sy(balón)	1.82	0.45	1.78	0.27	1.49	0.19	2.236	0.136
Ángulo de inclinación del tronco en la salida del balón, $\theta$ tronco (t6)	82.06	1.98	81.43	1.62	81.26	2.54	0.287	0.754
Ángulo de flexión del hombro en la salida del balón, $\theta$ hombro (t6)	136.51	6.94	167.68	6.21	170.19	6.39	57.92	0.000****
Ángulo codo en salida del balón, $\theta$ codo (t6)	126.34	13.50	119.80	14.51	130.40	10.32	1.203	0.323
Ángulo del codo tras salida del balón, $\theta$ codo (t7)	150.23	5.13	144.06	16.01	151.94	7.16	1.080	0.361

(\*\*\*\*  $p \leq 0.001$ ) (\*\*\*)  $p \leq 0.005$  (\*\*)  $p \leq 0.01$  (\*)  $p \leq 0.05$ )

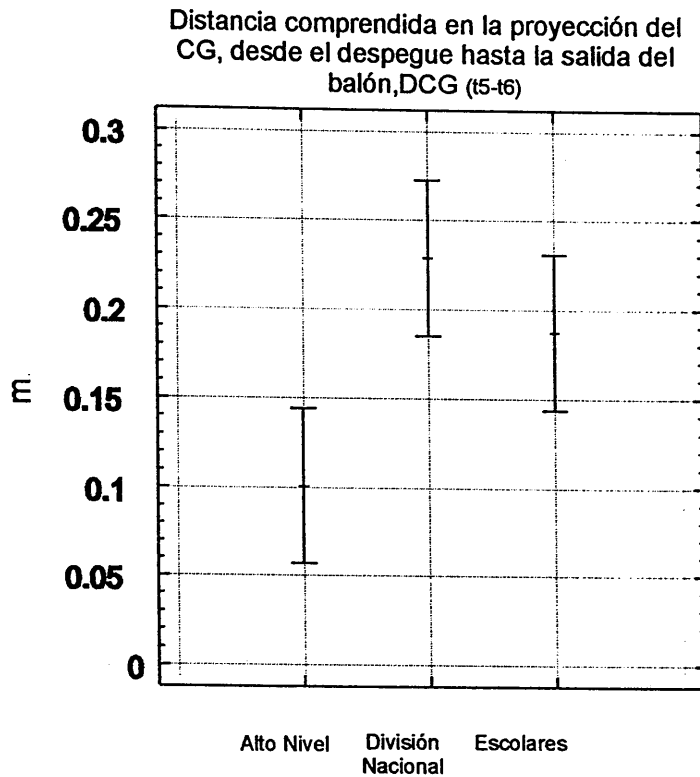
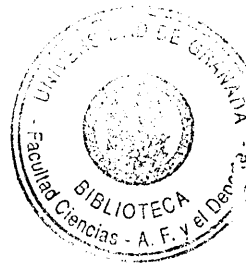
menor que los dos grupos restantes.

En lo referente a la distancia comprendida entre la proyección del CG desde el despegue hasta el lanzamiento ( $DCG_{(15-16)}$ ) se han encontrado ciertas diferencias entre grupos ( $F=4,98$  y  $p<0,05$ ). Según se puede observar en la estadística descriptiva, el grupo de alto nivel es el que mantiene un desplazamiento horizontal menor ( $M=0,10$  y  $SD=0,04$ ), es decir, el que realiza un salto más vertical (figura 38).

La prueba de contrastes (tabla 19) sólo nos permite confirmar que han existido estas diferencias entre el grupo de alto nivel y división nacional a favor, lógicamente del grupo de alto nivel, mientras que no se han encontrado diferencias cuando se cruzan el resto de los grupos.

En cuanto a la variable balón-vértex en el momento del despegue (**balón-vértex**<sub>(15)</sub>), se han obtenido diferencias significativas entre los grupos ( $F=11,56$  y  $p<0,001$ ). Del análisis de la estadística descriptiva se deduce que tanto el grupo de alto nivel como el de división nacional mantienen valores muy similares, mientras que en el grupo escolar dicha distancia es sensiblemente mayor (figura 39).

Para comprobar las diferencias entre cada uno de los grupos se ha realizado una prueba de contrastes (tabla 20), donde se ratifica que las diferencias persisten cuando se cruzan los grupos de alto nivel y división nacional con el escolar, mientras que no se han encontrado diferencias cuando se cruzan los grupos de alto nivel y división nacional.



**Figura 38.-** Representación gráfica del análisis de varianza sobre la variable DCG (t5-t6).

**Tabla 19.-** Prueba de contraste de la variable dependiente DCG (t5-t6), sobre los niveles de la variable independiente nivel de rendimiento, en donde AN= Alto Nivel, DN= División Nacional y GE= Grupo Escolar.

Method: 95 Percent LSD			
Level	Count	LS Mean	Homogeneous Groups
AN	7	.1002857	X
GE	7	.1871429	XX
DN	7	.2285714	X

contrast	difference	+/- limits
AN - DN	-0.12829	0.08721 *
AN - GE	-0.08686	0.08721
DN - GE	0.04143	0.08721

\* denotes a statistically significant difference.

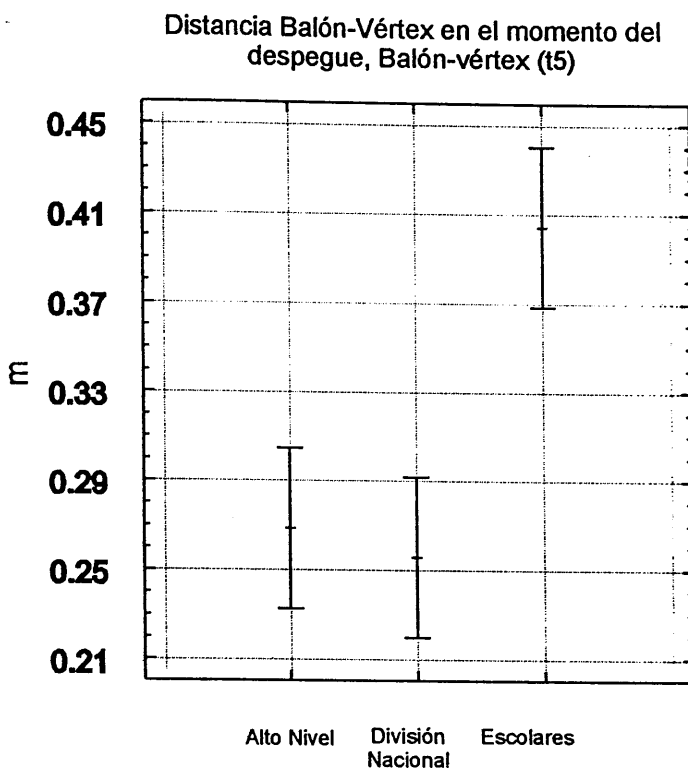


Figura 39.- Representación gráfica del análisis de varianza sobre la variable Balón-vértex (t5).

Tabla 20.- Prueba de contraste de la variable dependiente Balón-vértex (t5) sobre los niveles de la variable independiente nivel de rendimiento, en donde AN= Alto Nivel, DN= División Nacional y GE= Grupo Escolar.

Method: 95 Percent LSD

Level	Count	LS Mean	Homogeneous Groups
-------	-------	---------	--------------------

DN	7	.2557143	X
AN	7	.2685714	X
GE	7	.4042857	X

contrast	difference	+/-	limits
AN - DN	0.01286		0.07194
AN - GE	-0.13571		0.07194 *
DN - GE	-0.14857		0.07194 *

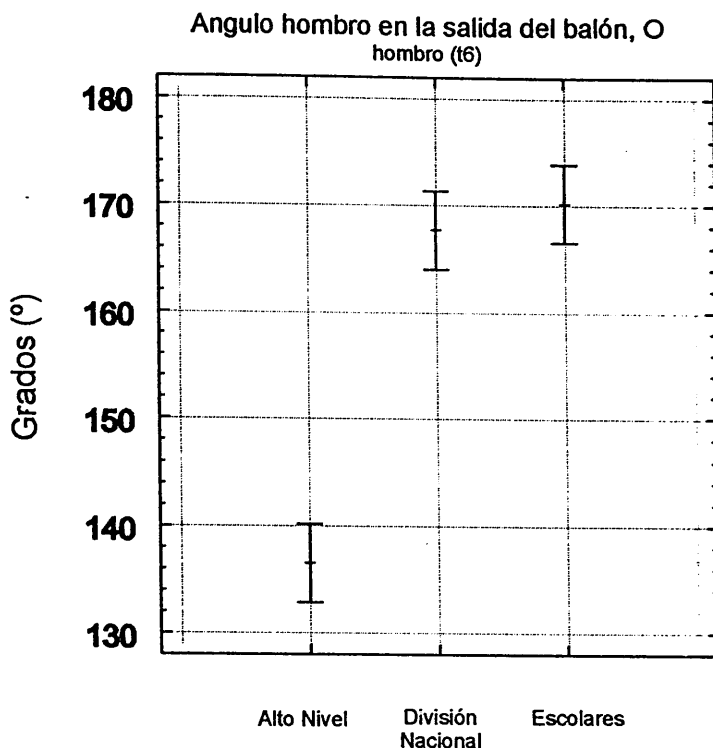
\* denotes a statistically significant difference.

Este hecho puede ser significativo en la eficacia del lanzamiento a canasta con oposición tras desplazamiento previo, ya que un incremento de esta distancia supone tener el balón más alejado del cuerpo, aumentando las posibilidades de pérdida, por acción del oponente, durante la ejecución del gesto. También consideramos que puede afectar a la cadena cinética involucrada en el lanzamiento, la cual se analizará más adelante.

Por último, con respecto al ángulo de flexión del hombro en la salida del balón ( $\theta$  hombro<sub>(6)</sub>), se han obtenido diferencias significativas entre grupos ( $p < 0,001$ ), constatándose en la estadística descriptiva que dicho ángulo se incrementa progresivamente desde el grupo de alto nivel hasta el escolar, siendo sensiblemente inferior el de alto nivel (figura 40).

Este hecho se confirma con la prueba de contrastes (tabla 21), donde siempre que se cruzan el grupo de alto nivel con el resto de grupos se mantienen las diferencias estadísticas. Consideramos que dichos valores pueden estar correlacionados con dos variables de producto (altura de salida del balón y altura del salto), ya que, en el grupo de alto nivel, estos dos parámetros son, como se ha descrito anteriormente, sensiblemente mayores, lo que implica que estos jugadores no requieren subir más el balón a costa de aumentar el ángulo de flexión del hombro.





**Figura 40.-** Representación gráfica del análisis de varianza sobre la variable angulo del hombro (  $\theta$  (hombro)).

**Tabla 21.-** Prueba de contraste de la variable dependiente angulo del hombro (  $\theta$  (hombro)), sobre los niveles de la variable independiente nivel de rendimiento, en donde AN= Alto Nivel, DN= División Nacional y GE= Grupo Escolar. AURE.anghom by AURE.nivel

Method: 95 Percent LSD			
Level	Count	LS Mean	Homogeneous Groups
AN	7	136.51429	X
DN	7	167.68143	X
GE	7	170.19000	X
contrast		difference	+/- limits
AN - DN		-31.1671	7.32575 *
AN - GE		-33.6757	7.32575 *
DN - GE		-2.50857	7.32575

\* denotes a statistically significant difference.

### 3.2.4.- Variables de proceso: relativas a las velocidades desarrolladas.

En la tabla 22 se presenta la estadística descriptiva de los factores denominados de proceso relativos a las velocidades desarrolladas por el CG de los jugadores, así como de los segmentos corporales más significativos para el análisis del gesto, en cada uno de los niveles de la variable independiente ( niveles de rendimiento deportivo), así como el análisis de varianza y nivel de significación entre grupos.

Sobre este grupo de variables, en general, se puede decir que han existido diferencias significativas entre grupos a nivel de  $p < 0,005$  en la variable velocidad media de subida del balón desde la mínima cota hasta el comienzo del impulso de aceleración ( $V_{\text{balón}(13-14)}$ ), obteniendo la mayor velocidad el grupo de alto nivel, mientras que en el grupo escolar la velocidad es sensiblemente inferior (figura 41). Este hecho se comprueba en la prueba de contrastes, aunque sólo se obtiene significación cuando se cruzan los grupos de alto nivel y escolar (tabla 23). Podemos considerar que este es un dato relevante en la eficacia del lanzamiento a canasta en suspensión con oposición y carrera previa, debido a dos aspectos significativos: a) un incremento de dicha velocidad implica que la fuerza ejercida contra el suelo durante el impulso de frenado sea mayor ( teorema del centro de masas ), lo que posiblemente haya permitido que el tiempo de impulso de frenado sea menor debido al incremento de la fuerza, por acción segmentaria, y b) dificulta la acción del oponente.

Respecto a la velocidad del CG en el plano transversal en el instante de

**Tabla 22.- Resultados de las variables de proceso, expresadas en unidades del Sistema Internacional (S.I.): c) Variables de velocidades desarrolladas.**

	Alto Nivel		División Nacional		Escolares		F	p
	M	SD	M	SD	M	SD		
Velocidad CG plano transversal en el instante de: recibir el balón, $V_{x,z(t1)}$	1.91	0.93	2.92	1.90	2.37	0.54	1.137	0.343
despegue del suelo, $V_{x,z(t5)}$	0.54	0.24	0.59	0.32	0.69	0.35	0.475	0.629
salida del balón, $V_{x,z(t6)}$	0.65	0.16	1.01	0.48	1.44	0.59	5.416	0.014*
Velocidad media de subida del balón desde mínima cota hasta comienzo impulso aceleración $V_{balón} (t3-t4)$	4.42	1.64	3.27	0.57	2.15	0.47	8.298	0.003***
Velocidad angular de la muñeca en el momento de salida del balón, $\omega_{muñeca} (t6)$	22.14	6.68	14.62	2.94	18.74	7.15	2.856	0.084

(\*\*\*\*  $p \leq 0.001$ ) (\*\*\*  $p \leq 0.005$ ) (\*\*  $p \leq 0.01$ ) (\*  $p \leq 0.05$ )

Velocidad media de subida del balón desde la mínima cota hasta el comienzo del impulso de aceleración,  $V_{\text{balón}} (t3-t4)$

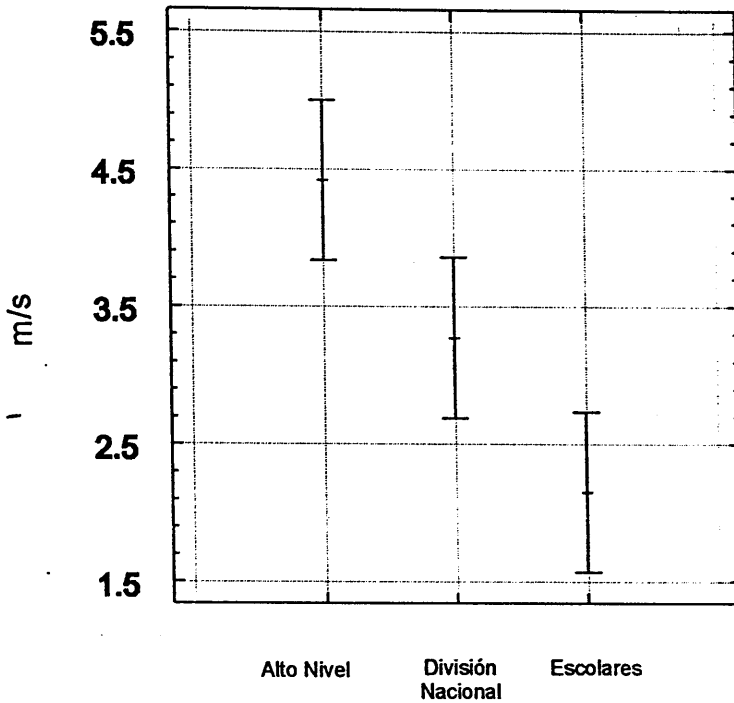


Figura 41.- Representación gráfica del análisis de varianza sobre la variable  $V_{\text{balón}} (t3-t4)$ .

Tabla 23.- Prueba de contraste de la variable dependiente  $V_{\text{balón}} (t3-t4)$  sobre los niveles de la variable independiente nivel de rendimiento, en donde AN= Alto Nivel, DN= División Nacional y GE= Grupo Escolar.

