

**UNIVERSIDAD DE LOS ANDES  
FACULTAD DE HUMANIDADES Y EDUCACIÓN  
ESCUELA DE EDUCACIÓN  
DEPARTAMENTO DE EDUCACIÓN FÍSICA  
COMISIÓN DE MEMORIA DE GRADO**

**BIOMECÁNICA DEL LANZAMIENTO DE JABALINA EJECUTADO POR OCHO  
ATLETAS MASCULINOS DE LA SELECCIÓN DE VENEZUELA**

**Autor: Deiker A. Rosales Z.  
Tutor: Antonio J. Hernández G.**

**Mérida, Mayo de 2011**

**UNIVERSIDAD DE LOS ANDES  
FACULTAD DE HUMANIDADES Y EDUCACIÓN  
ESCUELA DE EDUCACIÓN  
DEPARTAMENTO DE EDUCACIÓN FÍSICA  
COMISIÓN DE MEMORIA DE GRADO**

**BIOMECÁNICA DEL LANZAMIENTO DE JABALINA EJECUTADO POR OCHO  
ATLETAS MASCULINOS DE LA SELECCIÓN DE VENEZUELA**

**Memoria de Grado presentada como requisito para optar al Título de  
Licenciado en Educación.  
Mención Educación Física, Deporte y Recreación.**

**Autor: Deiker A. Rosales Z.  
Tutor: Antonio J. Hernández G.**

**Mérida, Mayo de 2011**

## DEDICATORIA

Ante todo a Dios que me iluminó en todo este camino tan importante y hacer que todo este tiempo sea mejor.

A mi mamá, ella ha sido mi inspiración en todos los sentidos, gracias por apoyarme y quererme como lo haces, sin ti no hubiese sido posible lograr esto. Gracias vieja, eres la mejor, te quiero mucho.

A mi Papá que me apoyó de una u otra manera durante todo este camino.

A mi hermano Ender, yo se que desde el cielo me has dado fuerzas para seguir adelante.

A mis hermanos Deivi y Desiree, son los mejores hermanos del mundo, que de alguna u otra manera me han guiado y apoyado en todo este camino, sus consejos me ayudaron a poder realizar mis objetivos.

A Missleiddy, mi novia, gracias por amarme como lo haces, tus consejos me han permitido alcanzar mis metas, sin ti no hubiese podido lograr esto. Gracias por ser parte de mi vida. Eres la mejor novia de todas.

A mi sobrino, Alejandro, que en tan poco tiempo te convertiste en mis alegrías.

## AGRADECIMIENTOS

A la ilustre Universidad de Los Andes, por ser como un segundo hogar durante todo este tiempo.

Al profesor Antonio Hernández, por ser mi mentor y amigo, gracias por el apoyo que me dió durante todo este camino.

A la señora Nancy y mi amiga Yoseidy, que me brindaron su amistad incondicional y me abrieron las puertas de su casa, espero que sigan siendo parte de mi vida. Gracias.

A todos mis amigos, por brindarme su amistad, ustedes han hecho que toda mi estancia en este tiempo sea más amena.

## ÍNDICE GENERAL

	<b>pp.</b>
LISTA DE CUADROS.....	viii
LISTA DE GRÁFICOS.....	x
LISTA DE ABREVIATURAS.....	xiii
RESUMEN.....	xv
CAPITULO	
I INTRODUCCIÓN	1
Objetivos de la Investigación.....	3
General.....	3
Específicos.....	3
Hipótesis.....	4
Hipótesis Nula.....	4
Hipótesis Alternativa.....	4
Justificación.....	5
Delimitaciones del Estudio.....	6
Definición de Términos.....	7
II REVISIÓN DE LA LITERATURA	9
Perfil de la Búsqueda y Extensión.....	9
Investigaciones Previas: Biomecánica del Lanzamiento de Jabalina.....	10
Características del Lanzamiento de Jabalina.....	18
Historia del Atletismo.....	18
Atletismo.....	18
Historia del Lanzamiento de Jabalina.....	20
Lanzamiento de Jabalina.....	20
Descripción de la Jabalina.....	22
Fases del Técnicas del Lanzamiento de Jabalina.....	23
Técnicas del Lanzamiento de Jabalina.....	28
Agarre con los dedos índice y pulgar.....	28
Agarre con los dedos medio y el pulgar.....	29
Agarre de tenaza u ortopédica.....	29
Análisis Mecánico del lanzamiento de Jabalina.....	30
Modelo Mecánico del Lanzamiento de Jabalina.....	30
Biomecánica del Lanzamiento de Jabalina.....	31
Videografía y Análisis Computacional.....	44
Cámaras de Video.....	44
Consideraciones en la Velocidad de Grabación.....	45
III MÉTODOS Y MATERIALES	47
Metodología.....	47
Sujetos Intencionado de estudio.....	48
Trabajo de Laboratorio.....	48
Recolección de Datos.....	49
Materiales.....	49
Grabación del Video.....	51
Digitalización de los Datos.....	51
Creación del Modelo para la Digitalización de los Datos.....	52
Procedimiento del Análisis de los Datos.....	54
Procedimiento para el Análisis Estadístico.....	56
Protocolo de la Investigación.....	57

Estudio Piloto.....	58
IV RESULTADOS.....	60
Características Espaciales.....	61
Características Temporales.....	65
Características Espacio-Temporales.....	68
Características Angulares.....	78
Correlación de Spearman.....	85
Regresión Lineal Múltiple.....	88
V DISCUSIÓN.....	90
VI CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	94
REFERENCIAS.....	98
ANEXOS.....	103
A Consentimiento para participar en un proyecto de investigación.....	104
B-1 Ficha del Atleta.....	107
B-2 Autorización al Entrenador.....	108
B-3 Autorización al Atleta.....	109
C Protocolo de grabación de video.....	110

## LISTA DE CUADROS

CUADRO	pp.
1 Definición de términos.....	7
2 Palabras clave para la búsqueda de la información e idiomas utilizados.....	9
3 Puntos anatómicos para crear el esquema de postura del lanzamiento de jabalina.....	53
4 Segmentos corporales utilizados para crear el modelo.....	54
5 Distancia horizontal del lanzamiento.....	60
6 Altura de proyección de la jabalina en el momento en que es liberada.....	62
7 Distancia horizontal desde la punta del pie adelantado hasta la línea de foul al instante de liberar la jabalina.....	64
8 Tiempo de duración del último paso.....	65
9 Tiempo de duración desde el final del último paso hasta el instante en que se libera la jabalina.....	67
10 Velocidad horizontal del centro de masa corporal al inicio del último paso.....	69
11 Velocidad horizontal de proyección de la jabalina en el instante en que es liberado el implemento.....	70
12 Velocidad vertical de proyección de la jabalina en el instante en que es liberado el implemento.....	72
13 Velocidad de proyección de la jabalina en el instante en que es liberado el implemento.....	74
14 Velocidad angular del codo en el instante en que se libera la jabalina.....	75
15 Velocidad angular del hombro en el instante en que se libera la jabalina.....	77
16 Ángulo de proyección de la jabalina en el instante en que ésta se libera.....	78
17 Ángulo de aptitud de la jabalina en el instante en que ésta se libera.....	80
18 Ángulo de posición de la articulación del codo en el momento en que se libera el implemento.....	81
19 Ángulo de posición de la articulación de la rodilla de presión (atrasada) en el Instante de liberar la jabalina.....	83
20 Ángulo de posición de la articulación de la rodilla de soporte (soporte) en el instante de liberar la jabalina.....	84

21	Correlación de Spearman.....	86
22	Regresión Múltiple.....	88



## LISTA DE GRÁFICOS

GRÁFICO	pp.
1 Pasillo y zona de caída para el lanzamiento de jabalina.....	22
2 Descripción de la jabalina.....	23
3 Fase de posición inicial.....	24
4 Fase de impulso.....	24
5 Fase de impulso preliminar.....	25
6 Fase de pasos finales.....	26
7 Fase esfuerzo final.....	27
8 Fase de reversión.....	28
9 Agarre con los dedos índice y pulgar.....	28
10 Agarre con los dedos medio y pulgar.....	29
11 Agarre de tenaza u ortopédica.....	29
12 Modelo mecánico de los factores que afectan el rendimiento del lanzamiento de jabalina.....	30
13 Distancia horizontal del lanzamiento de jabalina.....	31
14 Altura de proyección de la jabalina.....	32
15 Distancia horizontal desde el pie adelantado hasta la línea de foul.....	33
16 Tiempo de duración del último paso.....	34
17 Tiempo de duración desde el final del último paso hasta el instante de liberar la jabalina.....	34
18 Velocidad horizontal del centro de masa corporal al inicio del último paso... ..	35
19 Velocidad horizontal de proyección de la jabalina.....	36
20 Velocidad vertical de proyección de la jabalina.....	37
21 Velocidad de proyección de la jabalina.....	38
22 Velocidad angular del codo.....	39
23 Velocidad angular del hombro.....	39
24 Ángulo de proyección de la jabalina.....	40
25 Ángulo de aptitud de la jabalina.....	41
26 Ángulo de posición de la articulación del codo al momento de liberar la jabalina.....	42
27 Ángulo de posición de la articulación de la rodilla de presión (adelantada)	

	al momento de liberar la jabalina.....	43
28	Ángulo de posición de la articulación de la rodilla de soporte (atrasada) al momento de liberar la jabalina.....	44
29	Procedimiento para la grabación de los videos.....	51
30	Modelo adoptado para la digitalización de los videos.....	52
31	Distancia horizontal del lanzamiento.....	60
32	Altura de proyección de la jabalina en el momento en que es liberada.....	62
33	Distancia horizontal desde la punta del pie adelantado hasta la línea de foul al instante de liberar la jabalina.....	64
34	Tiempo de duración del último paso.....	65
35	Tiempo de duración desde el final del último paso hasta el instante en que se libera la jabalina.....	67
36	Velocidad horizontal del centro de masa corporal al inicio del último paso.....	69
37	Velocidad horizontal de proyección de la jabalina en el instante en que es liberado el implemento.....	70
38	Velocidad vertical de proyección de la jabalina en el instante en que es liberado el implemento.....	72
39	Velocidad de proyección de la jabalina en el instante en que es liberado el implemento.....	74
40	Velocidad angular del codo en el instante en que se libera la jabalina.....	75
41	Velocidad angular del hombro en el instante en que se libera la jabalina.....	77
42	Ángulo de proyección de la jabalina en el instante en que ésta se libera.....	78
43	Ángulo de aptitud de la jabalina en el instante en que ésta se libera.....	80
44	Ángulo de posición de la articulación del codo en el momento en que se libera el implemento.....	81
45	Ángulo de posición de la articulación de la rodilla de presión (adelantada) en el Instante de Liberar la Jabalina.....	83
46	Ángulo de posición de la articulación de la rodilla de soporte (atrasada) en el instante de liberar la jabalina.....	84