Method: 95 Percent LSD

Level Count LS Mean Homogeneous Groups

GE	7	2.1514286	X
DN	7	3.2742857	XX
AN	7	4.4171429	X

contrast	difference	+/-	limits
AN - DN	1.14286		1.16874
AN - GE	2.26571		1.16874 *
DN - GE	1.12286		1.16874

\* denotes a statistically significant difference.

salida del balón ( $V_{x,z(t_0)}$ ), también se han encontrado ciertas diferencias estadísticas entre los grupos (figura 42), aunque en este caso los valores de significación han sido de  $p < 0,05$ . Analizando la estadística descriptiva, el grupo que obtiene menor velocidad es el de alto nivel y la mayor, el escolar, lo que nos permite deducir que : a) el grupo de alto nivel convierte la velocidad horizontal en vertical de forma más eficaz que el resto de grupos, y b) que el salto se realiza más vertical. La prueba de contrastes nos permite confirmar que persisten diferencias, con respecto a este dato, entre el grupo de alto nivel y el escolar, mientras que cuando se cruza el resto de los grupos no se han encontrado diferencias. (tabla 24).

Por último, cabe indicar que en el resto de variables sobre velocidades desarrolladas, no han existido diferencias significativas, aunque la estadística descriptiva relativa a la velocidad angular de la muñeca en el momento de salida del balón es mayor en el grupo de alto nivel.

### **3.2.5.- Análisis de la cadena cinética: evolución de la energía cinética segmentaria.**

En último lugar, se ha llevado a cabo el estudio de la cadena cinética empleada por los jugadores, en cada uno de los grupos experimentales (alto nivel, división nacional y escolares), con el objetivo de determinar las características secuenciales del lanzamiento a canasta tras carrera previa. La valoración de la cadena cinética se ha desarrollado mediante el análisis de la energía cinética y de la velocidad angular sobre los ejes antero-posterior y transversal de cada segmento durante el lanzamiento.

Velocidad transversal del CG en la salida del balón,  $V_{x,z}(t_6)$

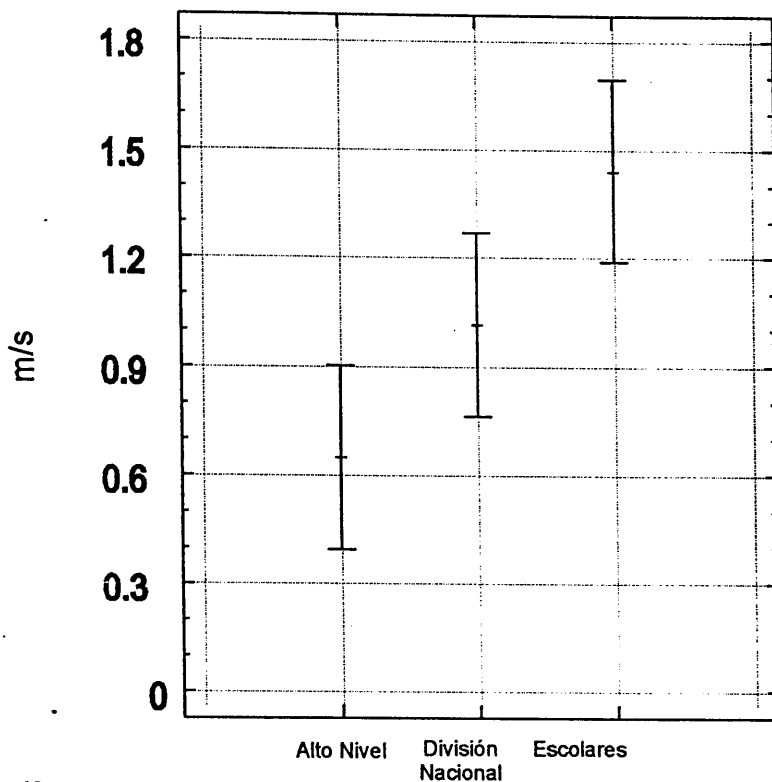


Figura 42.- Representación gráfica del análisis de varianza sobre la variable  $V_{x,z}(t_6)$ .

Tabla 24.- Prueba de contraste de la variable dependiente  $V_{x,z}(t_6)$  sobre los niveles de la variable independiente nivel de rendimiento, en donde AN= Alto Nivel, DN= División Nacional y GE= Grupo Escolar.

Method: 95 Percent LSD

Level	Count	LS Mean	Homogeneous Groups
-------	-------	---------	--------------------

AN	7	.6485714	X
DN	7	1.0157143	XX
GE	7	1.4414	DN86 X

contrast	difference	+/-	limits
AN - DN	-0.36714		0.50670
AN - GE	-0.79286		0.50670 *
DN - GE	-0.42571		0.50670

\* denotes a statistically significant difference.

En esta segunda actuación de investigación, el estudio de la cadena cinética trata de diferenciar el comportamiento entre grupos de los diferentes segmentos corporales durante la realización del lanzamiento a canasta con oposición y desplazamiento previo. Los resultados relativos a la evolución de la energía cinética y a la velocidad angular, se presentan de forma gráfica con respecto al tiempo, habiéndose interpolado en función del porcentaje del tiempo comprendido entre la recepción del balón (t1) y la quinta imagen (0,10s) posterior al lanzamiento (t7).

En las figuras 43, 44 y 45 se muestran las medias de los valores de la energía cinética de las extremidades inferiores (piernas), tronco y extremidades superiores (brazos), de los grupos de alto nivel, división nacional y escolares.

Comenzando con el análisis de las energías cinéticas de tronco y piernas de los tres grupos, en general se puede decir que ambas evolucionan de forma similar a lo largo del lanzamiento.

Con respecto a la energía cinética utilizada por los miembros inferiores (piernas), el mayor registro se da durante el Impulso de Frenado (TIF), siendo la media en esta fase inferior en el grupo escolar, aunque podría estar motivado por una menor velocidad de desplazamiento.

Respecto a la energía cinética de los brazos, en todos los casos existe un comportamiento similar, dándose el mayor nivel de registro durante la fase de Impulso de aceleración (TIA). Las diferencias entre grupos residen precisamente durante esta fase, donde el grupo escolar desarrolla una mayor energía cinética que

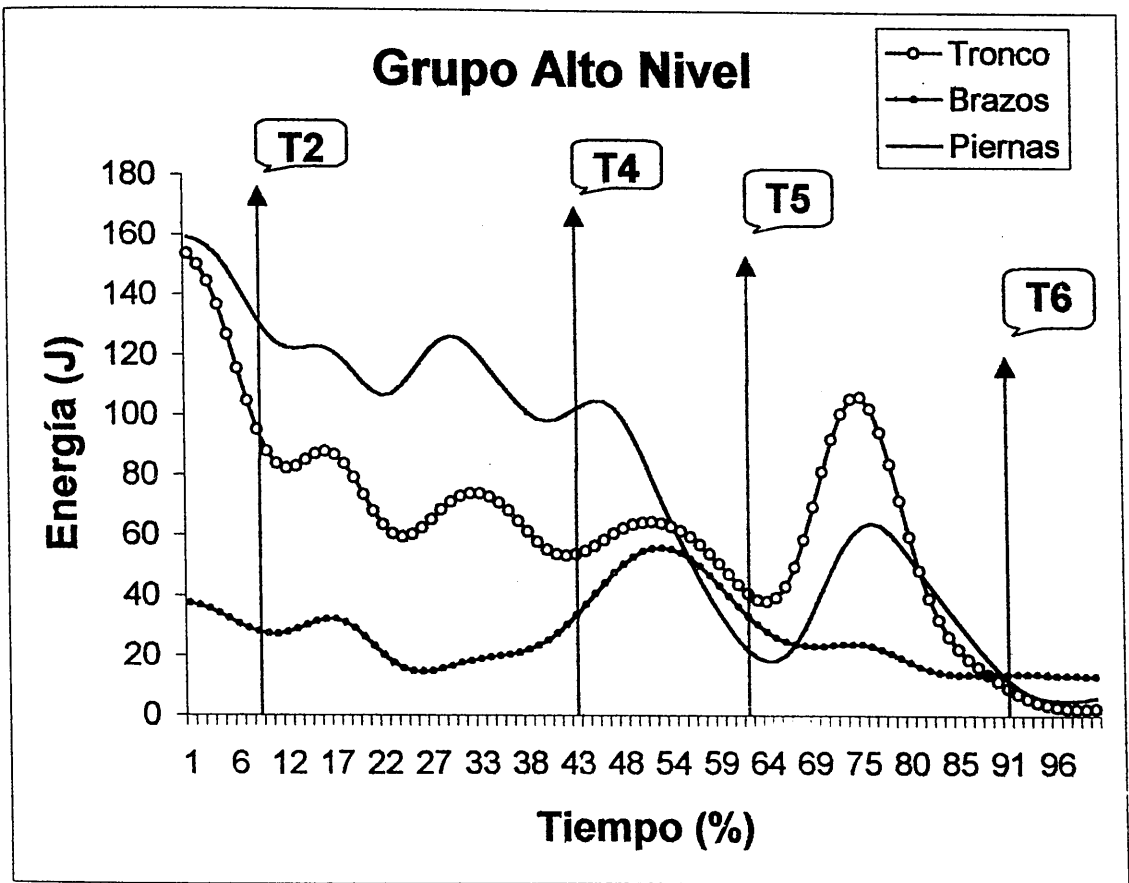
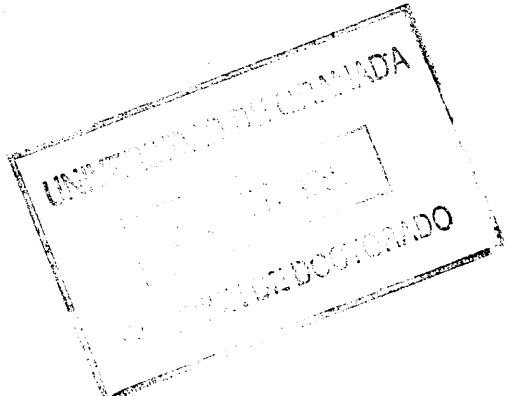


Figura 43. Representación gráfica de la evolución de la energía cinética del tronco, brazos y piernas (grupo de Alto Nivel).





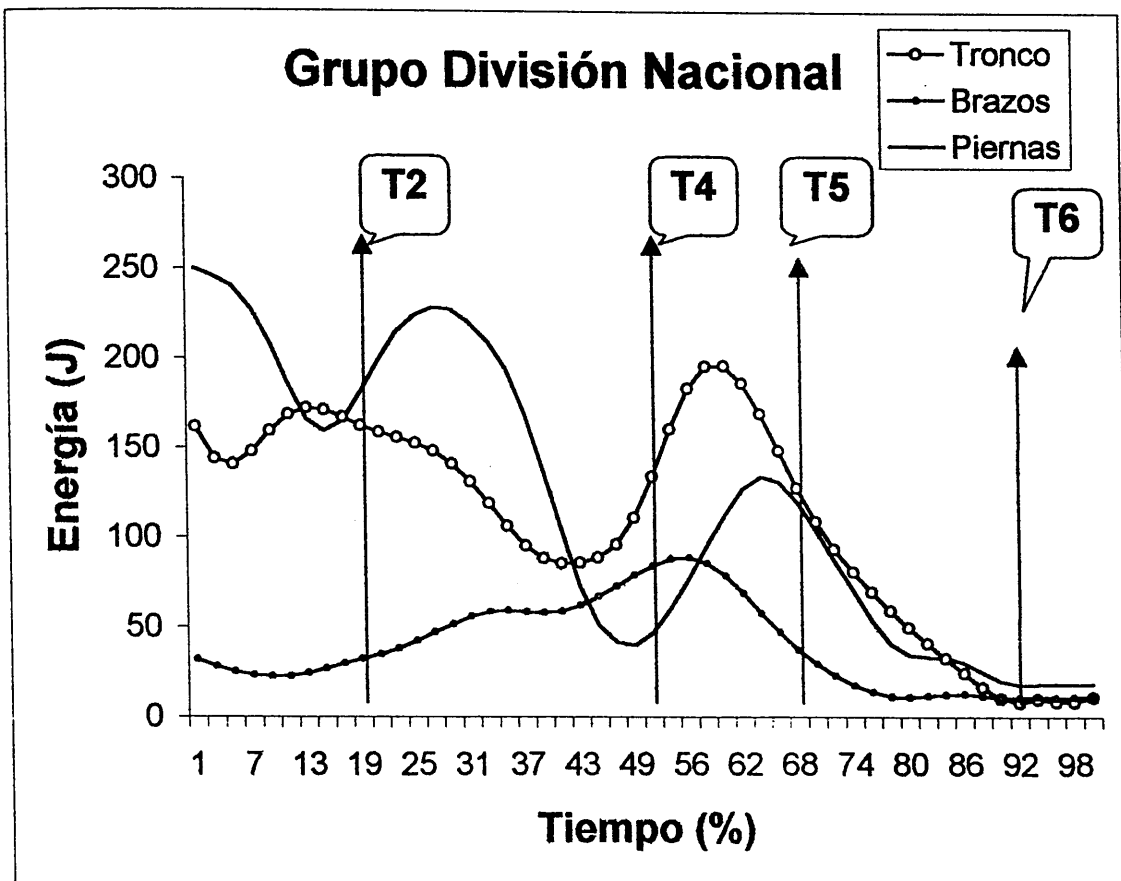


Figura 44. Representación gráfica de la evolución de la energía cinética del tronco, brazos y piernas (grupo de División Nacional).

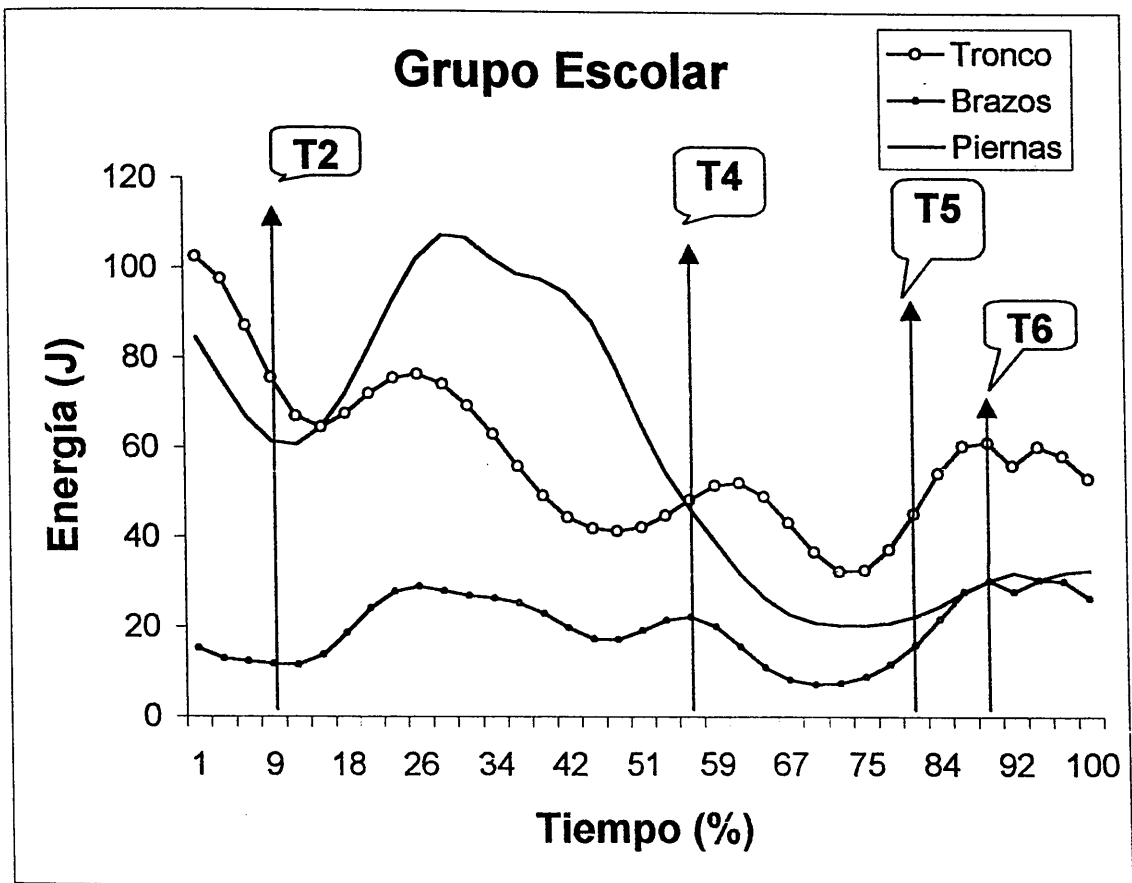


Figura 45. Representación gráfica de la evolución de la energía cinética del tronco, brazos y piernas (grupo Escolar).

el resto de los grupos, lo que sugiere que la acción de los brazos durante este Impulso de Aceleración es inferior al resto de los grupos ya comentados anteriormente.