## LISTA DE ABREVIATURAS

Abreviatura	Significado
<b>DLT</b>	Transformación Lineal Directa
<b>fps</b>	Fotogramas por segundo
<b>NTSC</b>	NTSC National Television System Committee
<b>IAAF</b>	IAAF International Amateur Athletics Federation
<b>FVA</b>	Federación Venezolana de Atletismo
<b>CMC</b>	Centro de Masa Corporal
<b>CGC</b>	Centro de Gravedad Corporal
<b>2D</b>	Bidimensional
<b>3D</b>	Tridimensional
<b><math>h_o</math></b>	Altura de salida
<b><math>X_{PA-LF}</math></b>	Distancia horizontal desde la punta del pie adelantado hasta la línea de foul
<b><math>t_{DUP}</math></b>	Tiempo de duración del último paso
<b><math>t_{FUP-L}</math></b>	Tiempo de duración desde el final del último paso hasta el instante en que se libera la jabalina
<b><math>V_{XCMC-IUP}</math></b>	Velocidad horizontal del centro de masa corporal al inicio del último paso
<b><math>\theta_o</math></b>	Ángulo de proyección de la jabalina
<b><math>\theta_a</math></b>	Ángulo de actitud
<b><math>\theta_R</math></b>	Ángulo de posición de la articulación de la rodilla
<b><math>\theta_C</math></b>	Ángulo de posición de la articulación del codo
<b><math>V_o</math></b>	Velocidad de proyección de la jabalina
<b><math>V_{ox}</math></b>	Velocidad horizontal de proyección de la jabalina
<b><math>V_{oy}</math></b>	Velocidad vertical de proyección de la jabalina
<b>cps</b>	Cuadros por segundos
<b><math>V_x</math></b>	Velocidad horizontal
<b><math>V_y</math></b>	velocidad vertical
<b><math>\omega_c</math></b>	Velocidad angular del codo
<b><math>\omega_h</math></b>	Velocidad angular del hombro
<b><math>\theta_{RP}</math></b>	Ángulo de posición de la articulación de la rodilla de presión
<b><math>\theta_{RS}</math></b>	Ángulo de posición de la articulación de la rodilla de soporte
<b>m/s</b>	Metros sobre segundos
<b>m</b>	Metros
<b>cm</b>	Centímetro
<b>mm</b>	Milímetro
<b>Hz</b>	Hertz
<b>s</b>	Segundos
<b>rad/s</b>	Radianes sobre segundos
<b>Kg</b>	Kilogramo
<b>gr</b>	Gramo
<b><math>^\circ</math></b>	Grados

<b>t</b>	Tiempo
<b>IBV</b>	Instituto Biomecánico de Valencia “España”
<b>SPSS</b>	Statistical Package for the Social Sciences
<b>ht</b>	Hyper Termina
<b>MOV</b>	QuickTime Movie
<b>HDMI</b>	Interfaz Multimedia de Alta Definición
<b>VGA</b>	Adaptador Gráfico de Video
<b>HD</b>	Alta Definición
<b>LCD</b>	Liquid Crystal Display
<b>HUMAN</b>	Human Movement Analysis
<b>GB</b>	Gigabytes

---

UNIVERSIDAD DE LOS ANDES  
FACULTAD DE HUMANIDADES Y EDUCACIÓN  
ESCUELA DE EDUCACIÓN  
DEPARTAMENTO DE EDUCACIÓN FÍSICA  
COMISIÓN DE MEMORIA DE GRADO

BIOMECÁNICA DEL LANZAMIENTO DE JABALINA EJECUTADO POR OCHO ATLETAS MASCULINOS  
DE LA SELECCIÓN DE VENEZUELA

Autor: Deiker A. Rosales Z.  
Tutor: Antonio J. Hernández  
Mérida, Mayo 2011

RESUMEN

El objetivo de este estudio consistió en analizar características biomecánicas del lanzamiento de jabalina ejecutado por ocho atletas masculinos pertenecientes a la selección de Venezuela. La metodología que se utilizó en esta investigación fue de campo, de tipo descriptivo correlacional, de diseño transversal. En el estudio se utilizó el método de la videografía en 3D, la recolección de datos se realizó utilizando dos cámaras de video Casio Exilim EX-F1, con registro de 300 imágenes por segundos. Para la edición de los videos se empleó el software TMPGEnc 4xP y para la digitalización y creación de la base de datos se utilizó el software HUMAN V-5.0. El análisis de los datos consistió, por una parte en la descripción de cada una de las variables mecánicas. Por otra parte, se realizó un análisis estadístico a partir de la correlación de Spearman y el análisis de regresión múltiple. A partir de la primera prueba se encontró una alta relación entre la distancia horizontal y la velocidad de proyección de la jabalina, la velocidad horizontal de proyección, la velocidad angular del hombro y del codo. El análisis de regresión múltiple por su parte, arrojó como variables predictoras, la velocidad de proyección, el tiempo desde el final del último paso hasta el lanzamiento, el ángulo de proyección, la velocidad angular del hombro y la velocidad horizontal y vertical de proyección. Cabe mencionar que ninguna de las variables seleccionadas por el análisis estadístico se encontraba dentro de los parámetros referidos por la literatura; en los sujetos estudiados, por lo que se concluyó que estos son los motivos que están incidiendo en el bajo rendimiento deportivo alcanzado por los atletas en el lanzamiento de jabalina. Los resultados obtenidos servirán para informar y orientar a entrenadores y atletas con el fin de corregir las deficiencias mecánicas de la ejecución de dicha prueba.

**Palabras Clave:** Biomecánica, jabalina y lanzamiento, cinemática, dinámica y variables

## CAPITULO I

### INTRODUCCIÓN

El atletismo es considerado uno de los deportes más antiguos, nace en Grecia en el año 776 antes de Cristo con la finalidad de que los combatientes griegos se adiestraran y desarrollaran las destrezas y habilidades necesarias para la guerra. Las pruebas de éste deporte incluían carreras, lanzamientos y saltos (acciones básicas que debía poseer un buen guerrero). En la actualidad el atletismo está compuesto por diversas pruebas de pista y de campo. Entre las pruebas de pista se encuentran: velocidad (100,200 y 400 m. planos), medio fondo (800 y 1500 m. planos), fondo (5000 y 10000 m. planos), carreras con obstáculos (100 m. con vallas para mujeres, 110 m. con vallas para varones, 400 m. con vallas y 3000 m. con obstáculos), relevos (4x100 m y 400x400 m), pruebas de calle (maratón 42195 m., marcha 10000 m. para mujeres, marcha 20000 m. y 50000 m. para varones) y las pruebas combinadas (heptatlón para mujeres y decatión para hombres). Las pruebas de campo por su parte están compuestas por los saltos de garrocha, alto, largo y triple; y los lanzamientos de martillo, bala, disco y jabalina (Mazzeo y Mazzeo, 2008).

Esta última prueba constituye el objeto de estudio de la presente investigación y consiste en lanzar una jabalina para que ésta alcance la mayor distancia horizontal posible, para el logro del ello se requieren de grandes habilidades motoras, también es necesario que la jabalina tenga una alta velocidad de proyección (Campos, Brizuela y Ramón, 2008). El lanzamiento de jabalina es una prueba considerada altamente compleja por la gran cantidad de movimientos previos que se realizan para ejecutar el lanzamiento.

El lanzamiento de jabalina y el atletismo en general se encuentra regido a nivel mundial por la Federación Internacional de Atletismo Aficionado I.A.A.F. y a nivel nacional en Venezuela cuenta con la Federación Venezolana de Atletismo F.V.A., organismos que se encargan de controlar y organizar las asociaciones que participan en el atletismo. A nivel nacional, existen diversas categorías: preinfantil, infantil, juvenil, adultos y master. Sin embargo, y a pesar de los esfuerzos realizados por este organismo no se ha logrado una actuación destacada por parte de las atletas venezolanas en la prueba del lanzamiento de jabalina (los resultados en las diversas competencias así lo reflejan) ya que el mejor de los lanzamientos ejecutado por un atleta masculino, alcanzó una distancia de 77,94 m (en el año 2004), este registro se encuentra muy por debajo de la marca mundial, el cual es de 98,48m (en 1998), lo que indica que existen diversos factores en la ejecución de la técnica que están afectando el rendimiento de los atletas venezolanos.

Para detectar las dificultades que afectan el rendimiento deportivo se emplean las ciencias aplicadas al deporte, entre ellas se encuentra la Biomecánica, la cual se encarga de estudiar la mecánica del cuerpo humano cuando realiza cualquier actividad física o destreza deportiva con el fin de identificar si algunas de las variables mecánicas que intervienen en la ejecución de las mismas pudiesen estar afectando el rendimiento deportivo de los atletas (Viladot, 2004).

En este sentido, la biomecánica aplicada al deporte, juega un papel importante en el estudio de las distintas destrezas deportivas, permitiendo analizar las características cinemáticas y dinámicas (áreas de la mecánica) del lanzamiento de jabalina. A partir de este estudio se explicará el comportamiento de las variables que intervienen en la ejecución del lanzamiento de jabalina específicamente en la fase de esfuerzo final con el propósito de conocer las fortalezas y debilidades técnicas de los atletas venezolanos en esta destreza deportiva, permitiendo de esta manera presentar e informar las recomendaciones tanto a entrenadores como a los atletas en función de los resultados obtenidos y así poder mejorar el rendimiento de estos atletas.

Para llevar a cabo el estudio es necesario determinar el valor de distintas variables, de este planteamiento surgen diversas interrogantes: ¿Cuáles son las variables espaciales que influyen en la fase de esfuerzo final en el lanzamiento de jabalina?, ¿Cuáles son las variables temporales que influyen en la fase de esfuerzo final en el lanzamiento de jabalina?, ¿Cuáles son las variables espacio-temporales que influyen en la fase de esfuerzo final en el lanzamiento de jabalina?, ¿Cuáles son las variables angulares que influyen en la fase de esfuerzo final en el lanzamiento de jabalina?, ¿Cuál es la relación entre la variable dependiente y las variables independientes utilizando la correlación de Spearman? y ¿Cuáles son las variables predictoras en el estudio utilizando un análisis de regresión múltiple?

Una vez calculadas las distintas variables se procederá a realizar el análisis que permita determinar cuáles son las características biomecánicas que están interviniendo en la ejecución del lanzamiento de jabalina.

## **Objetivos de la Investigación**

### ***General***

Evaluar características biomecánicas del lanzamiento de jabalina ejecutado por ocho atletas masculinos de la selección nacional.

### ***Específicos***

- Determinar las características espaciales en la fase de esfuerzo final en el lanzamiento de jabalina.
- Determinar las características temporales en la fase de esfuerzo final en el lanzamiento de jabalina.
- Determinar las características espacio-temporales en la fase de esfuerzo final en el lanzamiento de jabalina.
- Determinar las características angulares en la fase de esfuerzo final en el lanzamiento de jabalina.
- Establecer la relación entre la variable dependiente y las variables independientes utilizando la correlación de Spearman.
- Predecir las variables determinantes en el estudio utilizando un análisis de regresión múltiple.

## **Hipótesis**

Al inicio del estudio se elaboraron diversos supuestos para dar respuesta tentativa al comportamiento de las distintas variables (relación entre las mismas) en la ejecución del lanzamiento de jabalina (Rodríguez, 2005). Para ello se plantearon las siguientes hipótesis:

### ***Hipótesis Nula ( $H_0$ )***



Es la hipótesis que se desea contrastar mediante la correspondiente verificación (Carot, 1998).

Como supuesto inicial para la presente investigación se consideró como hipótesis nula que:

**( $H_o$ ):** No existe relación entre la distancia horizontal (variable dependiente) alcanzada por la jabalina y las variables independientes.

### ***Hipótesis Alternativa ( $H_a$ )***

Es la hipótesis que se acepta cuando se rechaza la hipótesis nula (Carot, 1998). En el presente estudio se estableció como hipótesis alternativa que:

**( $H_a$ ):** Existe relación entre la distancia horizontal (variable dependiente) alcanzada por la jabalina y las variables independientes.

### **Justificación**

La biomecánica es una ciencia con diversas aplicaciones, una de ellas se encuentra en el ámbito deportivo, en esta área tiene como objetivo central el análisis de la mecánica del cuerpo humano específicamente de las relaciones entre la técnica deportiva empleada, la estructura del movimiento y la eficacia de la técnica (Viladot, 2004). En función de lo señalado es posible a partir de los aportes de esta ciencia, detectar los errores en la ejecución de la destreza y orientar al entrenador y al atleta sobre la metodología empleada, para de esta forma mejorar la técnica deportiva y aumentar las posibilidades de tener éxito. El conocimiento del error es considerado uno de los pasos previos para la obtención de la efectividad en la técnica deportiva (Gutiérrez y Pietro, 2007). Asimismo, se estudian las fortalezas en la ejecución de una destreza deportiva con el propósito de mantener el nivel del atleta y crear un marco referencial para contribuir con el mejoramiento de la técnica de otros atletas.

La prueba de lanzamiento de jabalina es una prueba del atletismo, englobada dentro de las pruebas de lanzamientos, consiste en lanzar una jabalina con el objetivo de que ésta alcance la mayor distancia posible. En la ejecución de la técnica el atleta debe tomar la jabalina desde su centro de gravedad, hacer una carrera, girar las caderas y hombros, llevar atrás la jabalina y lanzarla.

El análisis de esta destreza desde el punto de vista biomecánico ha sido objeto de estudio de un número importante de investigaciones en diversas partes del mundo, sin embargo, luego de un exhaustivo análisis en diferentes bases de datos se observó un vacío de conocimientos respecto a trabajos de carácter científico dirigidos al estudio de la biomecánica de lanzadores de jabalina venezolanos. Otra situación que llama la atención es el bajo rendimiento alcanzado por los atletas venezolanos en esta prueba.

En este sentido, otra de las razones que promueven la ejecución del estudio es la posibilidad de incidir de forma positiva en las marcas de los atletas, ya que el análisis biomecánico de la destreza le permitirá tanto a los atletas así como a sus respectivos entrenadores obtener información científica sobre los factores que están incidiendo en la ejecución de la prueba, para de esta forma hacer las correcciones pertinentes en la mecánica de la ejecución del lanzamiento de jabalina, lo que a su vez se espera que se traduzca en mejores resultados. Debido a la realidad descrita surge la necesidad de realizar la investigación con la pretensión de postularse como marco referencial para estudios biomecánicos posteriores y como guía en el proceso de enseñanza y entrenamiento del lanzamiento de jabalina.

## Delimitaciones del Estudio

- Se seleccionaron a los ocho atletas que avanzaron a la final de la prueba del lanzamiento de jabalina en el Campeonato Nacional Adulto de Atletismo del 2009.
- Los atletas fueron grabados en condiciones de competencia.
- Los atletas estudiados pertenecen a la selección nacional de atletismo de Venezuela.
- De los seis intentos realizados por cada atleta se seleccionó el lanzamiento que alcanzó la mayor distancia horizontal.
- Las variables fueron estudiadas en la fase de esfuerzo final en el lanzamiento de jabalina.

## Definición de Términos

**Cuadro 1.**  
**Definición de Términos**

	<b>Definición</b>
Ángulo	Según el Diccionario Paidotribo de la actividad física y el deporte (1999), es la porción de planos u espacios limitados respectivos por dos rectas o planos que se cortan.
Ángulo de aptitud	Es el ángulo formado por el plano principal de un objeto y la horizontal (Diccionario Paidotribo de la actividad física y el deporte,

Ángulo de ataque	1999).
	Es el ángulo formado por el plano principal del objeto (jabalina) y la dirección del otro plano (espacio) (Diccionario Paidotribo de la actividad física y el deporte, 1999).
Ángulo de proyección	Ángulo formado por el vector resultante de la velocidad y los componentes de la horizontal y la vertical al momento de la proyección (Diccionario Paidotribo de la actividad física y el deporte, 1999).
Centro de gravedad corporal	Según el Manual de Educación Física y Deportes (2004), es el resultante de todas las fuerzas aplicadas al cuerpo, es decir de la sumatoria de cada uno de los centros de gravedad segmentados del cuerpo.
Lanzamiento	Según Sustic, Zissu y Rodríguez (1978) es una prueba atlética en la cual se realizan algunos movimientos específicos, con el fin de proyectar el implemento en el aire, para la alcanzar la máxima distancia horizontal posible.

---

### **Cuadro 1 (cont.)**

Velocidad	Es la relación entre el espacio recorrido con relación al tiempo (Manual de Educación Física y Deportes, 2004).
-----------	---

---

## CAPITULO II

### REVISIÓN DE LA LITERATURA

En este capítulo se desarrollan diversos conceptos relacionados con el lanzamiento de jabalina, para ello se realizó una revisión bibliohemerográfica y electrónica de la temática, a su vez se presentan las bases de datos consultadas y el análisis mecánico de las variables estudiadas.

#### Perfil de la Búsqueda y su Extensión

La búsqueda de la literatura se hizo a través de diferentes medios, siendo la Internet o World Wide Web el medio donde se encontró la mayor cantidad de artículos utilizados en el estudio, a través de palabras clave en distintos idiomas (castellano-ingles-francés) que sirvieron para encontrar artículos. Las palabras utilizadas para la búsqueda fueron las siguientes:

#### Cuadro 2

##### Palabras Clave para la Búsqueda de la Información e Idiomas Utilizados

Castellano	Inglés	Francés
Jabalina	Javelin	Javelot
Lanzamiento de jabalina	javelin throw	lancement du javelot
Mecánica del lanzamiento de jabalina	mechanics of javelin throw	mécanisme de libération du javelot
Dinámica del lanzamiento de jabalina	javelin dynamics throw	dynamique de libération du javelot
Análisis biomecánico del lanzamiento de jabalina	Biomechanical analysis of	analyse biomécanique de
<b>Cuadro 2 (cont.)</b>		
lanzamiento de jabalina	javelin throw	la libération du javelot
Análisis cinemático del lanzamiento de jabalina	kinematics analysis of javelin throw	Analyse cinématique de la libération du javelot)

Entre las bases de datos que arrojaron mayores resultados se encuentra la Sociedad Internacional de Biomecánica del Deporte (siglas en inglés: ISBS), de su página web [www.isbs.com](http://www.isbs.com). La base de datos del laboratorio de Biomecánica de la Universidad de Los Andes (ULA), con Página web [www.biomecanica-ula.org](http://www.biomecanica-ula.org). En este proceso se realizaron visitas a la hemeroteca de la Facultad de

Humanidades y Educación de la Universidad de Los Andes donde se consultaron las siguientes revistas:  
Journal of Applied Biomechanics e International journal of sport Biomechanics.