Es significativo que durante el vuelo, el grupo escolar incrementa la energía registrada en los brazos, mientras que el resto de los grupos mantiene su energía con tendencia a descender. Este hecho puede deberse a una acción rápida de los brazos durante esta fase, al ser su Tiempo de Vuelo (TV) demasiado reducido.

Por otro lado, se ha procedido al análisis de las velocidades angulares y al igual que el estudio de la energía cinética se ha comenzado con la valoración de la interacción entre tronco, piernas y brazos, valores medios representados en las figuras 46, 47 y 48, en cada uno de los grupos analizados.

Iniciando el análisis por el tronco, éste presenta diferencias notables entre el grupo de alto nivel y el resto. El grupo de alto nivel mantiene valores constantes y permanece en valores mínimos desde el comienzo del tiempo de la carrera ( $t_2$ ), hasta el momento de perder contacto con el balón ( $t_6$ ), mientras que los grupos de división de honor y escolares mantienen valores más altos en el registro, incrementándose durante el impulso de aceleración ( $t_4$ - $t_5$ ). Este hecho implica que los grupos de división nacional y escolares realizan mayores desplazamientos del tronco durante la realización del gesto, lo que implicaría la no orientación adecuada del tronco hacia la dirección del lanzamiento y una menor estabilidad en la realización del gesto, especialmente durante el impulso de aceleración.

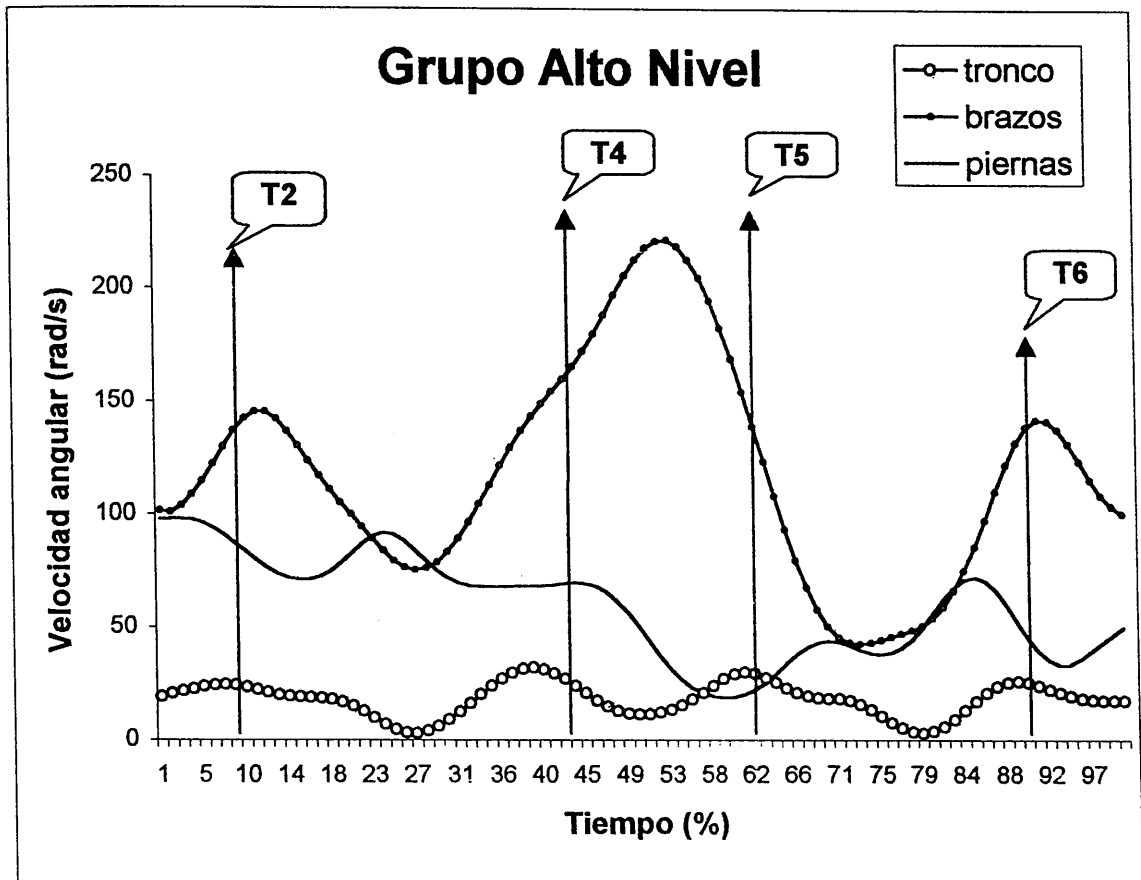


Figura 46. Representación gráfica de las evoluciones de las velocidades angulares del tronco, brazos y piernas (grupo de Alto Nivel).

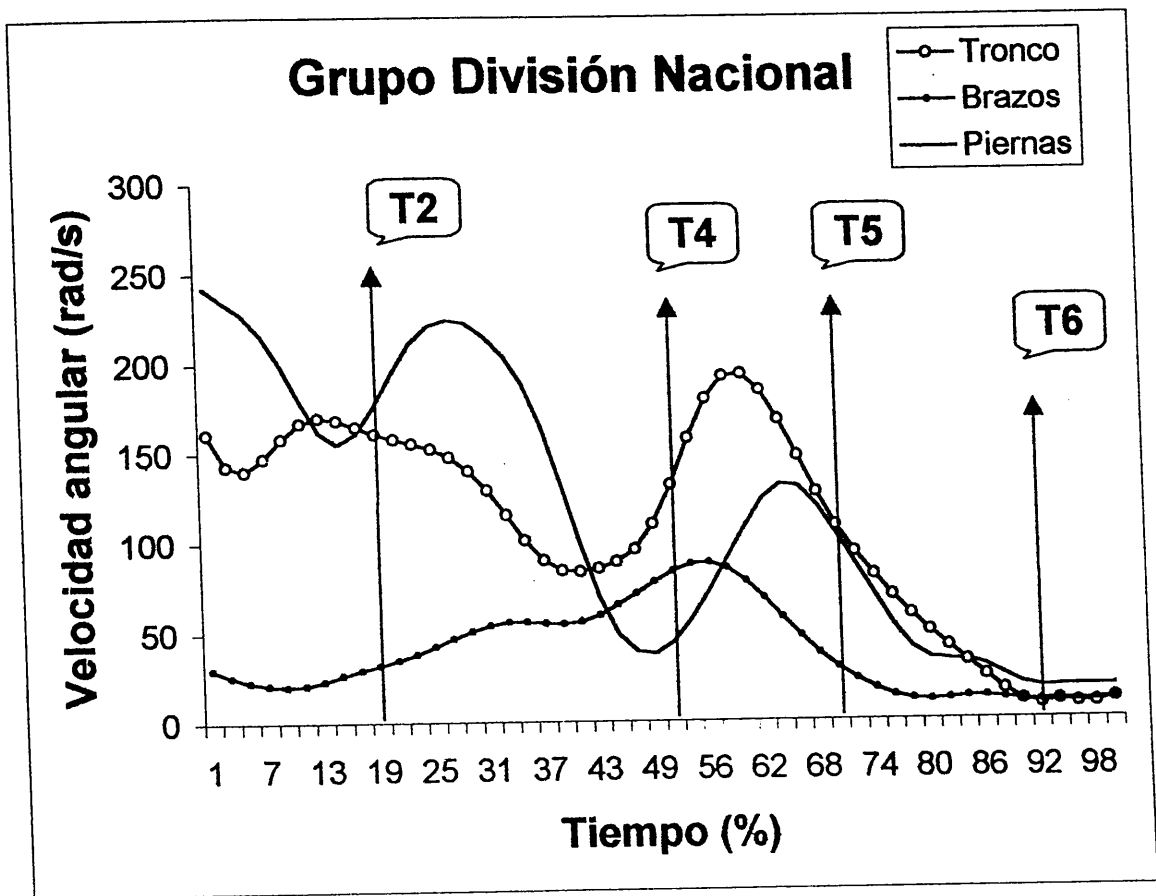


Figura 47. Representación gráfica de las evoluciones de las velocidades angulares del tronco, brazos y piernas (grupo de División Nacional).

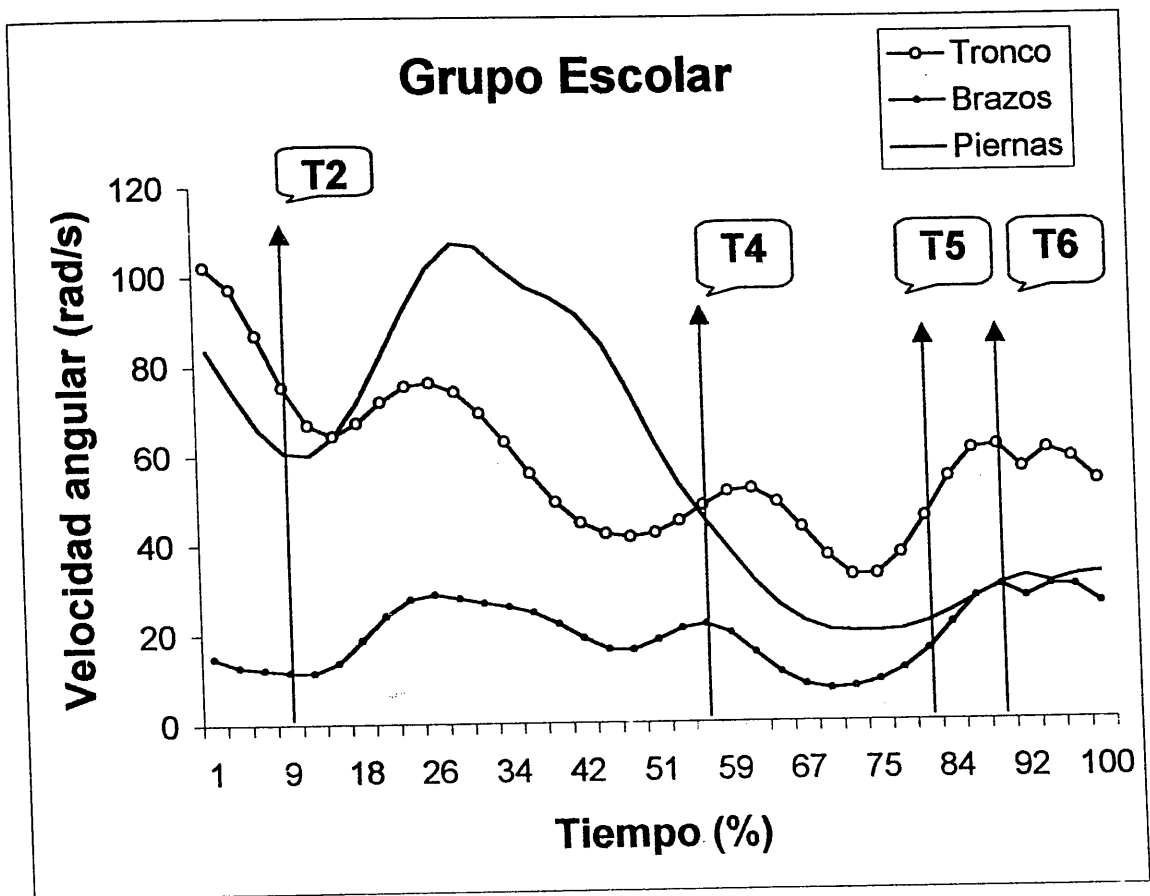


Figura 48. Representación gráfica de la evolución de las velocidades angulares del tronco, brazos y piernas (grupo Escolar).



En relación a las extremidades superiores (brazos), igualmente se aprecian diferencias entre el grupo de alto nivel con respecto a de división nacional y escolares. Mientras que el grupo de alto nivel obtiene dos incrementos considerables en sus registros, correspondiéndose con el intervalo de tiempo de impulso de aceleración ( $t4-t5$ ) y con el instante de salida del balón ( $t6$ ), el grupo de división nacional sólo obtiene un pequeño incremento en el registro durante el impulso de aceleración ( $t4-t5$ ) y el grupo escolar mantiene unos valores constantes y relativamente pequeños.

Se puede decir que el grupo de alto nivel acelera su CG. y consecuentemente obtiene fuerza de componente vertical durante el Tiempo de Impulso de Aceleración ( $t4-t5$ ) a expensas de acelerar los brazos, el grupo de división nacional lo hace a expensas de acelerar el tronco, mientras que el grupo de escolares no utiliza el incremento de fuerza en función de las aceleraciones segmentarias.

Con respecto al comportamiento de la velocidad angular de las piernas, igualmente existen diferencias entre el grupo de división nacional con los de alto nivel y escolar, manteniendo el grupo de división nacional un registro superior al resto de grupos durante el Impulso de Frenado ( $t2-t4$ ).

En relación a la secuencialidad de la cadena cinética y observando tanto los registros de energía cinética como velocidades angulares no se puede afirmar que la cadena cinética donde se involucran, a nivel general, miembros inferiores, tronco y miembros superiores sea secuencial, por el contrario podemos confirmar que tiene

un mayor componente de empuje.

En segundo lugar se ha realizado un análisis de la acción del brazo ejecutor del lanzamiento, analizándose la evolución de sus segmentos corporales (brazo, antebrazo y mano) tanto de la energía cinética como de las velocidades angulares. En las figuras 49, 50 y 51 se muestra las medias de los valores de la energía cinética del brazo, antebrazo y mano en cada uno de los grupos experimentales.

En general se puede decir que la evolución de la energía cinética del brazo, antebrazo y mano discurren de forma similar desde el comienzo del tiempo de carrera ( $t_1$ ) hasta el final del tiempo utilizado en el Impulso de Aceleración ( $t_5$ ).

La mayor diferencia en el registro entre grupos se produce durante el Impulso de Aceleración ( $t_4$ - $t_5$ ) y Tiempo de Vuelo ( $t_5$ - $t_6$ ) especialmente entre el grupo escolar y el resto de los grupos. Mientras en el grupo de alto nivel y división nacional, los registros de brazo, antebrazo y mano se incrementan durante el Impulso de Aceleración ( $t_4$ - $t_5$ ), en el grupo escolar se reduce. Durante el Tiempo de Vuelo ( $t_5$ - $t_6$ ) el grupo de división nacional y el de alto nivel, reducen sus registros de energías cinéticas, mientras el grupo escolar las incrementa, posiblemente sea ésta la consecuencia de una precipitación de acción segmentaria durante este período (Tiempo de Vuelo).