## **Investigaciones Previas: Biomecánica del Lanzamiento de Jabalina**

Paavo, Komi y Mero (1985), realizaron un análisis biomecánico del lanzamiento de jabalina Olímpico, los sujetos estudiados fueron cinco hombres y seis mujeres finalistas de los Juegos Olímpicos de los Ángeles de 1984, utilizaron la metodología 2D con una cámara de video que grababa a una velocidad de 200 cps, esta estaba ubicada perpendicularmente a la zona de lanzamiento a una distancia de 24 m. Las variables más importantes encontradas en el estudio para los hombres fueron las siguientes: distancia horizontal desde pie adelantado y la línea de foul con una media de 3,29 m ( $\pm 0,70$ ), ángulo de proyección de la jabalina  $38^\circ$  ( $\pm 4$ ), ángulo de aptitud tuvo una media de  $41^\circ$  ( $\pm 9$ ), velocidad horizontal de proyección 21,30 m/s ( $\pm 1,60$ ), velocidad vertical de proyección 17,10 m/s ( $\pm 1,76$ ), velocidad de proyección 27,36 m/s ( $\pm 1,68$ ), ángulo de la rodilla de presión (adelantada) al momento de liberar la jabalina  $165^\circ$  ( $\pm 14$ ), velocidad angular del codo al instante de liberar la jabalina 41,63 rad/s ( $\pm 10,05$ ), velocidad horizontal del CMC al final del doble apoyo 3,04 m/s  $8 \pm 0,34$ ). Los autores concluyeron que para poder alcanzar mayor distancia horizontal se debe aumentar la velocidad de proyección de la jabalina.

Mero, Komi, Korjus y Gregor (1994), realizaron un estudio sobre las contribuciones de los segmentos del cuerpo en el lanzamiento de jabalina en la fase final. Los sujetos analizados fueron los finalistas masculinos y femeninos de los Juegos Olímpicos de Barcelona de 1992, utilizaron el método de la videografía en 3D, para ello emplearon 2 cámaras de video que grabaron a una velocidad de 100 cps. Estos autores analizaron la posición del cuerpo al comienzo y al final del esfuerzo final, estudiaron a su vez la máxima velocidad alcanzada por los segmentos corporales. Las medias de los resultados obtenidas por el estudio fueron las siguientes: en atletas masculinos encontraron el ángulo de salida de la jabalina  $32^\circ$  ( $\pm 3$ ), ángulo de aptitud  $31^\circ$  ( $\pm 6$ ), velocidad de proyección de la jabalina 28,3 m/s ( $\pm 0,9$ ), velocidad horizontal de proyección 23,9 m/s ( $\pm 0,9$ ), velocidad vertical de proyección 14,9 m/s ( $\pm 1,5$ ), tiempo desde el inicio del doble apoyo al final del doble apoyo 0,22 s ( $\pm 22$ ), tiempo desde el final del doble apoyo hasta el instante de liberar la jabalina 0,13 s ( $\pm 12$ ), altura del lanzamiento 1,80 m ( $\pm 0,11$ ), velocidad horizontal de CMC al final del doble apoyo

3,1 m/s ( $\pm 1,0$ ), ángulo de la rodilla de presión (adelantada) al momento de liberar la jabalina  $168^\circ$  ( $\pm 8$ ), ángulo del codo del brazo ejecutor al momento de liberar la jabalina  $123^\circ$  ( $\pm 16$ ), velocidad angular del codo al momento de liberar la jabalina 31,6 rad/s ( $\pm 11,9$ ). Finalmente concluyeron que existía una alta correlación entre la distancia horizontal alcanzada y la velocidad de proyección de la jabalina.

Morris, Bartlett y Fowler (1997), realizaron un análisis biomecánico del lanzamiento de jabalina en hombres en el Campeonato Mundial de Atletismo de 1995, en este estudio se grabaron a los 12 atletas que llegaron al final del evento, el método empleado fue la videografía 3D, utilizaron dos cámaras Photosonics de alta resolución, las mismas fueron alineadas formando un ángulo de  $90^\circ$  entre los lentes de las cámaras. El proceso de digitalización se llevó a cabo a partir de un modelo biomecánico de 18 puntos para el cuerpo y 2 puntos para la jabalina, la sincronización de las cámaras se llevó a partir del proceso de transformación lineal directa. A partir de este proceso se obtuvieron las siguientes medias entre las variables: velocidad de lanzamiento 28,78 m/s, ángulo de salida de la jabalina  $38^\circ$ , ángulo de aptitud  $7^\circ$ , altura de lanzamiento una media de 1,97 m, tiempo de duración desde el final del doble apoyo al inicio del lanzamiento 0,19s, tiempo desde el inicio del lanzamiento hasta la liberación de la jabalina 0,13s, velocidad horizontal del CMC al final del doble apoyo 3,21 m/s, ángulo de la rodilla de soporte al final del doble apoyo  $172^\circ$ , ángulo de la rodilla de soporte (atrasada) al momento de liberar la jabalina  $154^\circ$ , ángulo del codo del brazo ejecutor al instante de liberar la jabalina  $154^\circ$ ; velocidad angular del hombro 18 rad/s y velocidad angular del codo 25,75rad/s. Los autores llegaron a la conclusión de que la velocidad de proyección de la jabalina es la variable más importante para lograr mayor distancia horizontal.

Menzel (1998), analizó las diferencias intra-individuales dentro de cada uno de dos patrones de movimiento en el lanzamiento de jabalina, para el estudio tomó nueve intentos de una atleta femenina de alta competencia de la Universidad de Federal de Minas Gerais Brazil, el promedio de los lanzamientos se encontraban en 57,96m–68,80m. En este estudio se utilizó la videografía 3D, se emplearon dos cámaras de alta resolución y la velocidad de grabación fue de 200 fps. Este autor realizó una comparación entre la velocidad de salida de la jabalina y las variables que describen los miembros inferiores de lanzamiento, esta relación se hizo a partir de la creación de un modelo tridimensional del cuerpo, éste consta de seis segmentos con sus respectivas articulaciones; pierna, muslo, pie, brazo, antebrazo, tronco y la articulación del tobillo trabaja como punto de apoyo. El autor dividió en dos grupos los resultados obtenidos, uno cuando la velocidad de salida de la jabalina estaba

por debajo de 25 m/s y el otro cuando la velocidad de salida estaba por encima de 25 m/s. En este estudio se obtuvieron los siguientes resultados; para el primer caso: el ángulo de la rodilla adelantada al momento de realizar el lanzamiento era de  $135^{\circ}$ , mientras que para el segundo caso: el ángulo de la rodilla adelantada estaba entre  $160^{\circ}$ –  $170^{\circ}$ .

Campos, Brizuela y Ramón (2000), realizaron una evaluación de los parámetros biomecánicos del lanzamiento de jabalina en lanzadores de diferentes niveles de rendimiento. Se clasificaron los sujetos en dos grupos, un grupo de marca internacional con record superior a 80m y el grupo de marca nacional (España) con record inferior a 80m. El objetivo del estudio se centró en determinar si algunos de los parámetros utilizados para evaluar la eficacia del gesto establecen diferencias entre uno y otro grupo de lanzadores. La muestra estaba compuesta por 6 atletas de nivel internacional y 8 atletas de nivel nacional. La técnica instrumental utilizada fue la de la videografía en 3D, basada en dos cámaras de alta velocidad, la grabación se realizó a 100 fps. El proceso de digitalización se llevó a cabo de forma manual (fotograma por fotograma) y con el apoyo del programa Kinescan. Para el cálculo de las variables se utilizó un análisis estadístico en el que se compararon las medias de los valores para cada variable, los arrojados para el grupo de atletas de marca menor de 80m; fueron velocidad de la jabalina al instante del despegue  $26,33 \text{ m/s}$  ( $\pm 1,11$ ), velocidad lineal máxima alcanzada por el codo  $15,63 \text{ m/s}$  ( $\pm 1,13$ ), velocidad lineal de codo al instante de liberar la jabalina  $7,13 \text{ m/s}$  ( $\pm 0,90$ ), altura del lanzamiento al instante del despegue  $1,84 \text{ m}$  ( $\pm 0,12$ ) y ángulo de posición de la jabalina al instante del despegue  $38,02^{\circ}$  ( $\pm 2,53$ ). Para el grupo de marca superior a 80m los resultados fueron los siguientes variables: velocidad de la jabalina al instante del despegue  $29,46 \text{ m/s}$  ( $\pm 1,28$ ), velocidad lineal máxima alcanzada por el codo  $17,38 \text{ m/s}$  ( $\pm 1,01$ ), velocidad lineal de codo al instante de liberar la jabalina  $6,85 \text{ m/s}$  ( $\pm 0,85$ ), altura del lanzamiento al instante del despegue  $1,99 \text{ m}$  ( $\pm 0,25$ ), ángulo de posición de la jabalina al instante del despegue  $34,63^{\circ}$  ( $\pm 2,38$ ). Los resultados muestran valores significativamente diferentes entre un grupo y otro, se encontró que los lanzadores de marca (internacional) se diferencian de los lanzadores de marca nacional en la mayoría de las variables.

Xie, Teh y Tan (2001), realizaron un análisis biomecánico en los 19 juegos Asiáticos en los dos mejores lanzadores del evento, para ello utilizaron la metodología en 3D con dos cámaras que grabaron los video a una velocidad de 50 fps, para construir el modelo en 3D se empleó el procedimiento de la transformación lineal directa. El programa que se utilizó en este estudio para digitalizar y calcular las variables fue el Peak Technologies. Obteniendo medias para las siguientes variables de: velocidad de

proyección de la jabalina 25,2 m/s, ángulo de proyección 35,7°, altura del lanzamiento 1,80 m, distancia horizontal desde la línea de foul hasta la punta del pie adelantado 2,6 m, tiempo de duración desde el inicio del doble apoyo hasta el final del doble apoyo 0,28 s, tiempo de duración desde el final del doble apoyo hasta el instante en que se libera la jabalina 0,10 s, velocidad horizontal del CMC al inicio del doble apoyo 4,85 m/s, ángulo de la rodilla de presión (adelantada) al instante de liberar la jabalina 160° y el ángulo del codo de miembro ejecutor al instante de liberar la jabalina 153°. Estos autores concluyeron que se debe aumentar la velocidad horizontal del CMC al inicio del doble apoyo para garantizar la mayor transmisión de esta velocidad a la jabalina.