Con respecto a la secuencialidad de la cadena cinética, cabe destacar el incremento de la energía cinética, instantes antes de la pérdida de contacto de la mano con el balón, y de forma simultánea dicho incremento a la reducción de la



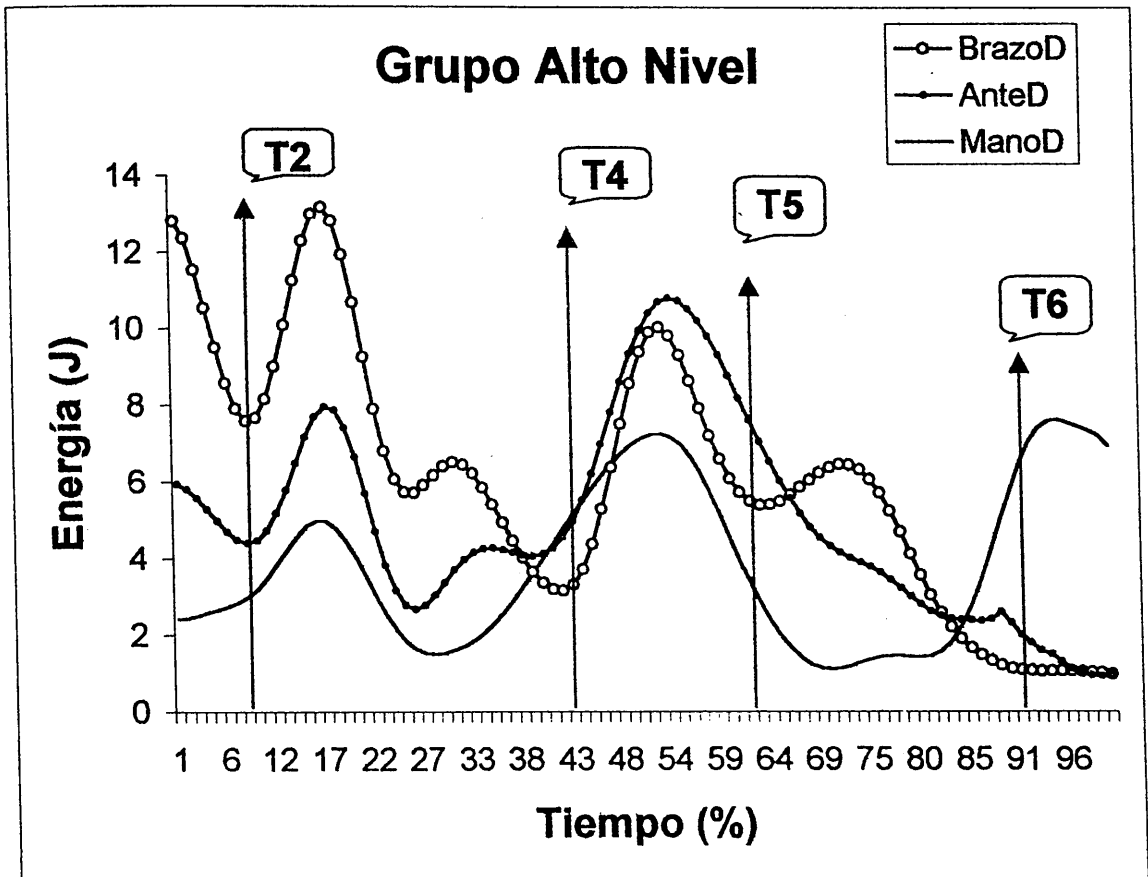


Figura 49. Representación gráfica de la evolución de la energía cinética del brazo, antebrazo y mano derecha (grupo de Alto Nivel).

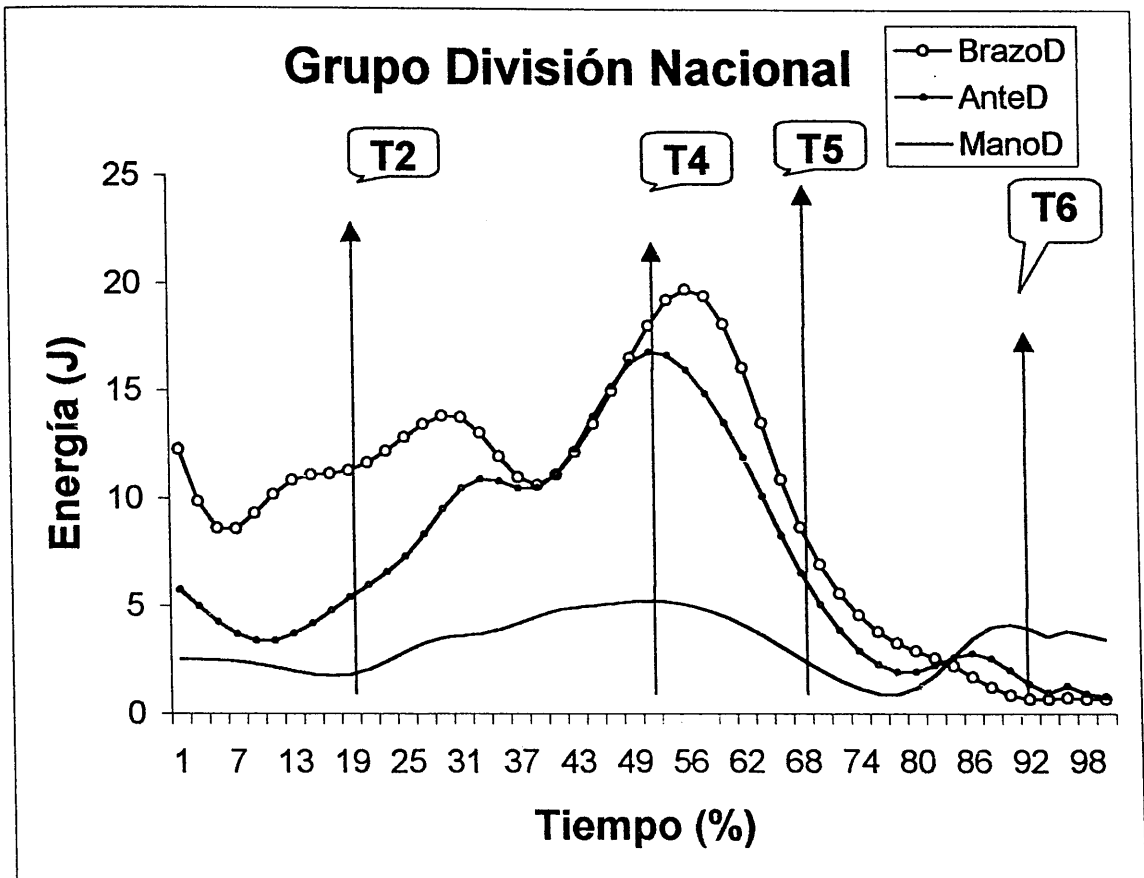


Figura 50. Representación gráfica de la evolución de la energía cinética del brazo, antebrazo y mano derecha (grupo de División Nacional).

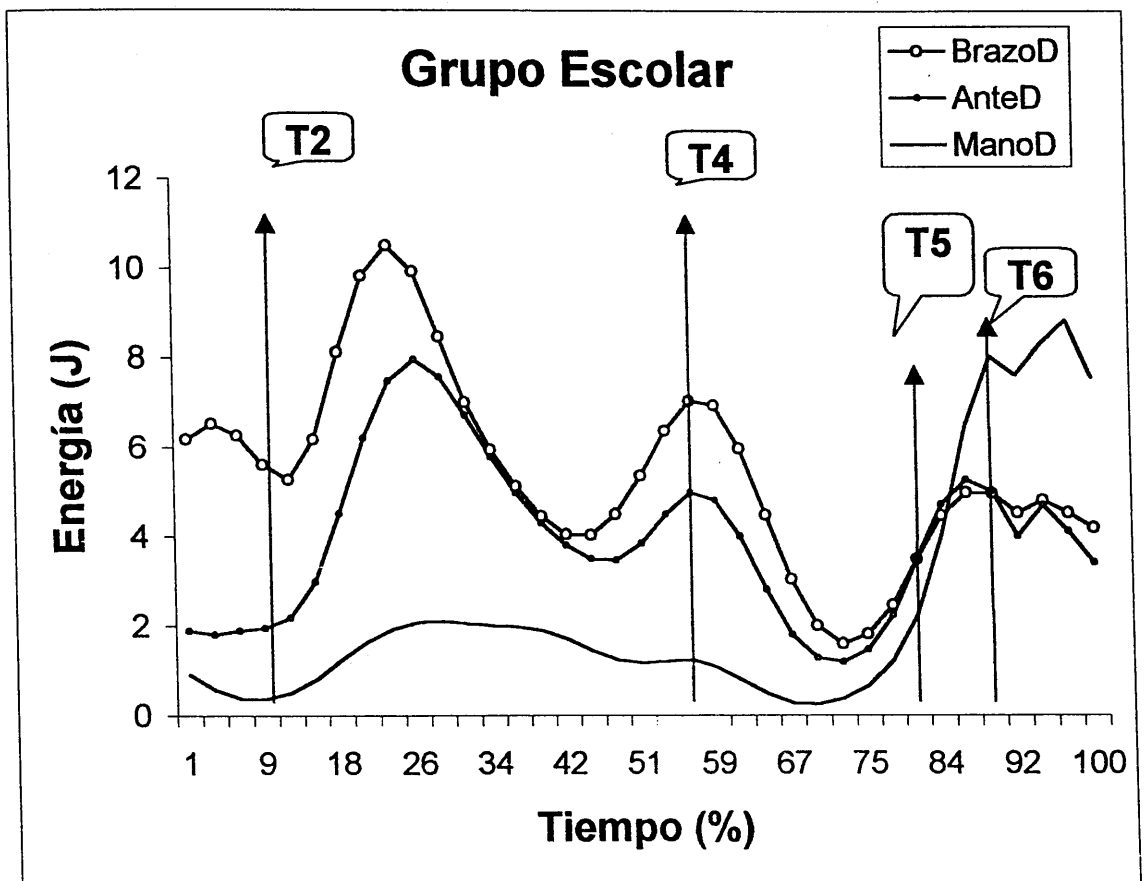


Figura 51. Representación gráfica de la evolución de la energía cinética del brazo, antebrazo y mano derecha (grupo Escolar).

energía cinética de brazo y antebrazo, en este orden. Según el comportamiento de los registros, podemos constatar que, en la última fase del lanzamiento a canasta (final del período de vuelo), existe una cadena cinética secuencial, mas clara en su secuencialidad cuando se trata de los grupos de alto nivel y división nacional. Cabe resaltar el poco incremento que experimenta la energía cinética de la mano del grupo de división nacional, en el instante de perder contacto con el balón, lo que le reduce posibilidades de imprimir al balón una rotación contraria a la dirección del lanzamiento, siendo éste un criterio de eficacia en el lanzamiento a canasta, como se ha descrito en capítulos anteriores.

Por último, es necesario constatar que la secuencialidad de la cadena cinética en el grupo escolar es menor que en el resto de grupos, ya que el registro de la energía cinética del brazo y antebrazo se mantiene con unos niveles relativamente altos y simultáneos.

El comportamiento descrito en relación a los registros de velocidades angulares relativas a brazo, antebrazo y mano (figs. 52, 53 y 54) confirma lo descrito en relación a los registros de energía cinética, observándose de forma más clara la secuencialidad de la cadena cinética en la fase final del lanzamiento en los grupos de alto nivel y División Nacional, mientras que en el grupo escolar sólo podemos indicar que existe un comportamiento secuencial entre antebrazo y mano.

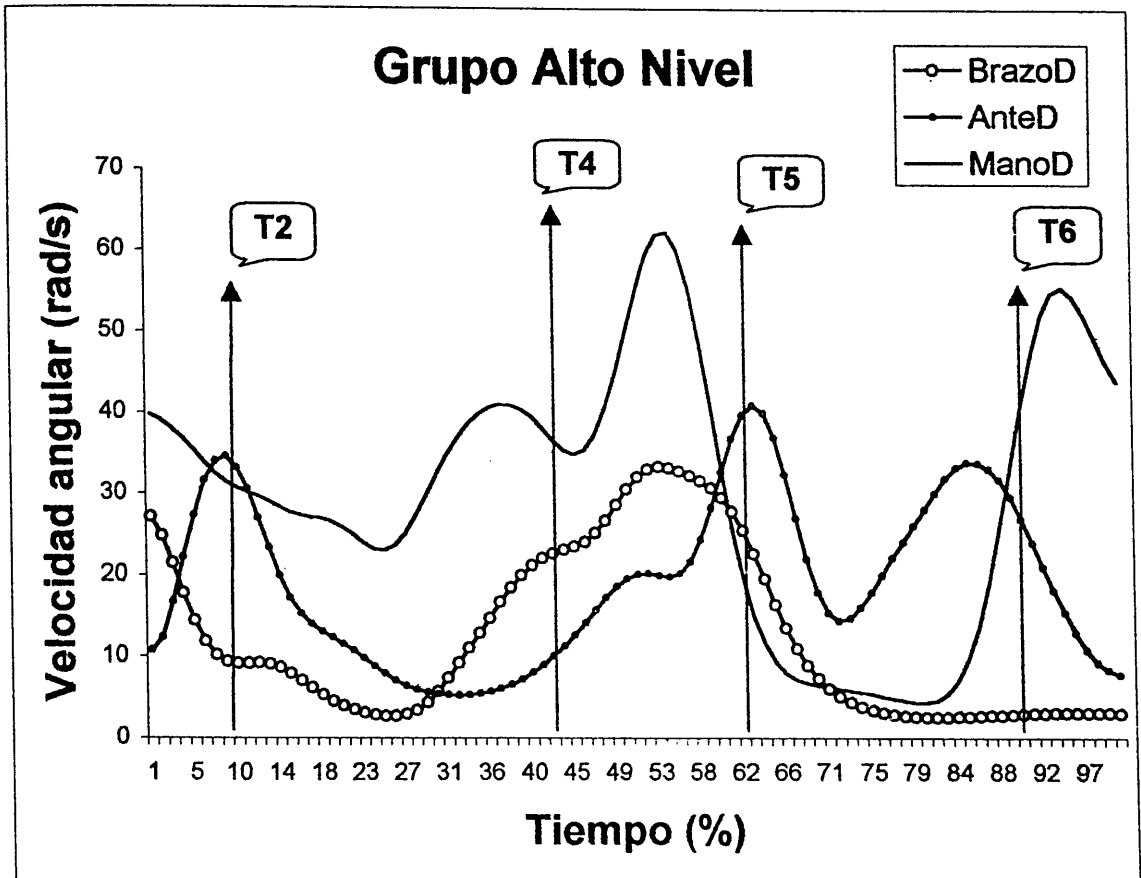


Figura 52. Representación gráfica de las evoluciones de las velocidades angulares del brazo derecho, antebrazo derecho y mano derecha (grupo de Alto Nivel).

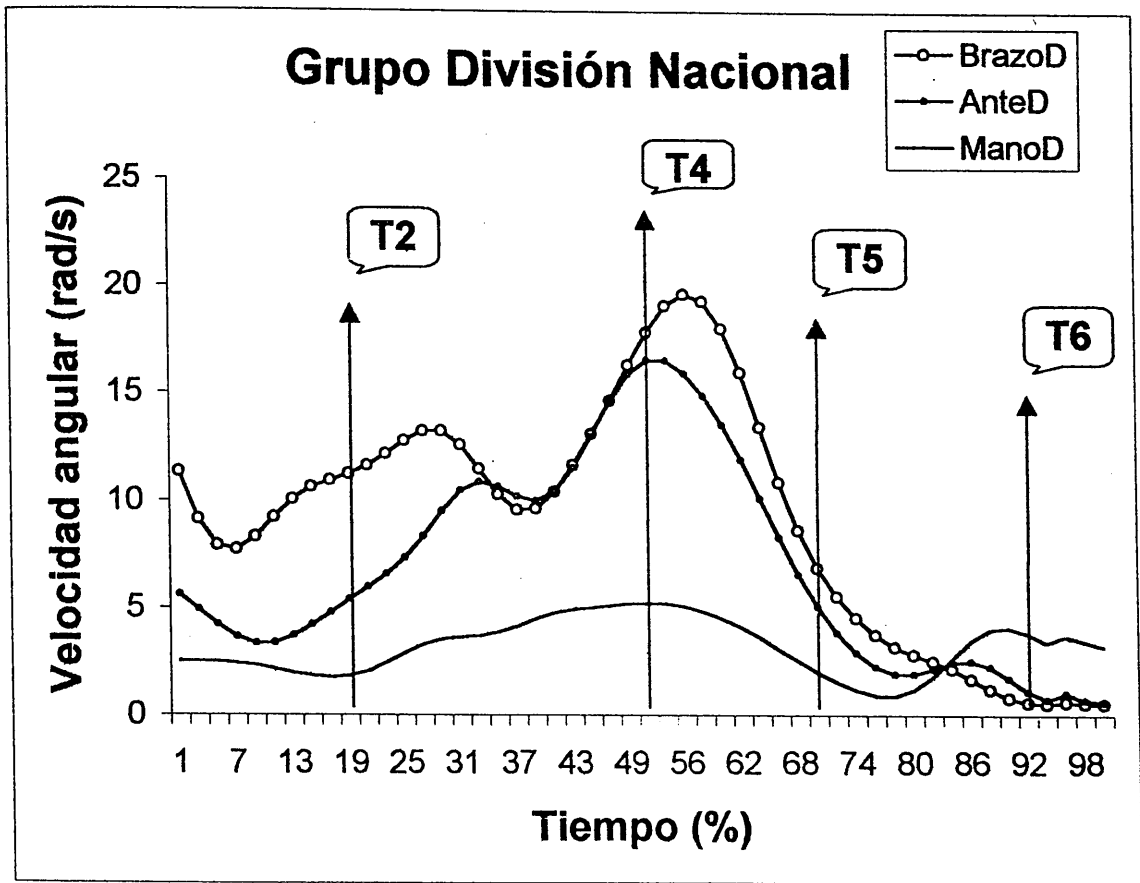


Figura 53. Representación gráfica de las evoluciones de las velocidades angulares del brazo derecho, antebrazo derecho y mano derecha (grupo de División Nacional).