Xie et al. (2002), realizaron un análisis biomecánico del lanzamiento de jabalina en atletas masculinos en los 21 juegos de Asia Oriental, para ello analizaron los cuatro finalistas de la competencia a través de un estudio en 3D, utilizaron dos cámaras de video. La velocidad de grabación fue de 50 fps, las cámaras se encontraban a 2m de altura, finalizada la grabación se realizó la transformación a 3D a través del método DLT, la digitalización fue realizada a través del programa Peak Motus, los autores crearon un modelo biomecánico de 20 puntos anatómicos que correspondían a los diferentes puntos del cuerpo humano y dos puntos que señalaban ambas puntas de la jabalina. Los resultados de las variables más importantes fueron los siguientes: la media de la altura de lanzamiento con 1,84m, distancia de la línea de foul al agarre de la jabalina 2,55 m, velocidad de proyección de la jabalina 24,12 m/s y el ángulo de salida de la jabalina con un valor de 37°.

Campos, Brizuela y Ramón (2003), elaboraron un análisis cinemático tridimensional del lanzamiento de jabalina en atletas de elite durante el campeonato mundial de atletismo Sevilla 99, los sujetos que se analizaron fueron los finalistas de este campeonato y para el estudio tomaron el video del mejor lanzamiento. Se empleó la videografía en 3D, a partir del uso de dos cámaras marca Panasonic de SVHS, las cuales estaban alineadas formando un ángulo de 90° entre los lentes de las cámaras, estas se coordinaron a través de la transformación lineal directa, para la digitalización de los datos utilizaron el software Kinescan 8.3. El análisis biomecánico de estos autores se centró en la fase preparatoria y la fase final de la destreza. Las variables más importantes encontradas en el estudio fueron las siguientes: tiempo de duración de la fase preparatoria (desde el primer contacto del doble apoyo hasta el final del doble apoyo) con una media de 0,19s, tiempo de la fase final (desde el final del doble apoyo hasta la liberación de la jabalina) con una media de 0,12s, velocidad de salida de la jabalina 29 m/s ( $\pm 0,71$ ), velocidad horizontal de salida de la jabalina 20,02 m/s, velocidad vertical de salida de la jabalina con una media de 15,90 m/s, altura del lanzamiento con una media



de 1,98 m, ángulo de salida de la jabalina 33,5°, ángulo de ataque 36,34°, ángulo de aptitud 2,84°, ángulo de la articulación de la rodilla de presión en dos sub-fases: al final del doble apoyo 171°, al instante de liberar la jabalina 157° y el ángulo de la articulación de la rodilla de soporte al inicio del doble apoyo 122°, al final del doble apoyo 134° y al instante de liberar la jabalina 133°. El ángulo de la articulación del codo del miembro ejecutor al inicio del doble apoyo reportó una media de 160°, al final del doble apoyo se calculó una media de 128° y al momento de liberar la jabalina arrojó una media de 158°. Con todos estos resultados los autores concluyeron que lo más importante es mantener la transmisión de velocidad de todos los miembros hacia la jabalina.

Campos, Brizuela y Ramón (2008), realizaron un análisis cinemático de la técnica individual del lanzamiento de jabalina en un atleta junior de España. El atleta realizó 22 intentos durante un entrenamiento, en este estudio se utilizó la videografía en 3D, con dos cámaras Photo-Sonics 1 PL de alta velocidad sincronizadas a una frecuencia de muestreo de 100 Hz. Las cámaras se situaron en posición lateral y posterior respecto a la zona de lanzamiento formando un ángulo de 90° entre sus ejes focales respectivos. El proceso de digitalización y tratamiento de los datos se realizó con la ayuda del software Fotogrametría V7.6 del IBV Instituto de Biomecánica de Valencia (España). Las coordenadas tridimensionales de los puntos digitalizados se obtuvieron a partir de los ficheros que contenían las coordenadas bidimensionales de cada una de las cámaras aplicando el algoritmo de la Transformación Lineal Directa (DLT). El modelo de análisis utilizado para este estudio estuvo formado por 24 puntos: 22 puntos correspondientes a centros articulares del cuerpo del lanzador, más 2 puntos correspondientes a la jabalina. Para el tratamiento de los datos se utilizó el paquete estadístico SPSS 14.0. A partir del análisis se obtuvieron los siguientes resultados: velocidad de lanzamiento 24,20 m/s ( $\pm 0,66$ ), ángulo de lanzamiento 36,56° ( $\pm 1,55$ ), ángulo de ataque 4,82° ( $\pm 1,87$ ), ángulo de aptitud -2,18° ( $\pm 1,97$ ), altura de lanzamiento 1,89 m ( $\pm 0,04$ ), distancia real 62,23 m ( $\pm 1,99$ ). Los autores concluyeron que para alcanzar mayor distancia horizontal en el lanzamiento se debe aumentar la velocidad de lanzamiento.

Lehmann (2009), realizó un análisis biomecánico del lanzamiento de jabalina en hombres en el Campeonato Mundial de Atletismo en Berlín del 2009, los sujetos de estudio fueron nueve finalistas de este campeonato. El autor concluyó que las variables más importantes en la ejecución de la destreza fueron los siguientes: velocidad de salida de la jabalina 29,3 m/s, ángulo de salida de la jabalina 35,3°, ángulo de aptitud de la jabalina 37,5° y la distancia del pie adelantado con la línea de foul 2,97m.

Leigh, Liu y Yu (2010b), realizaron un estudio de las asociaciones de la técnica del lanzamiento de jabalina y la velocidad de salida en 32 atletas masculinos y 30 atletas femeninos de alta competencia, el método utilizado en este estudio fue el de videografía 3D, se utilizaron dos cámaras de alta resolución a una velocidad de grabación de 60 fps. Los resultados obtenidos en este estudio fueron calculados a través de un análisis de regresión múltiple, mediante este procedimiento se obtuvieron las variables más determinantes en la asociación de la técnica de lanzamiento y la velocidad de salida de la jabalina. Los resultados del estudio arrojaron los siguientes resultados: ángulo de aptitud de la jabalina  $-13^{\circ}$  ( $\pm 0,062$ ), ángulo de inclinación del tronco al momento del lanzamiento  $32^{\circ}$  ( $\pm 0,081$ ).

Leigh, Liu y Yu (2010a), realizaron un estudio de las asociaciones de la técnica del lanzamiento de jabalina y distancia aerodinámica en 32 atletas masculinos y 30 atletas femeninos de alta competencia, el método utilizado en este estudio fue el de videografía 3D esto se logró por medio del procedimiento de transformación lineal, se emplearon dos cámaras de alta resolución HDDV ubicadas de forma paralela y perpendicular a la zona del lanzamiento, la velocidad de grabación fue de 60 fps. Las variables más importantes para el logro de la mayor distancia aerodinámica fueron las siguientes: el ángulo de salida de la jabalina  $33^{\circ}$  ( $\pm 0,547$ ) y el ángulo de posición de la rodilla atrasada al inicio del último paso  $140^{\circ}$  ( $\pm 0,261$ ). Los autores concluyeron que para alcanzar mayor distancia aerodinámica los atletas deben disminuir el ángulo de ataque y la inclinación de la misma al inicio de la fase de lanzamiento.

Cabe señalar que cada uno de los resultados obtenidos en los estudios descritos fueron tomados como marco referencial para el análisis de las variables que afectan la ejecución del lanzamiento de jabalina, ya que para el proceso de los resultados, discusión y conclusiones del estudio (capítulo, IV, V y VI), era preciso desde el punto de vista metodológico el establecimiento de comparaciones entre los resultados obtenidos en el presente estudio y los datos reportados por los autores.

## **Características del Lanzamiento de Jabalina**

### ***Historia del Atletismo***

El atletismo como deporte nace en Grecia, los primeros juegos en los que participó este deporte se realizaron en Olimpia en el año 776 antes de Cristo y para ese entonces constituía el deporte más destacado. El atletismo tenía para esta época como objetivo principal el formar individuos aptos para la

guerra. Las pruebas de este deporte incluían carreras, lanzamientos y saltos. La carrera respondía a la necesidad de los combatientes de poseer miembros inferiores fuertes y resistentes, esta prueba se realizaba en un espacio cubierto de arena que dificultaba el desplazamiento, el salto por su parte les permitía adquirir habilidades para evadir los obstáculos naturales, se ejecutaba con pesas en las manos para acostumbrar a estos a portar la espada y el escudo, los lanzamientos de disco y jabalina les ejercitaba en el uso de armas, en el lanzamiento de piedras y dardos (Mazzeo y Mazzeo, 2008).

En la antigüedad esta actividad física adopta la forma de deporte reglamentado, y conforme fue evolucionando se fueron ampliando y modificando las pruebas, por lo que cada prueba tiene por lo general un origen distinto.

## ***Atletismo***

La palabra atletismo proviene del vocablo griego athletic que significa combatiente dado que en sus inicios el objetivo del mismo consistía en formar individuos aptos para la guerra. Este deporte está compuesto por diversas acciones tales como la carrera, el lanzamiento y el salto. Es considerado un deporte múltiple ya que comprende diversas pruebas cuyas características son distintas. En la actualidad el programa de los Juegos Olímpicos contempla las siguientes pruebas: (Mazzeo y Mazzeo, 2008).

### ***Pruebas de Pista***

#### ***Carreras***

- Velocidad: 100,200 y 400 metros planos.
- Medio fondo: 800 y 1500 metros planos.
- Fondo: 5000 y 10000 metros planos.
- Carreras con obstáculos: 100 metros con vallas para mujeres, 110 metros con vallas para varones, 400 metros con vallas y 3000 metros con obstáculos.
- Relevos: 4x100 metros y 400x400 metros.
- Pruebas de calle: maratón 42195 metros, marcha 10000 metros para mujeres, marcha 20000 metros y 50000 metros para varones.