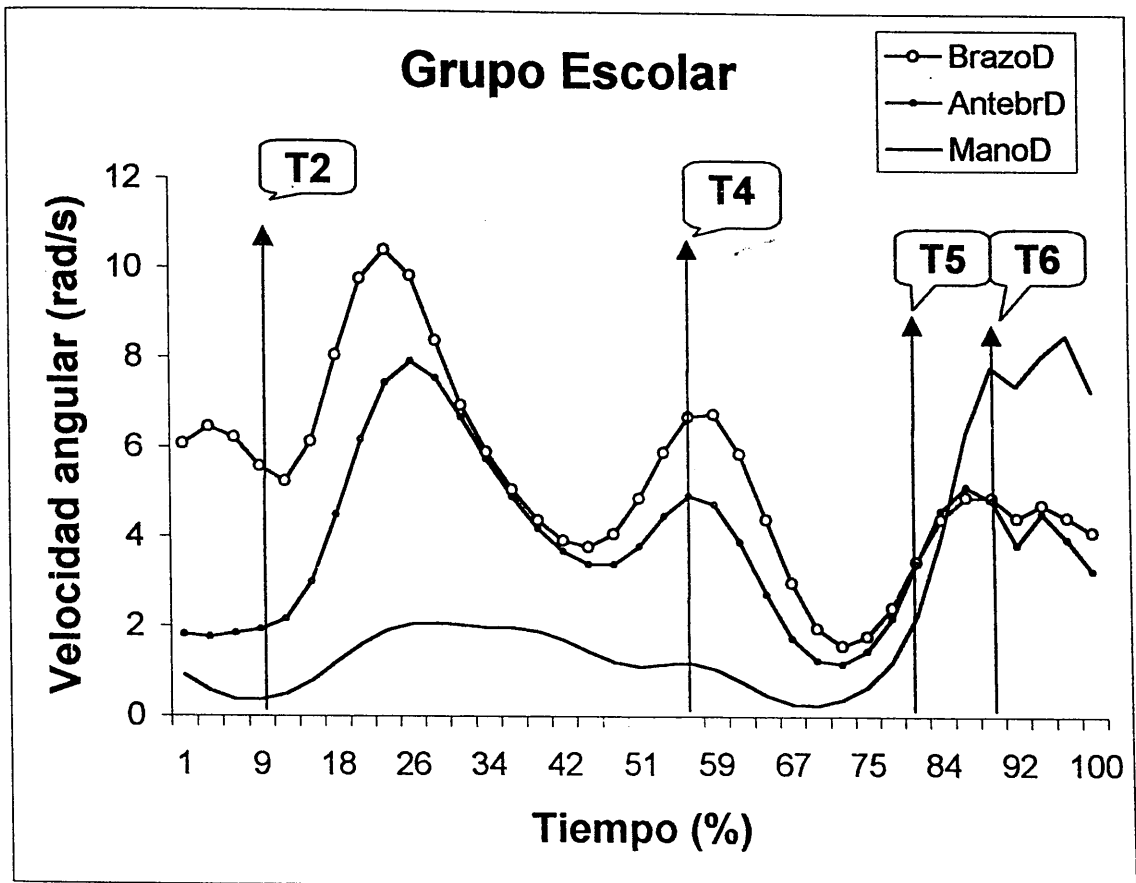


Figura 54. Representación gráfica de las evoluciones de las velocidades angulares del brazo derecho, antebrazo derecho y mano derecha (grupo Escolar).

## DISCUSION



## **4.-DISCUSION.**

Toda investigación requiere una contrastación de los resultados obtenidos con las investigaciones realizadas por otros investigadores y que, en su mayor parte, han sido reflejadas en el capítulo dedicado a la revisión bibliográfica. El propósito de este capítulo será obtener unas conclusiones razonadas que responda a los objetivos planteados en esta memoria, así como generar hipótesis y problemas que puedan resolverse en investigaciones futuras. La organización de la discusión se corresponde con la estructura formal desarrollada en los capítulos dedicados, tanto al método como a los resultados, en cuanto a las actuaciones de investigación y la secuencia que se ha mantenido en los grupos de variables.

### **4.1.-Primera actuación de investigación.**

Debemos recordar que durante la primera actuación de investigación se ha analizado la consistencia temporal de los períodos en los cuales se ha dividido el lanzamiento a canasta tras carrera previa a través de un estudio intrasujeto que nos permite deducir la variabilidad entre fases durante cuatro repeticiones de cada sujeto.

Fundamentalmente, el objetivo de esta primera actuación de investigación ha sido comprobar la validez interna que conlleva el análisis biomecánico en gestos donde existen reafereencias externas, como se plantea en los objetivos de la presente tesis. Sin esta validez interna la generalización de los resultados sería muy problemática y posiblemente otros objetivos, ya planteados carecerían de valor.

Según los resultados expuestos, no se observan cambios importantes en las tendencias entre los ensayos, lo que indica por un lado, que el gesto ha sido aprendido previamente y no durante la ejecución de los ensayos, es decir, la línea base se ha mantenido durante todos los ensayos, y por otro lado, que el sujeto lanza siempre con similares características temporales, lo que implica que el gesto ha sido automatizado previamente a la realización de la toma de datos, tanto en el grupo de alto nivel y división nacional, como en el grupo escolar, el cual también mantiene la misma consistencia que el resto de los grupos.

Aunque los antecedentes relativos a la consistencia temporal están más relacionados con gestos simples, especialmente estudiados por Schmidt (1985 y 1988), algunos estudios relacionados con movimientos complejos confirman los resultados obtenidos por nosotros, aunque en la mayoría de los casos el objeto de estudio han sido gestos de bucle abierto. Así, Shapiro et al, (1981) encuentra invariabilidad temporal en los tiempos relativos a la fase de carrera, el propio Schmidt (1988) coincide con Shapiro et al.(1981) con respecto a las invariantes temporales al estudiar un movimiento complejo del codo. Quizás los estudios más específicos y relacionados con la tarea propuesta en nuestro estudio sean los llevados a cabo por Wrisberg y Pein (1992), Ferrario et al (1993) y Vaughn y Kozar (1993), los cuales estudian la consistencia temporal relacionada con el lanzamiento de tiro libre, resultando, al igual que en nuestro estudio, un tiempo entre fases relativamente constante. Igualmente sucede con los estudios de Pike (1983) y Phillips (1985) al describir los parámetros de invariabilidad en golpesos con el pie en futbolistas profesionales.

Se puede decir que los jugadores analizados en nuestro estudio, lanzan siempre con características similares en lo que a estructura temporal del gesto se refiere, aún cuando existe oponente, siendo necesario recordar que la oposición está sujeta a un protocolo estricto. En este sentido se cumplen las premisas de Schmidt (1985) al proponer el programa motor generalizado, considerando el tiempo relativo entre las fases del gesto como una de las invariantes del programa motor, ya que la otra invariante, que es el orden en el que se producen las fases del gesto, también permanecen constantes en todas las fases del mismo.

Estudios más recientes, como los llevados a cabo por Rojas (1997) donde se estudia la estructura temporal de ejecución del lanzamiento a canasta con carrera previa sin oposición, apuntan que existe una relación muy estrecha entre la consistencia temporal entre las fases de que consta el gesto, dicho autor obtiene resultados similares a los encontrados en este estudio, aunque, en este caso se suma el efecto del oponente.

Al analizar los resultados obtenidos y las diferencias entre sujetos, se puede decir que cada sujeto lanza de forma diferente en relación a su estructura temporal de las fases, pudiendo ser debido a que la ejecución en los lanzamientos depende de las características individuales y experiencia previa de cada jugador, como onfirma en sus estudios Kaelin et al., (1985); Southard et al., (1989); Walters et al., (1990); Southard y Miracle, (1993); Miller y Bartlett, (1996).

Con respecto a los factores temporales estudiados, la mayor variabilidad se



da en el Tiempo de Impulso de Aceleración ( $t4-t5$ ), en todos los casos, lo que no coincide con los resultados obtenidos por Rojas (1997) donde, analizando este mismo gesto, obtiene la mayor dispersión en el tiempo de carrera, ya que los estudios de Rojas (1997) no introducen el factor de oposición, parece lógico pensar que dicha variabilidad está motivada por el efecto de oposición.

Otro componente a resaltar en cuanto a la variabilidad de los datos es el incremento de la misma en el periodo Tiempo de Vuelo ( $t5-t6$ ) cuando se trata del grupo escolar. Dicha variabilidad debe ser la consecuencia que tiene, sobre este grupo, con menor experiencia, el efecto de la oposición.

Al haber quedado constatado que, en el grupo de escolares, el efecto oposición provoca una mayor variabilidad en el Tiempo de Impulso de Aceleración ( $t4-t5$ ) y Tiempo de Vuelo ( $t5-t6$ ) cabría plantearse que los procesos de aprendizaje deberieran orientarse hacia situaciones donde el lanzamiento siempre se realiza con oposición. De esta forma se produciría un ajuste del programa motor adecuado a las referencias externas que percibe el jugador.

#### **4.2.-Segunda actuación de investigación.**

Habiéndose constatado que existe una consistencia temporal adecuada a la ejecución del gesto por parte de los jugadores, podemos decir que existe la suficiente validez interna para continuar la investigación, consistente en valorar el efecto que tienen los diferentes niveles de jugadores (alto nivel, división nacional y escolares) sobre los factores biomecánicos de eficacia que inciden en el lanzamiento

a canasta tras carrera previa.

Al igual que se hizo para la descripción de los resultados, a continuación se discutirán éstos agrupándolos en a) Variables de producto, b) Variables de proceso y c) Evolución de la energía cinética segmentaria.

#### 4.2.1.-Variables de producto.

En relación a los ángulos de salida del balón ( $\theta$  balón) se ha constatado que dicho ángulo va aumentando conforme disminuye el nivel de los jugadores (*Alto Nivel* :  $M=43,69$ ,  $SD=4,23$ ; *División Nacional* :  $M=46,15$ ,  $SD=8,63$ ; *Escolares* :  $M=56,53$ ,  $SD=6,09$ ) en este orden dándose el incremento más sustancial en el grupo escolar. Se ha obtenido una significación importante entre grupos ( $p < 0,005$ ) aunque ésta persiste sólo cuando se cruzan los grupos de alto nivel y división nacional con el escolar. Los datos expuestos referentes a los grupos de alto nivel y división nacional en relación al ángulo de salida ( $\theta$  balón) coinciden con los descritos por Elliot (1992) y Rojas (1997) cuando analizan el lanzamiento a canasta en salto y éstos son relativamente inferiores a los descritos por Toyoshima et al (1985), White y Elliot (1989), Walters et al (1990), Satern (1993). (Tabla 2). Por el contrario, los datos obtenidos por el grupo escolar son sensiblemente superiores a los descritos por todos los autores antes citados.

Las diferencias encontradas entre grupos, pueden deberse, como se deduce al estudiar la ecuación de los proyectiles, al incremento de la altura de salida del balón, provocado generalmente por la mayor altura de los grupos de alto nivel y

división nacional ( $1,95 \pm 0,08$  y  $1,97 \pm 0,10$ ) con respecto al grupo escolar ( $1,80 \pm 0,15$ ).

Con respecto a la variabilidad que puede existir entre los resultados obtenidos en esta investigación y otros autores, como los mencionados anteriormente, también tendría explicación además de las diferencias existentes en la talla de las muestras analizadas, en la distancia de los lanzamientos analizados por los diferentes autores. Satern (1989) argumenta en su estudio que el ángulo de salida del balón depende de los dos factores anteriormente mencionados (altura de salida del balón y distancia de lanzamiento) además de los ángulos del tronco y hombro del brazo ejecutor, variables éstas que se analizarán posteriormente.

Otra posible explicación del incremento del ángulo de salida del balón en jugadores escolares puede estar motivado por el incremento de la velocidad de salida del balón al producirse la pérdida de contacto con el balón cuando el CG de los jugadores correspondientes al grupo escolar aún está ascendiendo en su primera fase, lo que le permite aprovecharse de la velocidad ascendente del CG para incrementar la velocidad de salida del balón como expresa Hochmuth (1982) al describir el principio biomecánico de Impulsos Parciales.

Precisamente, con respecto a la velocidad tangencial de salida del balón, su comportamiento es similar al descrito para el ángulo de salida del balón, encontrándose diferencias significativas a nivel de ( $p < 0,001$ ). Al igual que sucedía con el ángulo de salida del balón, los valores de la velocidad tangencial de salida del balón se incrementan conforme disminuye el nivel de los jugadores (*Alto Nivel*

:  $M=6,10$ ,  $SD=0,65$ ; *División Nacional* :  $M=5,85$ ,  $SD=1,13$ ; *Escolares* :  $M=7,52$ ,  $SD=0,42$ ). Estas diferencias sólo se ratifican al realizar la prueba de contrastes cuando se cruzan los grupos de alto nivel y división nacional con el de escolares.

Los valores obtenidos por el grupo escolar, con respecto a la velocidad de salida del balón, son coherentes con los valores del ángulo de salida del balón, ya que estas dos variables deben de interaccionarse con el propósito de obtener una distancia determinada (Hay, 1982), Toyoshima (1985), Yates y Holt (1982), Satern (1988), Tsarouchas (1990) y Miller y Bartlett (1996).

Con respecto a la variable altura de salida del balón, se han obtenido ciertas diferencias a nivel de ( $p < 0,01$ ), siendo esta menor conforme disminuye el nivel de los jugadores (*Alto Nivel* :  $M=2,87$ ,  $SD=0,26$ ; *División Nacional* :  $M=2,78$ ,  $SD=0,17$ ; *Escolares* :  $M=2,46$ ,  $SD=0,21$ , respectivamente).

Este nivel de significación sólo persiste, cuando se realiza la prueba de contrastes, al cruzar los grupos de alto nivel y división nacional con el de escolares, aunque cuando este dato se contempla en relación al porcentaje con respecto a la altura del jugador, no persisten las diferencias encontradas en valor absoluto, por lo que podemos constatar que han sido debidas al efecto de la talla de los jugadores entre grupos.

Los estudios llevados a cabo por Miller y Bartlett (1996) relativos a la altura de salida del balón durante la ejecución de un lanzamiento a canasta en salto, ponen

de manifiesto que al margen de la talla del jugador existen factores posicionales relativos a los segmentos que inciden sobre dicho factor, como el ángulo del hombro y codo en el instante de soltar el balón, algo que analizaremos más adelante, aunque podemos adelantar que confirma los resultados encontrados en este estudio.

Por último y siguiendo con las variables de producto, sobre la altura máxima de salto desde que despega hasta que suelta el balón ( $SCG_{(balón)}$ ), se han encontrado ciertas diferencias a un nivel de ( $p < 0,05$ ) aunque dichas diferencias sólo persisten cuando se cruzan los grupos de alto nivel y división nacional con el escolar (*Alto Nivel* :  $M=0,38$ ,  $SD=0,15$ ; *División Nacional* :  $M=0,37$ ,  $SD=0,12$ ; *Escolares* :  $M=0,20$ ,  $SD=0,10$ ).

Cuando este dato se refiere al porcentaje con respecto a la altura máxima alcanzada por el CG, ( $\% SCG_{(balón)}$ ) la significación aumenta a  $p < 0,005$ , lo que nos permite afirmar que los jugadores de alto nivel sueltan el balón muy próximo a la altura máxima del salto, mientras que el grupo escolar lo hace próximo a la mitad del recorrido vertical del CG.