### ***Pruebas de Campo***

### ***Saltos***

- Garrocha
- Alto
- Largo
- Triple

### ***Lanzamientos***

- Martillo
- Bala
- Disco
- Jabalina

### ***Pruebas Combinadas***

- Heptatlón (para mujeres) consta de 7 pruebas; 100 metros vallas, salto de altura, lanzamiento de peso, 200 metros, salto de longitud, lanzamiento de jabalina y 800 metros.
- Decatlón (para hombres) consta de 10 pruebas; 100 metros, salto de longitud, lanzamiento de peso, salto de altura y 400 metros, 110 metros vallas, lanzamiento de disco, salto con pértiga, lanzamiento de jabalina y 1.500 metros (Mazzeo y Mazzeo, 2008).

### ***Historia del Lanzamiento de Jabalina***

Según Salcedo (2009), la jabalina antes de ser un implemento deportivo era un arma de guerra y un artefacto de supervivencia, ésta se utilizaba para la caza y pesca, era delgada como el dedo humano y afilada en la punta; la jabalina utilizada en competencias era redonda en la punta y el centro de gravedad era una correa de alrededor de 40 centímetros, que se enrollaba a ella, introducían el dedo índice y el pulgar y se lanzaba de una forma circular para triplicar la distancia. Los finlandeses tienen la jabalina como símbolo de la libertad de su nación.

Hay indicios, en pinturas y otros descubrimientos arqueológicos, de que los chinos por el año 4000 antes de Cristo practicaban el lanzamiento de jabalina, pero se cree que el origen de esta

prueba es más antiguo, la jabalina era denominada también venablo, dardo o lanza. Se remonta en la historia antigua, como deporte al año 708 antes de Cristo, cuando era parte de un pentatlón, compuesto por una carrera de 180 metros, lucha, lanzamiento de disco y lanzamiento de la jabalina. Los griegos dicen que el mitológico Heracles fue el primer gran campeón. Esta disciplina hace parte del programa oficial a partir de las olimpiadas de Londres en 1908 (ob. cit.).

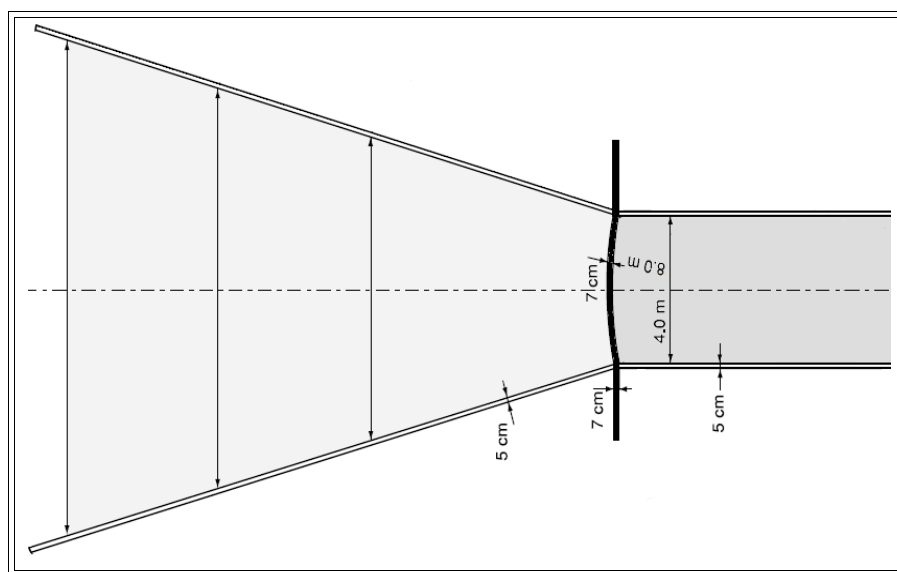
### ***Lanzamiento de Jabalina***

El lanzamiento de jabalina es una prueba del atletismo que consiste en lanzar una jabalina, con el objetivo de que ésta alcance la mayor distancia horizontal. Se considera una destreza de movimientos acíclicos, ya que gran parte de los movimientos que se realizan para la ejecución de la destreza son distintos y algunos no se repiten, esta destreza se ubica dentro de las actividades anaeróbicas (Salcedo, 2009),

La Asociación Internacional de Federaciones de Atletismo-I.A.A.F. (2008), describe esta prueba e indica que la jabalina debe tomarse por la empuñadura de cuerda (encordadura) y lanzarse por encima del hombro o de la parte superior del brazo utilizado para su lanzamiento. La jabalina debe ser lanzada desde el pasillo de lanzamientos y para que el lanzamiento sea válido es necesario que la punta de la cabeza metálica de la jabalina toque el suelo antes que cualquier otra parte de la misma. El reglamento establece a su vez que en ningún momento, durante el lanzamiento y hasta que la jabalina haya sido liberada al aire, puede el atleta girar sobre sí completamente (de modo que dé la espalda al arco de lanzamiento) y cuando el lanzador abandona el pasillo, el primer contacto con las líneas paralelas o el terreno exterior al pasillo deberá realizarlo completamente detrás de las líneas blancas trazadas desde los extremos del arco.

El lanzamiento de jabalina se realiza en un pasillo de lanzamientos el cual posee las siguientes características: una longitud 30 metros mínimo, éste espacio se encuentra señalado con dos líneas blancas paralelas de 5 centímetros de anchura, trazadas a 4 metros una de otra. El lanzamiento se efectúa detrás de un arco de círculo (línea de foul), el cual tiene un radio de 8 metros, el mismo consiste en una banda de pintura o madera de 7 centímetros de ancho, a partir de cada extremo del arco se traza una línea, en ángulo recto con las paralelas que señalan el pasillo (ob. cit.) (ver gráfico 1).

En este mismo grafico se observa el sector de caída, este puede ser ceniza o de hierba o de otro material adecuado en el que el artefacto deje huella, esta area se encuentra delimitado por dos líneas blancas de 5 centímetro de ancho, de tal modo que si los bordes internos de las líneas se prolongan deberían pasar por las dos intersecciones de los bordes interiores del arco y las líneas paralelas que delimitan el pasillo de impulso y que se cruzan en el punto central del círculo del cual el arco forma parte (ob. cit.)



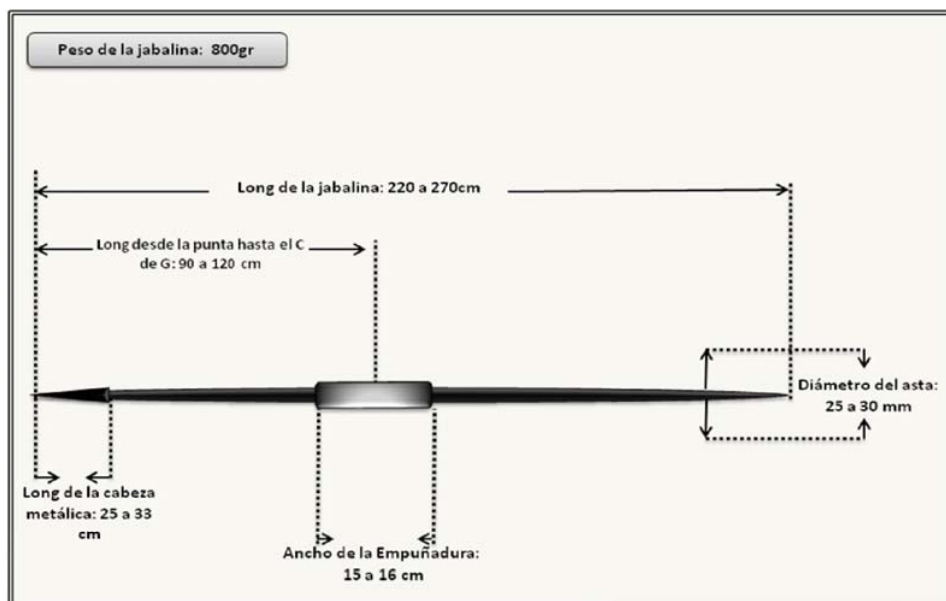
**Gráfico 1.** Pasillo del lanzamiento de jabalina y zona de caída para el lanzamiento de jabalina

### ***Descripción de la Jabalina***

La jabalina es un instrumento aerodinámico constituido por cabeza, asta y empuñadura de cuerda (encordadura). El asta es de metal o de otro material homogéneo adecuado y tiene fija a ella una cabeza metálica terminando en una punta aguda (debe ser totalmente lisa). La empuñadura se encuentra en el centro de gravedad de la jabalina esta no debe exceder de 16 centímetro de ancho y debe tener un grosor uniforme. Puede tener una superficie de diseño regular no deslizante, sin correas. El asta podrá ser compacta (maciza) o hueca y estará construida de metal u otro material apropiado. La superficie del asta no puede poseer huecos, protuberancias, ranuras, estrías, agujeros, ni

rugosidades, por lo que su acabado debe ser uniforme en toda su extensión. (I.A.A.F., 2008; Salcedo, 2009).

La longitud de la jabalina de competición en la rama masculina es de 260 a 270 centímetro, el diámetro del asta en su parte más gruesa es de 25 a 30 milímetros y tiene un peso máximo de 800 gramos para competencias oficiales. Desde la punta hasta el centro de gravedad de la jabalina presenta una longitud de 90 a 120 centímetros. Este centro de gravedad se ha venido acercando a la punta de la jabalina a medida de que se ha observado que la jabalina alcanzaba mayor distancia horizontal, la punta de la jabalina tiene una longitud de 25 a 33 centímetros. (ob. cit) (ver gráfico 2).