Aunque dos criterios básicos de eficacia deben ser: a) *lanzar en el menor tiempo posible*, con el propósito de evitar el efecto de la oposición, (Pinotti, 1992) y b) *lanzar lo más alto posible*, con el propósito de dificultar, en este caso, la acción del oponente. (Gutiérrez et al 1992), estos dos factores deben de tener un cierto compromiso, ya que el incremento de la altura de salida del balón (factor positivo en la eficacia), conlleva un incremento del Tiempo de Vuelo ( $t5-t6$ ) y por



consiguiente un mayor Tiempo Total ( $t_1-t_6$ ), (factor negativo en la eficacia).

Otros autores como Vittassalo, (1982); Hay, (1985); Alexander, (1990) y Knudson, (1993), en relación al desplazamiento vertical del CG, confirman que debe existir este compromiso entre factores (menor tiempo posible de lanzamiento y mayor altura posible del balón al final del lanzamiento). Teniendo en cuenta lo expuesto y los resultados obtenidos en nuestro estudio, cabe plantearse que las diferencias encontradas entre grupos en relación a la altura de lanzamiento ( $SCG_{(balón)}$ ) y, especialmente, el porcentaje de altura máxima del salto con respecto a la altura máxima alcanzada por el CG ( $\%SCG_{(balón)}$ ), encontrado en el grupo escolar (significativamente menor) puede estar motivada por una precipitación en la ejecución de esta fase del gesto, lo que sería negativo con respecto a la precisión del lanzamiento, o por la falta de fuerza necesaria para imprimir la velocidad adecuada al balón. Aunque esta segunda causa no se puede confirmar ya que es precisamente este grupo el que obtiene una mayor velocidad tangencial de salida del balón.

#### 4.2.2.-Variables de proceso.

Debido al considerable número de variables de proceso que se ha creído conveniente analizar, con el propósito de obtener diferencias significativas entre grupos, éstas se han organizado en variables temporales, variables espaciales y velocidades desarrolladas, por lo que se han presentado los resultados en este orden y manteniendo dicha organización.

#### 4.2.2.1.-Variables temporales.

No se han encontrado diferencias ni a un nivel de significación de  $p < 0,05$  en el Tiempo de Descenso del balón ( $t1-t3$ ) ni Tiempo de Impulso de Aceleración ( $t4-t5$ ). Este hecho, y especialmente con respecto al Tiempo de Impulso de Aceleración ( $t4-t5$ ), nos hace pensar que, si la altura máxima a la que llega el CG durante el salto es similar en todos los grupos, el impulso realizado por éstos debe ser también similar, lo que nos permite deducir que la fuerza de los jugadores no ha sido un factor determinante y que la muestra es homogénea entre grupos, posiblemente con una mayor distancia de lanzamiento, el factor fuerza sea más determinante en los resultados. Satern, Keller-Mcnulty (1992) y Satern (1993) no encuentran diferencias entre sexo, en relación al ángulo de salida y velocidad tangencial del balón en los lanzamientos de tiro libre, lo que nos permite deducir que, a dicha distancia, el factor fuerza no es determinante. Si consideramos que el protocolo utilizado en este estudio implica una menor distancia y mayor altura, podemos constatar que tampoco, en nuestro estudio, el factor fuerza es determinante entre grupos.

La variable temporal de proceso donde mayor significación se ha obtenido, ha sido en el Tiempo de Vuelo ( $t5-t6$ ) ( $p < 0,001$ ), manteniéndose las diferencias más sustanciales con respecto al grupo escolar, donde el Tiempo de Vuelo es sensiblemente inferior al resto de grupos. Este resultado ratifica lo expresado con respecto al desplazamiento vertical en relación al porcentaje de la altura máxima del salto. Considerando que la altura del salto es similar en todos los grupos, si el grupo escolar suelta el balón a mitad del desplazamiento vertical del CG, el Tiempo

de Vuelo, que corresponde al período comprendido desde el despegue hasta que suelta el balón, será sensiblemente menor que el resto de grupos que suelta el balón muy próximo a la altura máxima, alcanzado por el CG durante el salto.

Con respecto al Tiempo de Carrera ( $t_1-t_2$ ) sólo se han obtenido ciertas diferencias entre grupos ( $p < 0,01$ ), aunque dichas diferencias sólo persisten cuando se cruza el grupo de división nacional con el de alto nivel. Rojas (1997) utilizando un protocolo similar al propuesto en este estudio encuentra que la dispersión de los datos obtenida entre los sujetos de un mismo grupo, así como intrasujeto, en el Tiempo de Carrera ( $t_1-t_2$ ) es relativamente grande, lo que confirma los resultados obtenidos en este estudio, ya que las desviaciones típicas obtenidas en nuestro estudio se pueden considerar importantes (*Alto Nivel* :  $M=0,07$ ,  $SD=0,08$ ; *División Nacional* :  $M=0,18$ ,  $SD=0,07$  y *Escolares* :  $M=0,07$ ,  $SD=0,05$ ). Estos resultados parecen lógicos, ya que el tiempo de carrera comprende desde que el jugador recibe el balón hasta que toma contacto en el suelo con el primer apoyo y este periodo de tiempo está condicionado por el instante en que se produce el pase y la posición adoptada por el jugador en el momento de recepción del balón, especialmente de la posición del pie que toma contacto con el suelo en primer lugar.

Con respecto al Tiempo de Impulso de Frenado ( $t_2-t_4$ ), se han obtenido ciertas diferencias entre grupos a un nivel de  $p < 0,05$  siendo mayor conforme disminuye el nivel del grupo (*Alto Nivel* :  $M=0,29$ ,  $SD=0,04$ ; *División Nacional* :  $M=0,30$ ,  $SD=0,06$ ; *Escolares* :  $M=0,37$ ,  $SD=0,06$  respectivamente). Este hecho puede deberse al factor fuerza, aunque debemos considerar que la velocidad



de desplazamiento no es excesiva y por tanto no es necesario aplicar demasiada fuerza para frenar el movimiento. Creemos que este hecho puede deberse a ciertos condicionantes que implican al proceso de aprendizaje, siendo este último planteamiento objeto de otras investigaciones futuras.

Se ha comentado que el tiempo total es un factor de eficacia en el lanzamiento a canasta (Pinotti, (1992); Gutiérrez (1992)), así, cuando el tiempo total disminuye, las posibilidades de oposición del defensor son menores. Si nos atenemos a los resultados obtenidos en este trabajo con respecto al tiempo total (*Alto Nivel* :  $M=0,76$ ,  $SD=0,12$ ; *División Nacional* :  $M=0,86$ ,  $SD=0,09$  y *Escolares* :  $M=0,71$ ,  $SD=0,05$ ), el grupo escolar obtiene el menor tiempo total y conseguiría el mejor resultado, pero este hecho es engañoso cuando se analizan las fases, ya que reduce el Tiempo Total ( $t1-t6$ ) a expensas de reducir el Tiempo de Vuelo ( $t5-t6$ ), lo que incidiría negativamente en el segundo factor de eficacia del lanzamiento a canasta que es la altura de salida del balón, por lo que el compromiso entre estos dos factores no se puede considerar adecuado. Mientras que el grupo de alto nivel consigue un equilibrio adecuado entre tiempo total ( $T_{(t1-t6)}$ ) y altura de salida del balón ( $Hs_{(balón)}$ ). Según el análisis de los resultados consideramos que los procesos de aprendizaje en los gestos técnicos que se desarrollan en la competición de baloncesto deberían ir orientados a obtener unos compromisos adecuados entre los factores de eficacia.

#### 4.2.2.2.- Posiciones espaciales.

De las catorce variables analizadas, referidas a las posiciones espaciales adoptadas por los jugadores y relativas a los segmentos corporales, sólo en dos de ellas podemos afirmar que han existido diferencias significativas claras a nivel de ( $p < 0,001$ ) (distancia balón-vértex ( $t_5$ ) en el momento de perder contacto con el suelo y en el ángulo de flexión del hombro en el instante de salida del balón). Sólo en una se han obtenido ciertas diferencias a nivel  $p < 0,05$  (distancia comprendida entre el CG desde el despegue hasta el lanzamiento DCG( $t_5$ )) y en las once variables restantes no mantienen diferencias entre grupos.

Siguiendo a Baker (1983), Ladner (1985), Alexander (1990), Ryan y Holt (1989), White y Elliot (1989), Staern (1989), y Millet y Bartlett (1996), estas once variables referidas a las posiciones segmentarias adoptadas por los jugadores de los diferentes grupos, están condicionadas por la distancia del lanzamiento, lo que confirma el hecho de no haber encontrado en nuestro estudio diferencias significativas algunas al estar el factor distancia bloqueado.

Con respecto a la distancia balón-vértex en el momento de despegue ( $t_5$ ), se han encontrado diferencias significativas claras ( $p < 0,001$ ), aunque dichas diferencias sólo persisten cuando, aplicada la prueba de contrastes se cruzan los grupos de alto nivel y división nacional con el escolar, siendo en este último grupo, la distancia sensiblemente superior (*Alto Nivel*  $M=0,27$ ,  $SD=0,04$ ; *División Nacional*  $M=0,26$ ,  $SD=0,04$ ; *Escolares*  $M=0,40$ ,  $SD=0,09$ .). No se han encontrado referencias documentales que ratifiquen este hecho, posiblemente debido

al número tan reducido de estudios donde se plantean diferencias entre los niveles de jugadores en situación de oposición. El hecho de que la distancia balón-vértex (t5) en el momento de despegue sea prácticamente el doble en el grupo escolar que en el resto de los grupos lo consideramos significativo y puede deberse a una acción segmentaria relativamente pequeña durante el Tiempo de Impulso de Aceleración (t4-t5), lo que se confirma con los resultados obtenidos en la cadena cinética relativa a los segmentos: piernas, tronco y brazos. Durante esta fase, una aceleración vertical de los segmentos (tronco o brazos) implica un incremento en la fuerza vertical resultante. (Dapena y Chung, 1988). El grupo de alto nivel incrementa su fuerza durante el Impulso de Aceleración (t4-t5) a expensas de acelerar sus brazos y el de división nacional a expensas de acelerar su tronco, mientras que el grupo escolar tiene una pobre participación segmentaria durante el Impulso de Aceleración (t4-t5), por lo que al no incrementarse su fuerza neta a expensas de la acción segmentaria, intenta incrementarla al final de ésta desplazando los brazos hacia arriba.

El incremento de esta distancia por parte del grupo escolar se confirma con las dificultades que este grupo tiene para realizar durante la Fase de Vuelo (t5-t6) una cadena cinética secuencial entre brazo, antebrazo y mano respectivamente. Los resultados obtenidos en su cadena cinética confirman que sólo se produce una cierta secuencialidad en los segmentos: antebrazo y mano, posiblemente porque en el instante del despegue el brazo ya se encuentra demasiado alto.

Con respecto al ángulo de flexión del hombro en la salida del balón, se han obtenido diferencias significativas claras a un nivel de ( $p < 0,001$ ), siendo este

ángulo mayor conforme disminuye el nivel de los grupos (*Alto Nivel* :  $M=136,51$ ,  $SD=6,94$ ; *División Nacional* :  $M=167,68$ ,  $SD=6,21$ ; *Escolares* :  $M=170,19$ ,  $SD=6,39$ ), hecho que confirma y ratifica los resultados obtenidos en la variable balón-vértex en el momento del despegue y los problemas de ejecución de la cadena cinética por parte del grupo escolar y de división nacional en menor grado. Si tenemos en cuenta a Lenart (1993) y Satern (1992) los cuales ponen de manifiesto que las posiciones segmentarias adoptadas al final del lanzamiento deben considerarse como factores relevantes en el lanzamiento a canasta, según las diferencias tan claras con respecto al ángulo de flexión del brazo y distancia balón-vértex en la salida del balón obtenidos, podemos constatar que el hecho de mantener el balón relativamente bajo con respecto al hombro del jugador a expensas, fundamentalmente, de reducir el ángulo de flexión del codo, es un factor de especial relevancia en la precisión del lanzamiento al observarse una cadena cinética posterior con una secuencialidad más adecuada .

En los datos relativos a la distancia comprendida en la proyección del CG desde el despegue hasta el lanzamiento, se han encontrado ciertas diferencias entre grupos a un nivel de  $p < 0,05$ , aunque en la prueba de contrastes sólo se puede confirmar que estas diferencias persisten cuando se cruzan el grupo de alto nivel y división nacional en perjuicio de este último ya que esta distancia es mayor. Este hecho confirma que los jugadores de alto nivel saltan más vertical que el resto de los grupos, lo que también ratifican otros autores como Satern (1993) y Elliot (1989) al estudiar jugadores profesionales y determinar que este factor ayuda a mantener el ángulo y altura de salida del balón.

#### 4.2.2.3.- Velocidades desarrolladas.

De las cinco variables analizadas sobre las velocidades desarrolladas, sólo en una de ellas existen diferencias significativas claras (velocidad media de subida del balón desde la mínima cota hasta el comienzo del Impulso de Aceleración ( $V_{\text{balón}}(t3-t4)$ ) con un valor de ( $p < 0,005$ ) mientras que en la otra variable donde existen diferencias, velocidad del CG proyectado en el plano transversal en el instante de salida del balón ( $V_{x,z}(t6)$ ) dicho valor de significación es de ( $p < 0,05$ ). En las restantes tres variables no se encuentran diferencias entre grupos.

El hecho de que no existan diferencias significativas en la componente horizontal de la velocidad, tanto en el instante de recibir el balón ( $V_{xz}(t1)$ ) y en el instante de despegue del suelo ( $V_{xz}(t5)$ ), nos confirma que todos los grupos se desplazan a una velocidad similar, siendo ésta relativamente baja y especialmente en el grupo de alto nivel. Este hecho se confirma por los estudios llevados a cabo por Hudson (1985) donde realizando un estudio de grupos de diferentes niveles técnicos, concluye que los jugadores de mayor nivel lanzan en una posición más estable, es decir, la estabilidad en el lanzamiento a canasta es un factor de eficacia determinante, la cual es más fácil obtenerla utilizando una velocidad de desplazamiento horizontal relativamente lenta.

Otra de las variables en las que no se han obtenido diferencias significativas claras, es la relativa a la velocidad angular que obtiene la articulación de la muñeca en el momento de salida del balón ( $\omega_{\text{muñeca}}(t6)$ ), aunque analizando la estadística descriptiva se puede comprobar cómo los jugadores de alto nivel





obtienen una velocidad angular mayor. Este dato podría considerarse como un criterio de eficacia determinante para el desplazamiento del balón en el espacio, ya que un incremento de esta variable implica imprimir al balón una mayor velocidad de rotación en sentido contrario a la dirección del lanzamiento, y, en función de la localización de las diferencias de presión producidas por las resistencias aerodinámicas (teorema de Berenouille), el ángulo de entrada del balón en la canasta se incrementa (Hay 1982.)

Sobre la velocidad del CG proyectado en el plano transversal en el instante de salida del balón ( $V_{xz(t_0)}$ ) y la velocidad media de subida del balón desde la mínima cota hasta el comienzo del Impulso de Aceleración ( $V_{\text{balón}}(t_3-t_4)$ ), donde como se ha indicado antes el nivel de significación es claro ( $p < 0,005$ ), podemos decir que dichas diferencias se mantienen cuando se cruzan los grupos de alto nivel con el de escolares siendo en este último grupo, de escolares, sensiblemente inferior dicha velocidad media. (*Alto nivel* :  $M=4,42$ ,  $SD=1,64$ ; *División Nacional* :  $M=3,27$ ,  $SD=0,57$ ; *Escolares* :  $M=2,15$ ,  $SD=0,47$ ).

El hecho de acelerar los brazos hacia arriba durante el Tiempo de Impulso de Frenado, es decir, cuando los grupos musculares actúan en actividad excéntrica, hace que se incremente la fuerza que actúa contra el jugador desde el suelo, debido a la aceleración de los brazos hacia arriba. Dicha fuerza se puede entender como la reacción a unas fuerzas compresivas originadas a partir de la aceleración vertical del centro de masas, como consecuencia de acelerar los brazos y el balón. Dichas fuerzas compresivas hacia abajo, hacen que se incremente la velocidad de estiramiento de la musculatura durante el Impulso de Frenado y consecuentemente

aumentar la tensión generada por la musculatura durante la actividad excéntrica. (Cavagna (1965), Komi (1973) Dapena y Chung (1988)).

Otro factor que incide positivamente y está relacionado con la velocidad de desplazamiento del balón desde la mínima cota hasta el impulso de aceleración, sería la dificultad que ofrece a cualquier oponente el ejercer una presión sobre el jugador atacante cuando éste está preparando la acción del lanzamiento.

Con respecto a la velocidad del CG transversal en el instante de salida del balón, aunque no existen diferencias significativas claras, podemos constatar como los jugadores de alto nivel mantienen un menor desplazamiento horizontal que el resto de los grupos. Este hecho sugiere que los jugadores de dicho nivel poseen una mayor estabilidad en el lanzamiento y su menor velocidad de desplazamiento horizontal reduce la posibilidad de realizar faltas en ataque, es decir, proyectarse sobre el oponente, lo que además de significar una infracción al reglamento implica una pérdida de la estabilidad para lanzar de forma adecuada.

#### 4.2.2.4.- Cadenas cinéticas.

Los antecedentes previos sobre la valoración de la energía cinética en lanzamientos, se refieren a los trabajos realizados por Navarro (1994) y Rojas (1997), valorándose en ambos casos la cadena cinética en base al análisis de la energía sobre los ejes anteroposterior y transversal de cada segmento en el lanzamiento.

Según los resultados expuestos, la cadena cinética aplicada en el lanzamiento a canasta en suspensión tras carrera previa, se puede considerar de empuje hasta la fase final del lanzamiento, es decir, el periodo de tiempo que dura el vuelo, donde los jugadores de alto nivel y división nacional desarrollan una cadena cinética secuencial, con el propósito de imprimir al balón la velocidad adecuada.

El hecho de que a nivel global en el lanzamiento a canasta en suspensión se haya encontrado un cierto componente de empuje, ya había sido fundamentado por Kreighbaum y Barthler (1981), aunque posiblemente, si la distancia fuese mayor, dicho componente de empuje de la cadena cinética debería convertirse en una acción más secuencial, con el riesgo de pérdida de precisión.

El componente secuencial de la cadena cinética, debería de desarrollarse sólo en los instantes finales del lanzamiento, si la corta cadena cinética secuencial que implica el brazo, antebrazo y mano es la que, básicamente, va a imprimir al balón la velocidad tangencial y ángulo de proyección adecuados, ésta debe realizarse instantes antes de que el CG del jugador alcance su máxima altura, de esta forma, la altura de salida del balón será mayor, la posibilidad del efecto del defensor para bloquear, menor y se crea incertidumbre en el defensor respecto al instante en que se realiza la última acción del lanzamiento.

## CONCLUSIONES

## 5.-CONCLUSIONES.

**A** - La utilización de las técnicas biomecánicas en estudios sobre gestos deportivos que están sujetos a contingencias externas debe seguir avanzando como instrumento válido en la investigación deportiva, toda vez que nos permite ampliar el estudio infinidad de gestos deportivos que, aún con el control experimental correspondiente, se pueden aproximar prácticamente a la situación real de juego, pudiendo por tanto extrapolar los resultados obtenidos.

**B** - El uso del método inverso y técnicas fotogramétricas debe ser un elemento esencial en la investigación biomecánica del deporte, donde gran cantidad de gestos como el es el caso de la presente tesis, por sus casi infinitas posibilidades de variación sólo pueden ser estudiados de esta forma, analizando un gesto real o muy similar a la situación real y determinando las causas que lo producen.

**C** - La consistencia temporal, que no la estructura temporal, del lanzamiento a canasta en suspensión con oposición tras desplazamiento previo, pese a algunas desviaciones en los jugadores escolares, es considerablemente alta en todos los niveles de rendimiento y siendo éste un factor importante en la eficacia del lanzamiento por cuanto supone mantener un programa motor constante, debe ser en el caso de coincidir con una buena estructura temporal, que como se ha visto, no se da en los jugadores escolares, un referente en los procesos de aprendizaje.

**D** - Debido a la deficiente estructura temporal del gesto analizado en el grupo escolar (Altura de Salida del Balón, Tiempo de Impulso de Aceleración y

Tiempo de Vuelo), se deduce que la enseñanza de los gestos deportivos debe realizarse en situación real de juego, toda vez que algunas de estas deficiencias se producen como consecuencias de un aprendizaje alejado de la situación real de juego, y en el caso del lanzamiento a canasta no existir en estos jugadores una respuesta motriz que se inhiba del factor oposición, lo que provoca una deficiente modificación de dicha estructura temporal.

E - La variabilidad entre los diferentes sujetos que consiguen la misma eficacia, demuestra que no existe un modelo técnico único y generalizado, sino que en función de las características de cada jugador y la situación contextual existe un modelo ideal individual y por tanto debe ser un referente en los procesos de aprendizaje de gestos deportivos.

F - Mediante este estudio se puede confirmar que, en distancias de lanzamiento relativamente cortas, como la que se utiliza en esta tesis, la cadena cinética desarrollada por los jugadores es de empuje, que corresponde con las exigencias de precisión del lanzamiento a canasta, compatibilizando con una velocidad de ejecución considerable que podría haber perturbado el objetivo de precisión y por tanto más secuencial. No obstante, en todos los grupos y fundamentalmente en la fase final del Tiempo de Vuelo ( $t_5-t_6$ ) que coincide con el lanzamiento del balón propiamente dicho, se observa la existencia de elementos de secuencialidad en la cadena cinética.

G - La estabilidad conseguida en la ejecución del lanzamiento a canasta en suspensión tras carrera previa en el grupo de alto nivel, mediante una correcta

aplicación, entre otras, de velocidades, energía cinética, posiciones espaciales y parámetros temporales, permite obtener mejores resultados. En el gesto analizado, el menor desplazamiento horizontal y el desarrollo de una cadena cinética secuencial del brazo, antebrazo y mano en el último momento del lanzamiento, permite, por una lado, una gran estabilidad en el lanzamiento, a la vez que evita que el jugador se proyecte hacia el defensor y cometa falta en ataque, y por otro lado, dificulta la acción del oponente al crearle incertidumbre sobre el momento del lanzamiento.

**H** - Continuar con la línea de investigación en este trabajo, estudiando gestos de otras modalidades deportivas donde la precisión y velocidad sean elementos comunes. Igualmente profundizar en este mismo trabajo, completándolo con otros factores que no han sido, como sería la influencia de la fuerza de los jugadores en las diferentes variables analizadas, las diferentes distancias al aro y su influencia en la cadena cinética. Por último iniciar los estudios del lanzamiento a canasta en situación real de juego.

## BIBLIOGRAFIA

## BIBLIOGRAFIA



## **BIBLIOGRAFIA**

Abdel-Aziz, Y.I. y Karara, H.M. (1971). Direct linear transformation from comparator coordinates into object space coordinates in Close-Range photogrammetry. *Proc. ASP/UI Symp. Close-Range Photogrammetry, Urbana, Illinois.* Falls Church, V.A. : American Society of Photogrammetry, 1-18.

Alexander, M. (1990). The application of biomechanics to basketball skills. *CAHPER Journal*, 56(3), 4-10.

Amateur Basketball Association (1976). *Conozca el juego*. Edit. Aura. Barcelona.

Angulo, R.M. y Dapena, J. (1992) Comparison of film and video techniques for estimating three-dimensional coordinates within a large field. *International Journal of Sports Biomechanics*, 8, 145-151.

Ariel. (1994). *The ARIEL Performance Analysis System (APAS)*. Manual de referencia del paquete de software.

Asociación de Clubs de Baloncesto (A.C.B.) (1997). Servicio de estadística. *Estadísticas temporada 1996-1997*. A.C.B. Barcelona.

Atwater, A.W. (1977). Biomechanical of throwing correction of common misconceptions. *Jonit Meeting of NAPECM and NAPECM*. Orlando, Flo.

Baker, J. (1983) Teaching of Jump Shot. *Women's Coaching Clinic*, 10, 3-5.

Ball, R. (1989). The Basketball Jump Shot : A Kinesiological Analysis with recommendation for Stength and Conditioning Programs. *National Strenght and Conditioning Association Journal*, 11 (5), 4-12.

Bishop, R.D. y Hay, J.G. (1979). Basketball : The mechanics of hanging in the air. *Medicine and Science in Sport*, 11(3), 274-277.

Bobbert, M.F. y Schenau, J.I. (1988). Coordination in vertical jumping. *Journal Biomechanics*, 21 (3), 249-262.

Bober, T. y Zawadzki, J. (1993). Pre-Stretch phase characteristics and the effectiveness of the take-off in vertical jumping. *XIV Congress International Society of Biomechanics*.

Bosc, G. y Grosgeorge, B.(1985). *Guide pratique du basket-ball*. Vigot, Paris.

Bosco, C. (1985). L'effeto del pre-stiramento sul comportamento del muscolo scheletrico e considerazioni fisiologiche sulla forza esplosiva. *Atleticastudy*, 1, 7-113.

Bracanzio, P.J. (1981). The Physics of Basketball. *American Journal of Physics*, 49, 356-365.

Brooks, V.B. (1979). Motor programs revisited. En R.E. Talbot y D.R. Humphrey (Eds.), *Posture and movement* (13-49). New York : Raven Press.

Cárdenas, D. (1995). *Desarrollo y aplicación de un sistema automatizado para la mejora de las variables comportamentales del pase en baloncesto*. Tesis doctoral. Universidad de Granada.

Cárdenas, D. (1997). *Deportes III (baloncesto)*. Universidad de Granada.

Cavagna, G.A.; Saibene, F.P. y Margaria, R. (1965). Effect of negative work on the amount of positive work performed by an isolated muscle. *Journal of Physiology*, 20, 157-158.

Chase, M.; Ewing, M.; Lirgg, C. y George, T. (1994). The effects of equipment modification on children's self-efficacy and basketball shooting performance. *Research Quarterly for Exercise and Sport*, 65, (2), 159-168.

Clauser, C.E.; McConville, J.T. y Young, J.W.(1969). *Weight, volume and center of mass of segments of the human body*. ARML Technical Report 69-70, Wright-Patterson Air Force Base.

Cometti, K. (1989). *La Pliometrie*. Dijon : UFR Staps Dijon. Universite de Bourgogne.

Dapena, J. (1978). A method to determine the angular momentum of a human body about three orthogonal axes passing through its center of gravity. *Journal of Biomechanics*, 11, 251-256.

Dapena, J. y Chung, S.C. (1988). Vertical and radial motions of the body during

the take-off phase of high jumping. *Medicine and science in sports and exercise*, 20(3), 290-302.

Dapena, J.; McDonald, C. y Cappaert, J. (1990). A regression analysis of high-jumping technique. *International Journal of Sports Biomechanics*, 6, 246-261.

Del Río, J.A. (1990). *Metodología del baloncesto*. Ed. Paidotribo. Barcelona.

Diehl, D.; Tant, C.L.; Emmons, S. y Osborn, R. (1993). A comparison of the basketball set shot at two different distances. *XI International Symposium of Biomechanics in Sports*, 309-312.

Drysdale, S.J. (1973). A cinematographic and comparative analysis of the basketball jump shot. (Doctoral Disertation, University of Iowa, 1972). *Dissertation Abstracts International*, 33, 6711-A.

Elliot, B.(1991). The jump shot: A comparison of male and female shooting techniques. *Sports Coach*, 51 (14), 4.

Elliot, B. (1992). A Kinematic comparison of the male and female two point and three point jump shots in basketball. *The Australian Journal of Science and Medicine in Sport*, 24 (4), 111-118.

Elliot, B. y White, E. (1989). A Kinematic and kinetic analysis of the female two point and three point jump shots in basketball. *The Australian Journal of Science and Medicine in Sport*. 21 (2), 7-11.



Ferrario, V.F.; Sforza, C.; Michielson, G. y Pisoni, M. (1993). Quantitative evaluation of the style of movement during the basketball free throw. A new morphological analysis. *XIV International Society of Biomechanics Congress*, 408-409, París.

Gabbard, C.P. y Shea, C.H. (1980). Effects of varied goal height practice on basketball foul shooting performance. *Coach and Athlete*, 42, 10-11.

Gaunt, J.G. (1976). A cinematographical and comparative analysis of the basketball jump shot as performed by male and female shooters. *Unplished Doctoral Thesis*. University of Eastern Kentucky.

Grosser, M. (1982). *Theorie und Praxis aller sportarten*. Blv sportwissen, 402, 125-127.

Grosser, M.; Brüggemann, P. y Zintl, F. (1989). *Alto rendimiento deportivo. Planificación y desarrollo*. Martínez Roca. Barcelona.

Gutiérrez, M.(1990). Desarrollo de un sistema computerizado de análisis cinematográfico y su sincronización con los registros directos para el análisis del movimiento humano. *Tesis doctoral*. Servicio de publicaciones. Universidad de Granada.

Gutiérrez, M; Oña, A. y Santamaría, F.J. (1988). Hacia una epistemología motriz como resultado de la aproximación científica al estudio del movimiento humano. *Motricidad*, 2, 1.. Ed. C.D. INEF Granada.

Gutiérrez, M.; Soto, V.M. y Martínez, M.(1990). *Sistema de análisis computarizado para el movimiento humano*. Málaga : UNISPORT.

Gutiérrez, M; Soto, V.M. y Santos, J.A. (1992). *Análisis biomecánico del remate de voleibol*. Departamento de Educación Física y Deportiva. Universidad de Granada.

Gutiérrez, M. (1997). *Congreso Mundial de Educación Física*. En prensa. Melilla.

Hartley, J.W. y Fulton, C.(1971). Mechanical analysis of the jump shot. *Ahtletic Journal*, 51(7), 92-95, 128-129.

Hatze, H.(1990). Data conditioning and differentiation techniques. *Biomechanics of human movement: applications in rehabilitation, sports and ergonomics*.(Ed. por Berme, N. y Capozzo, A.). 237-248. Bertec Corporation, Worthington, Ohio.

Hay, J.G. (1994). *The Biomechanics of Sports Techniques*. Prentice-Hall, Inc. Englewood Clifs, N.J.

Hay, J.G. y Reid, J.G. (1982). *The anatomical and mechanical bases of human motion*. Prentice-Hall, Inc., Englewood Cliffs, N.J.

Hayes, D. (1987). Body segment contributions to the free throw shooting in basketball. *V International Symposium of Biomechanics in Sports*, Atenas.

Heise, G. (1994). Segment interactions of the arm during the practice of a novel, multijoint throwing skill. *Journal of applied biomechanics*, 10, 352-373.

Hick, W. E. (1952). On the rate of gain of information. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 4, 11-26.

Hill, A.V. (1922). The maximum work and mechanical efficiency of human muscles, and their most economical speed. *Journal of Physiology*. 56, 19-41.

Hochmuth, G. (1973). *Biomecánica de los Movimientos Deportivos*. Doncel, Madrid.

Hudson, J.L.(1985). Prediction of basketball skill using biomechanical variables. *Research Quarterly for Exercise and Sport*, 56(2), 115-121.

Hudson, J.L. (1982). A biomechanical analysis by skill level of free throw shooting in basketball. *I International Symposium of Biomechanics in Sports*, 95-102.

Hudson, J.L. (1985). Shooting techniques for smaller players. *Athletic Journal*, 66(4), 22-23, 56.

Hudson, J.L. (1985). Drop, stop, pop:keys to vertical jumping. *Strategies*, 3, 11-14.

Hudson, J.L. (1985). Coordination of segments in the vertical jump. *Medicine and Science in Sports Exercise*, 18(2), 242-251.

Hull, C.L. (1943). *Principles of behavior*. New York:Appleton-Century.

Huston, R.L. y Passarello, C.E. (1971). On the dynamics of a human body model. *Journal of Biomechanics*, 4(5), 369-378.

Isaacs, L.D. y Karpman, M.B. (1981). Factors effecting children's basketball shooting performance: A log-linear analysis. *Carnegie School of Phisycal Education and Human Movement*, 1, 29-32.