**Gráfico 2. Descripción de la jabalina**

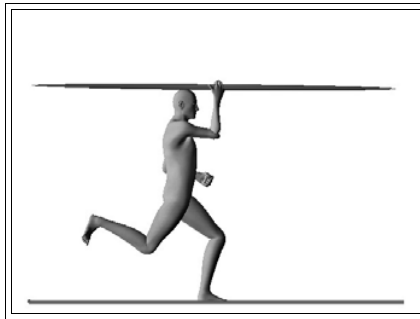
Según Salcedo (2009) los parámetros biomecánicos más importantes de esta destreza son la velocidad de proyección, ángulo de proyección, la aceleración del cuerpo en la carrera y la posición del cuerpo en cada una de las fases.

### ***Fases Técnicas del Lanzamiento de Jabalina***

Sustic et al. (1978), definieron las siguientes fases en el lanzamiento de jabalina:

### ***Fase 1. Posición Inicial.***

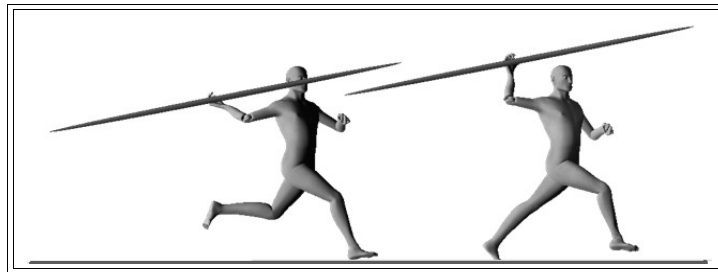
En esta fase el atleta se ubica en la zona donde más le convenga de acuerdo a la técnica que emplee, con los dos pies al mismo nivel, la articulación del codo del brazo ejecutor es flexionada a  $90^\circ$  y dirigida hacia adelante, la jabalina es llevada al nivel de la oreja de tal forma que la empuñadura de la jabalina esté paralela a la oreja. El cuerpo debe adoptar una posición vertical y relajada (ver gráfico 3).



***Gráfico 3. Fase de posición inicial.***

### ***Fase 2. El Impulso.***

La fase de impulso tiene como objetivo acumular una velocidad horizontal del centro del centro de masa y colocar al lanzador en una posición correcta para realizar el esfuerzo final. La longitud de la carrera varía de 25 a 35 metros y la velocidad máxima alcanzada depende de cada atleta (ver gráfico 4).



***Gráfico 4. Fase de impulso***

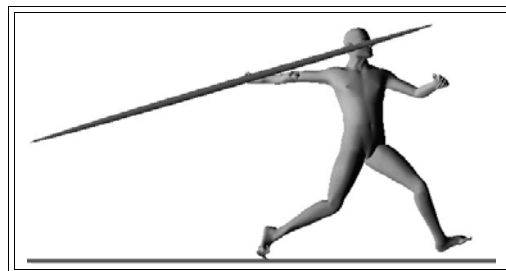
### ***Fase 3. Impulso Preliminar.***

Esta fase se caracteriza por una carrera de aceleración progresiva. La longitud de esta carrera



inicial es de 18 a 20 metros, en los cuales el lanzador realiza aproximadamente 12 pasos de carrera. La velocidad horizontal de carrera en esta fase no es muy elevada, alcanzando límites de 7,5 a 8,5 metros/segundos, esta velocidad depende de la capacidad de los atletas de controlar la correcta ejecución de los pasos finales y del lanzamiento final.

Al terminar la carrera de impulso, el atleta debe llegar a una marca de control, la cual le indica el comienzo de los pasos finales. Durante esta fase el eje de los hombros y de las caderas debe encontrarse perpendicularmente a la dirección de lanzamiento (ver gráfico 5).



**Gráfico 5. Fase de impulso preliminar.**

#### ***Fase 4. Pasos Finales.***

En esta fase el atleta adopta una óptima posición de lanzamiento, ya que en la misma la jabalina se desplaza hacia la parte posterior del centro de gravedad corporal. Los pasos finales por lo general son 5, y el desplazamiento de la jabalina se realiza sobre los primeros pasos finales.

El primer paso, se inicia con la extremidad izquierda y sin modificar la técnica de carrera.

El segundo paso, la extremidad superior ejecutora se extiende completamente hacia atrás y la jabalina se encuentra detrás del nivel del cuerpo, en este momento los hombros giran hacia la derecha, el tronco queda en una posición vertical y se ubica de forma paralela a la dirección del lanzamiento

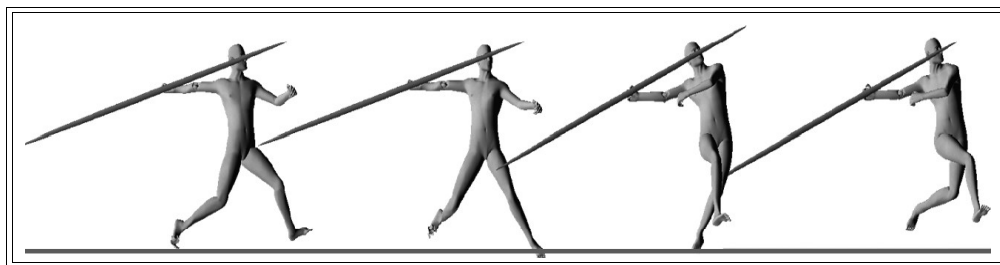
El tercer paso se efectúa con la extremidad izquierda, la jabalina aun permanece detrás del nivel del cuerpo, con la articulación del codo de la extremidad superior ejecutora en extensión y la palma orientada hacia arriba. En este paso el eje de hombros y cadera aun se encuentra paralelos entre ellos.

El cuarto paso es el paso más importante del impulso y es denominado “paso cruzado”. Este paso se debe realizar lo mas rasante al suelo, con la rodilla derecha flexionada con el muslo dirigido hacia adelante y en extensión, el contacto se realiza sobre la parte externa del pie, mas adelante del

centro de masa corporal del cuerpo. En ese momento, la jabalina está ubicada detrás del cuerpo del atleta adoptando la posición óptima para ser liberada.

En esta fase también se produce un descenso del centro de masa corporal. Al finalizar el paso cruzado, la extremidad inferior izquierda está cerca de la extremidad inferior derecha, para tomar rápidamente contacto con el suelo, al realizar el paso de lanzamiento.

En el quinto paso el atleta se coloca en posición óptima para realizar el esfuerzo final. La longitud de este paso es de 1,50 a 1,80 metros, la rodilla de la extremidad inferior de presión o adelantada se coloca completa extendida. La pierna adelantada al momento del contacto con el suelo se encuentra en extensión e inmediatamente realiza una leve flexión. La extremidad inferior que se encuentra detrás del nivel del cuerpo (derecha) realiza un impulso, antes de que el talón izquierdo haga contacto con el suelo. En esta acción el eje de cadera comienza a girar hacia la derecha (ver gráfico 6).



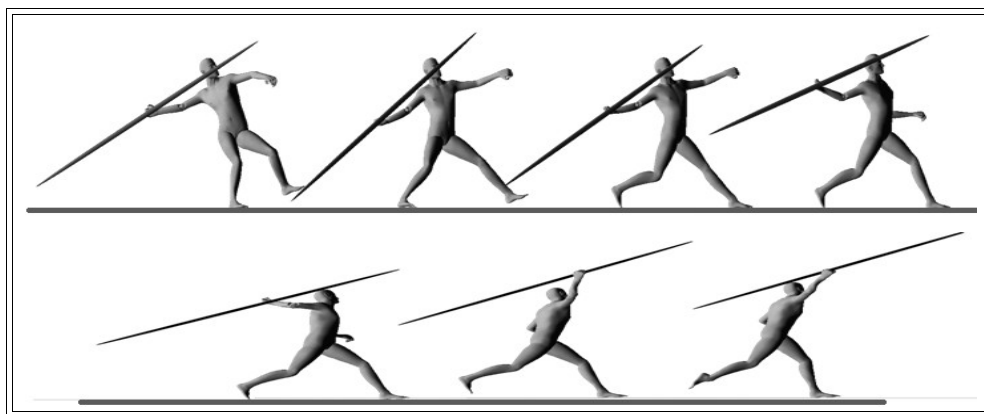
**Gráfico 6. Fase de pasos finales.**

### ***Fase 5. Esfuerzo Final.***

Esta fase inicia cuando el atleta comienza el impulso, con la extremidad inferior atrasada (derecha) y continúa con la rotación del eje de las caderas. Luego inicia la acción de la extremidad superior ejecutora, el cual se flexiona primero en la articulación del codo, pasando la extremidad superior por encima de la articulación del hombro. En esta acción final se realiza una flexión del tronco hacia adelante alrededor del eje de las caderas y una rotación de la extremidad superior ejecutora, a pesar de esta rotación, la jabalina se desplaza sobre una trayectoria rectilínea.

La acción de la extremidad superior comienza cuando la articulación del hombro realiza el movimiento de flexión horizontal, luego se extiende la articulación del codo y por último la mano realiza una extensión.

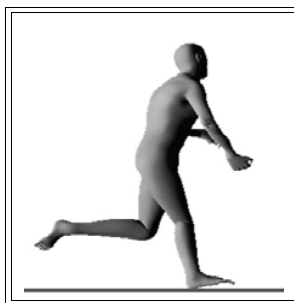
Por otra parte Campos et al. (2000), la define en el instante de la finalización de la fase preparatoria, hasta el instante de la proyección de la jabalina y es en ella en la que el lanzador realiza las acciones técnicas más decisivas con el objetivo de acelerar la jabalina y proyectarla a la máxima velocidad de despegue posible. El autor le da el nombre de fase de lanzamiento (ver gráfico 7).



**Gráfico 7. Fase de esfuerzo final.**

### ***Fase 6. La Reversión.***

Al liberarse la jabalina el atleta debe conservar el equilibrio, de manera que este pueda frenar el desplazamiento del centro de masa corporal para evitar que alguna parte del cuerpo haga contacto con la línea de foul (ver gráfico 8).