Juhasz, M. y Wilson, B.D. (1982). Effect of ball size on shooting characterictics of juniors basketballers in comparison to adults. *Australian Journal of Sport Sciences*, 2(2), 16-20.

Kaelin, X.; Unold, E.; Stüssi, E. y Stacoff, A. (1985). Interindividual and intraindividual Variabilities in Running. *En Biomechanics IX-B*, (Editado por Winter, D. et al.). 356-360. Human Kinetics Publishers, Champaign, IL.

Kane, T.R. y Scher, M.P. (1970). Human self-rotation by means of limb movements. *Journal of Biomechanics*, 3 (1), 39-49.

Keele, S.W. (1968). Movement control in skilled motor performance. *Psychological Bulletin*, 70, 387-403.

Kerr, B.A. y Booth, A. (1966). Relantionship between speed of reaction and movement in a knee extension movement. *Research Quarterly*, 37, 5-60.

Kinzel, G.L.; Hall, A.S. y Hillberry, B.M.(1972). Measurement of the total





motion between two body segments. Analytical development. *Journal of Biomechanics*, 5(1), 93-105.

Kirby, R. y Roberts, J.A. (1985). *Introductory Biomechanics*. Movement Publications, Ithaca, N.Y.340-343.

Knapp, B. (1963). *La habilidad en el deporte*. Valladolid. Miñón.

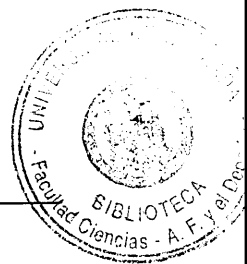
Knudson, D. (1993). Biomechanics of the basketball jump shot:six key teaching points. *Journal of the physical education, recreation and dance*, 64, 67-73.

Komi, P. V.(1973). *Relationship between muscle tension, EMG y velocity of contraction under concentric and eccentric*. New Developments in Electromyography and Clinical Neurophysiology. 596-606. Basel, Karger.

Komi, P. V. (1984). Physiological y biomechanical correlates of muscle function: Effects of muscle structure and stretch-shortening cycle on force and speed. *Exercise and Sport sciences reviews*, 12.

Komi, P. V. (1987). Consideraciones fisiológicas y mecánicas del efecto del preestiramiento previo a la actividad concéntrica muscular. *Simposio Sociedad Ibérica de Biomecánica*. Madrid.

Kramer. H.; Bräuer, D. y KÜchler, G. (1981). Inter-individual variability and intra-individual reaction stability of the mean bioelectrical muscular activity of the long fingers flexors in a model exercise. En *Biomechanics VIIB*. 71-76. (Ed.



H.Matsui y K.Kobayashi), Human Kinetics Publishers, Champaign, IL.

Kreighbaum, E. y Barthler, K.M. (1981). *Biomechanics a qualitative approach for studying human movement*. Burgess Publishing Company: Minneapolis. Minnesota, 377-411.

Ladner, J.L.(1985). Fundamentals of shooting the jump shot. *The Basketball Clinic*, 1, 11-16.

Lapchick, (1968). *50 years of basketball*. Edit. Englewood Cliffs. New Jersey.

Lenart, I. y Rzymkowski, C.(1993). Biomechanical analysis of basketball throw using the kinematographic method and computer simulation. *XIV Congress of the International Society of Biomechanics*. 1, 786-787. París.

de Leva, P. (1996). Adjustements to Zatsiorsky-Seluyanov's segment inertia parameters. *Journal of Biomechanics*, 29(9), 1223-1230.

Lindeburg, F.A. y Hewitt, J.E. (1964). Effect of an oversized basketball on shooting hability and ball handling. *Research Quarterly*, 36, 164-167.

Magil, R. A. (1988). *Motor learning*. Concepts and aplications. Iowa. C. Brown Publishers.

Mahlo. F. (1969). *La acción táctica en el juego*. La Habana. Vigot Freres.

Marteniuk, R.G. (1974). Individual differences in motor performance and learning. En J.H. Wilmore(Ed.), *Exercise and Sport Sciences Reviews*, 2, 103-130.

Martin, T.P. (1981). Movement analysis applied to the basketball jump shot. *Physical Educator*, 38(3), 127-133.

McClay, I.S. y Robinson, J.R. (1994). A profile of ground reaction forces in professional basketball. *Journal of Applied Biomechanics*, 10, 222-236.

McCracken, H.D. y Stelmach, G.E. (1977). A test of the schema theory of discrete motor learning. *Journal of Motor Behavior*, 9, 193-201.

Mechling, H.(1983). *Influence of structural task information and self-regulation on the acquisition of a complex skill in relation to practice conditions and age*. Scandinavian journal of sports sciences, 4(2), 57-61.

Miller, D.I. (1980). A computer simulation modelo of the airborne phase of diving. En *Biomechanics*, (Editado por Cooper, J.M.), Athletic Institute, Chicago, 207-218.

Miller, D.I.(1990). Ground reaction forces in distance running. En P. Cavenagh (Ed.) *Biomechanics of distance running* (203-224). Champaign, IL:Human Kinetics.

Miller, S. y Bartlett, R.M.(1993). The effects of increased shooting distance in the basketball jump shot. *Journal of Sports sciences*, 11(4), 285-293.

Miller, S. y Bartlett, R.M.(1993). Weight transfer in basketball shooting. *XIV Congress International Society of Biomechanics*, 2, 878-879.

Miller, S. y Bartlett, R.M. (1996). The relationship between basketball shooting kinematics, distance and playing position. *Journal of Sports Sciences*, 14, 243-253.

Mortiner, E.M. (1951). Basketball shooting. *Research Quarterly*, 22, 234-243.

Navarro, E. (1994). Análisis biomecánico de la técnica individual del lanzamiento de jabalina. *Tesis doctoral*. Instituto de Biomecánica de Valencia. Universidad Politécnica de Valencia.

Olivera, J. (1991). *Las cualidades motrices básicas en el jugador de baloncesto*. Revista Entrenamiento Deportivo. 5 (5), 38-46.

Oña, A.(1990). *Control, aprendizaje y desarrollo motor*. Proyecto docente. Universidad de Granada.

Oña, A. (1994). *Comportamiento motor. Bases psicológicas del movimiento humano*. Universidad de Granada.

Ozolin, N.(1970). *Educación física y deportes*. Editorial Científico Técnica. Habana.

Passarello, C.E. y Huston, R.L. (1971). *Human attitude control*. Journal of Biomechanics, 4 (2), 95-102.

Pedotti, A.; Rodano, R. y Frigo, C.(1983). Optimization of motor coordination in sport: an analytical and experimental approach. *Biomechanics and Performance in Sport*.(ed. por Baumann, W.). 145-160. V.K. Hofmann, Schorndorf.

Penrose, T. y Blanksby, B.(1976). Film analysis:Two methods of basketball jump shooting techniques by two groups of different hability levels. *The Australian Journal for Health, Physical Education and Recreation*, 14-23.

Pereda, S.(1987). *Psicología Experimental I*. Metodología. Pirámide. Madrid.

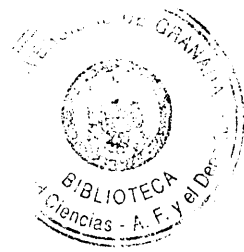
Perrine, J.J. y Edgertone, V.R. (1978). Muscle force-velocity and power-velocity relationships under isokinetic loading. *Medicine Science and Sport*, 10, 159-156.

Pike, N.L. (1983). Variability of performance of skilled punters in football. *Research Abstracts, Minneapolis AAHPERD Convention*, 23.

Phillips, S.J. (1985). Invariance of elite kicking performance. *En Biomechanics IX-B*. 539-542. (Edit por. Winter, D. et al.), Human kinetics Publishers, Champaign, IL.

Pinotti, F. (1992). El tiro es fundamental...como todo. *Clinic* 18, 38-39.

Pintor, D. (1997). *Planteamiento metodológico de la enseñanza del baloncesto*. En prensa.



- Poulton, E.C.(1963). Sequential short-term memory: Some tracking experiments. *Ergonomics*, 6, 518-522.
- Primo, G.(1986). *Baloncesto: el ataque*. Martínez Roca. Barcelona.
- Ramey, M.R. y Yang, A.t. (1981). A simulation procedure for human motion studies. *Journal of Biomechanics*, 14(4), 203-213.
- Rigal Robert. (1987). *Motricidad humana*. Pila Teleña, S.A. Madrid. España.
- Ripoll, H.(1980). *Activités de perception de balle et de lancer de précision au basket-ball*. París: D.G.R.S.T. Action Sport-Aide, N°77.7.0821.
- Rojas, J. (1997). *Efecto de la oposición sobre los factores biomecánicos del lanzamiento en salto tras carrera previa en baloncesto*. Tesis doctoral. Universidad de Granada.
- Ryan, P. y Holt, L. E. (1989). Kinematic variables as predictors of performance. In W.E. Morrison (Ed.), *Proceeding of the Seventh International Symposium of the Society of Biomechanics in Sports*, 79-88. Melbourne, Victoria: Footscray Institute of Technology.
- Saénz, P. e Ibáñez, S.(1995). El tiro: Clasificación, evaluación y su entrenamiento en cada categoría. *Clinic*, 3, 29-34.
- Satern, M.N.(1988). Basketball: Shooting the jump shot. *Strategies*, 1(4), 9-11.

Satern, M.N. (1990). Comparison of adult male and female performance on the basketball free throw to that adolescent boys. *VI International Symposium on Biomechanics in Sports*, 307-316.

Satern, M.N.(1993). Kinematics parameters of basketball jump shots projected from varying distances. *XI International Symposium of Biomechanics in Sports*, 313-317.

Satern, M.N.; Messier, S.P. y Keller-McNulty, S.(1989). The effect of ball size and basket height on the mechanics of the basketball free throw. *Journal of Human Movements Studies*, 16, 123-137.

Satern, M.N. y Keller-McNulty, S.(1992). Use of position-time to compare free throw shooting styles of adult male and female basketball players. *Journal of Human Movement Studies*, 22, 13-33.

Schneider, W. y Shiffrin, R.M.(1977). Controlled and automatic human information processing:perceptual learning, automatic attending and a general theory. *Psychological Review*, 84(2), 127-189.

Schmidt, R.A. (1985) The search for invariance in skilled movement behavior. *Research Quarterly for Exercise and Sport*, 56, 188-200.

Schmidt, R.A. (1988). *Motor Control and Learning*. Human Kinetics. Champaign, IL.

Schmidt, R.A.;Treffner, P.J.; Shaw, B.K. y Turvey, M.T.(1992). Dynamical aspects of learning an intelimb rhythmic movement pattern. *Journal of Motor Behavior*, 24, 67-84.

Shapiro, D.; Zernicke, R.F.; Gregor, R. J. y Diestel, J.D. (1981). Evidence form generalized motor programs using gait-pattern analysis. *Journal of Motor Behavior*, 24, 33-47.

Singer, R. (1985). Sports Psychology Today. *VI Congreso Mundial de Psicología del Deporte*. Copenhague.

Sonnenschein, I. (1993). *Percepción y entrenamiento táctico: capacidad perceptiva como componente táctico*. Revista entrenamiento deportivo. 7 (1), 20-27.

Soto, V.M.(1995). Desarrollo de un sistema para el análisis biomecánico tridimensional del deporte y la representación gráfica realista del cuerpo humano. *Tesis Doctoral*. Facultad de las Ciencias de la Actividad Física y del Deporte. Universidad de Granada.

Southard, D.;Miracle, A. y Landwer, G. (1989). Ritual and free-throw shooting in basketball. *Journal of sports sciences*, 7(2), 163-173.

Southard, D. y Miracle, A. (1993). Rhythmicity, ritual, and motor performance: a study of free throw shooting in basketball. *Research Quarterly for Exercise and Sport*, 64(3), 284-290.



Springate, D. (1986). The three-point shot: how can women make it count?. *Basketball Monthly*, 25(6), 28-29.

Stimpson, P. (1986). *Basketball: The Skills of the Game*. Crowood Press. London.

Szymanski, F. (1967). A clinical analysis of the jump shot. *Scholastic Coach*, 37(8-9), 59-61.

Thomas, V. (1972). *Basketball Techniques*. Faber and Faber, London.

Thorndike, E.L. (1931). *Human learning*. Appleton-Century.

Tortosa, B. (1987). *Análisis cinemático tridimensional de imágenes captadas por dos cámaras cinematográficas*. Técnicas de Transformación Lineal Directa. Proyecto Fin de carrera. Valencia: Escuela Superior de Ingenieros Industriales.

Toyoshima, S.; Hoshikawa, T. y Ikegami, Y.(1985). Effects of initial ball velocity and angle of projection on accuracy in basketball shooting. In *Biomechanics VII-B* (Ed. H.Matsui y K.Kobayashi), 525-530. Human Kinetics. Champaign, IL.

Tsarouchas, E.; Kalamaras, K.; Giavroglou, A. y Prassas, S. (1990). Biomechanical analysis of free shooting in basketball. *VI International Symposium on Biomechanics in Sports*, 551-560.

Vaugh, R.E. y Kozar, B.(1993). Intra-individual variability for basketball free throws. *XI International Symposium of Biomechanics in Sports*, 305-308.

Vera, P.(1988). Técnicas biomecánicas para el análisis de los movimientos deportivos:estado actual y perspectivas. *Humanismo y nuevas tecnologías en la educación física y el deporte*. Actas del Congreso. Madrid. 235-243.

Vittasalo, J.T. (1982). Anthropometric and physical performance characteristics of male volleyball players. *Canadian Journal Applied Sport Science*, 7 (3), 182-188.

Walters, M.;Hudson, J.M. y Bird, M.(1990). Kinematics adjustments in basketball shooting at three distances. *Proceedings of the VIIIth International Symposium of the Society of Biomechanics in Sports*. Praga, 219-224.

Weinberg, R. (1991). Efecto de la longitud y la ubicación temporal de la preparación mental interna en el rendimiento de tiro en basketbol. *International journal sport psychology*. 22 (3),3-14.

White, L. y Elliot, B.C.(1989). A comparison of the female jump shot technique for the two point and three point goals in basketball. *Sports Coach*, 12(4), 33-35.

Whitsett, C.E. (1963) Some dynamic response characteristics of weightless man. *AMRL Technical Report* 63-18. Wright-Patterson Air Force Base, OH.

Wilkerson, J.D.(1985). *Comparative model analysis of the vertical jump utilized in the volleyball spike with the standing vertical jump*. International Series on

Biomechanics IX-B. vol 5.B. Human Kinetics Publishers : Champaign, Illinois.

Wilson, V. y Kerr, G.(1991). Attentional style and basketball shooting. *Perceptual and motor skills*, 73, 1025-1026.

Wilson, G.; Elliot, B. y Wood, G.(1990). The use of elastic energy in sport. *Sports Coach*, 13(3), 8-10.

Wissel, H.(1994a). *Basketball : Steps to succes*. Human Kinetics. Champaign, IL.

Wissel, H.(1994b). Shooting, a state of mind. *Scholastic coach*, 63(6), 74-77.

Wood, G.A. y Jennings, L.S. (1979). On the use of spline functions for data smoothing. *Journal of Biomechanic*, 12, 477-479.

Wood, G.A. y Marshall, R.N.(1986). The accuracy of DLT extrapolation in three-dimensional film analysis. *Journal of Biomechanic*, 19(9), 781-785.

Wrisberg, C. y Pein, R. L. (1992). The preshot interval and free throw shooting accuracy: An exploratory investigation. *The Sport Psychologist*, 6, 14-23.

Yates, G. y Holt, L.E.(1982). The development of multiple linear regression equations to predict accuracy in basketball jump shooting. *I International Symposium of Biomechanics in Sports*. 103-109.

Yeadon, M.R. (1990). The simulation of aerial movement. *Journal of Biomechanics*, 23(1), 59-90.



Yu, B.; Koh, T.J. y Hay, J.G. (1993). A panning DLT procedure for three-dimensional videography. *Journal of Biomechanics*, 26(6), 741-751.

Zatsiorsky, V.M.(1990). In vivo body segment inertial parameters determination using a gamma-scanner method. *Biomechanics of human movement: applications in rehabilitation, sports and ergonomics*.(Ed. por Berme, N. y Capozzo, A.). 186-202. Bertec Corporation, Worthington, Ohio.

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