**Gráfico 8. Fase de reversión.**

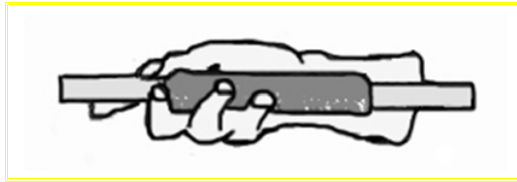
## **Técnicas de Agarre del Lanzamiento de Jabalina**

En el lanzamiento de jabalina se emplean tres tipos de agarre, cada deportista decidirá cuál se ajusta más a sus características y le ofrece mayor comodidad en el momento del lanzamiento, ya que en la mayoría de los casos la calidad del agarre depende la calidad del lanzamiento.

Salcedo (2009), describe los distintos tipos de agarre:

### ***Agarre con los dedos índice y pulgar***

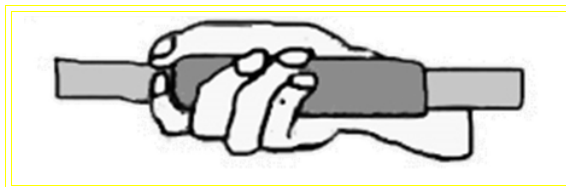
El deportista agarra el cuerpo de la jabalina con los dedos índice y pulgar, estos se deslizan hasta la empuñadura y luego es envuelta la jabalina con toda la mano. Este agarre también es conocido como americano. Siendo este tipo de agarre el utilizado por los atletas que se analizaron en el estudio (ver gráfico 9).



**Gráfico 9. Agarre con los dedos índice y pulgar**

### ***Agarre con los dedos medio y pulgar***

El deportista envuelve la jabalina con los dedos medio y pulgar y estos se deslizan hasta la empuñadura, toma la jabalina con el resto de la palma de la mano, de forma tal que el dedo índice quede por debajo de la jabalina y toma el borde de la empuñadura. Este agarre también es conocido como finlandés (ver gráfico 10).

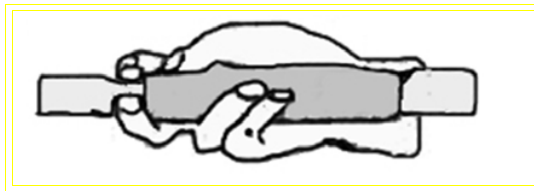


**Gráfico 10. Agarre con los dedos medio y pulgar**

### ***Agarre de tenaza u ortopédica***

Se toma la jabalina entre los dedos índice y anular, estos se deslizan hasta la empuñadura y se envuelve la jabalina con toda la palma de la mano. Este agarre también es conocido como tenedor.

En todos los casos anteriores la jabalina queda en medio de la palma de la mano, para luego ser conducida a la altura de la cabeza en el lanzamiento. En este momento se deben formar ángulos rectos entre el tronco y el brazo por debajo, y entre el brazo y antebrazo por encima. Los agarres finlandés y, son agarres antiguos que han entrado en desuso, hoy en día el agarre más empleado por los competidores alrededor del mundo es el conocido como americano (ver gráfico 11).



**Gráfico 11. Agarre de tenaza u ortopédica**

## **Análisis Mecánico del Lanzamiento de Jabalina**

### ***Modelo Mecánico del Lanzamiento de Jabalina***

Según Zissu (2005), el modelo mecánico es una estructura que representa la relación que existe entre los objetivos de las destrezas y los factores que los producen.

Ramón (2000) señala que la elaboración del modelo mecánico consiste en una secuencia de variables en forma de niveles de tal manera que las que están en la parte inferior son más explicativas que las que se ubican en la parte superior. En este sentido, el modelo es una jerarquización de los factores que intervienen en el gesto deportivo.

A continuación se presenta el siguiente modelo mecánico del lanzamiento de jabalina (ver gráfico 12).



**Gráfico 12. Modelo mecánico de los factores que afectan el rendimiento del lanzamiento de jabalina.** Tomado de “Análisis cinemático de la técnica individual del lanzamiento de jabalina” por Campos, Brizuela y Ramón, 2008, *Ciencia en la Frontera: revista de ciencia y tecnología de la UAC*,<sup>6</sup>.

### ***Biomecánica del Lanzamiento de Jabalina***

Según Zissu (2005), en los estudios biomecánicos se debe conocer el objetivo de la prueba deportiva, ya que a partir de este se seleccionan las variables que pudiesen estar influyendo al mismo y para ello se plantea un sistema de variables en el que: el objetivo de la prueba es denominada variable dependiente y las variables que influyen al objetivo se denominan como variables independientes.

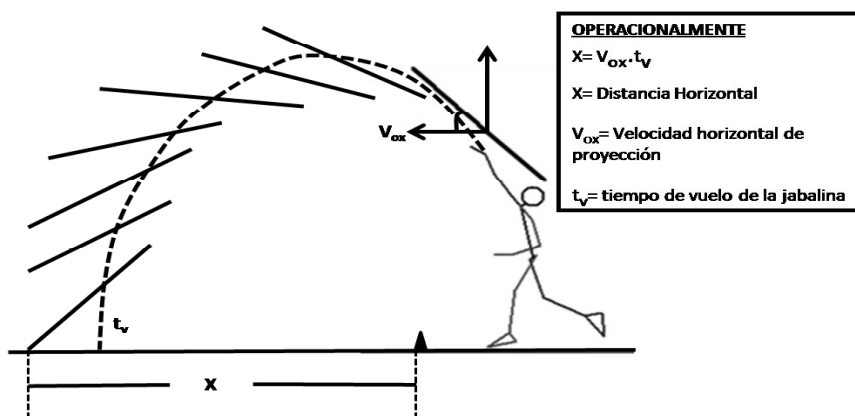
### ***Variable Dependiente***

Según Rice (1997) la variable dependiente es aquella característica que se encuentra determinada por una u otras variables de estudio.

***Distancia horizontal del lanzamiento de jabalina (X):*** Izquierdo (2008), la define como el recorrido total del implemento en el plano horizontal, ésta se determina por el producto de la velocidad horizontal de proyección de la jabalina ( $V_{ox}$ ) y el tiempo de vuelo de la jabalina ( $t_v$ )

(ver gráfico 13).

Campos et al. (2003), definen esta variable como el objetivo principal del lanzamiento de jabalina, estos autores reportan un su estudio un valor de la distancia horizontal de 86,46 m. Por otra parte Lehmann (2009), reporta un valor para la distancia horizontal de 86,11 m. Por otro lado, Morris et al. (1997), refiere en su estudio un valor de 84,64 m para la distancia horizontal.



**Gráfico 13.** Distancia horizontal del lanzamiento de jabalina.

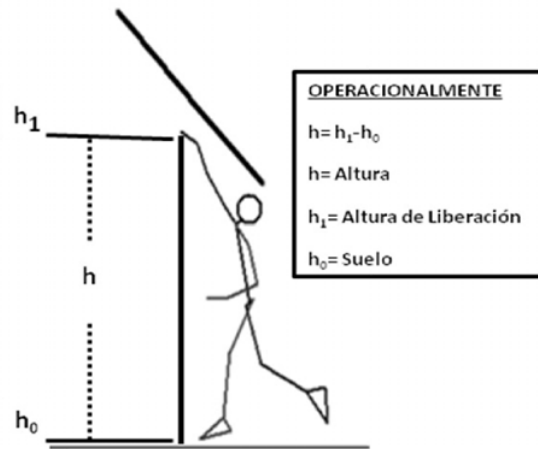
### ***Variables Independientes***

Son definidas como el factor que es manipulado o controlado por la investigación para determinar su efecto sobre la variable dependiente (Rice 1997).

- ***Variables espaciales***

**Altura de proyección de la jabalina (h):** Rodríguez (1993), la define como la distancia vertical que existe entre el centro de gravedad de la jabalina ( $h_1$ ) y el suelo ( $h_0$ ) al momento de liberar la jabalina (ver gráfico 14).

Morris et al. (1997), destacan en su estudio que esta variable es afectada por las medidas antropométricas del sujeto y el nivel competitivo de los atletas, los autores reportaron en su estudio un valor de 1,97m en la altura de proyección de la jabalina. Campos et al. (2003) por su parte, reportan en su estudio que esta variable depende de las medidas antropométricas del sujeto y del ángulo de la articulación del hombro, el valor reportado estos autores es: 1,98m.

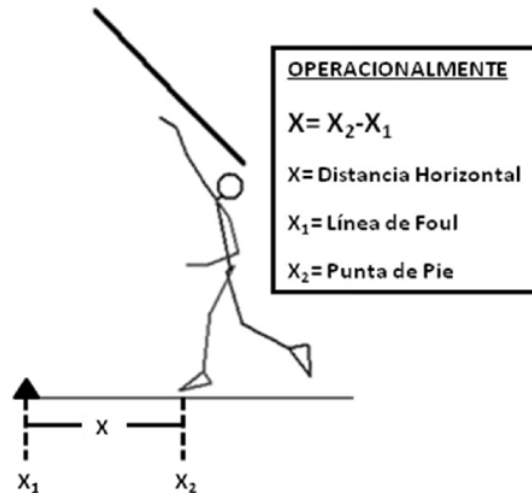


**Gráfico 14.** Altura de proyección de la jabalina

**Distancia horizontal desde el pie adelantado hasta la línea de foul ( $X_{PA-LF}$ ):** según Rodríguez (1993), esta distancia se determina entre dos puntos del plano a la longitud del segmento de recta que tiene por extremo un punto ( $X_2$ ) punta del pie adelantado en el instante de liberar la jabalina y ( $X_1$ ) línea de foul (ver gráfico 15).

Xie et al. (2002), en su estudio señalan que esta variable es fundamental para maximizar la distancia final en un lanzamiento, refieren un valor de 2,55m desde la punta del pie adelantado hasta la línea de foul, mientras que Paavo et al. (1985), reportan una media de 3,29m ( $\pm 0,70$ ) entre la punta del pie adelantado y la línea de foul. Por otro lado, Lehmann (2009) señala una media de esta variable de 2,97 m.



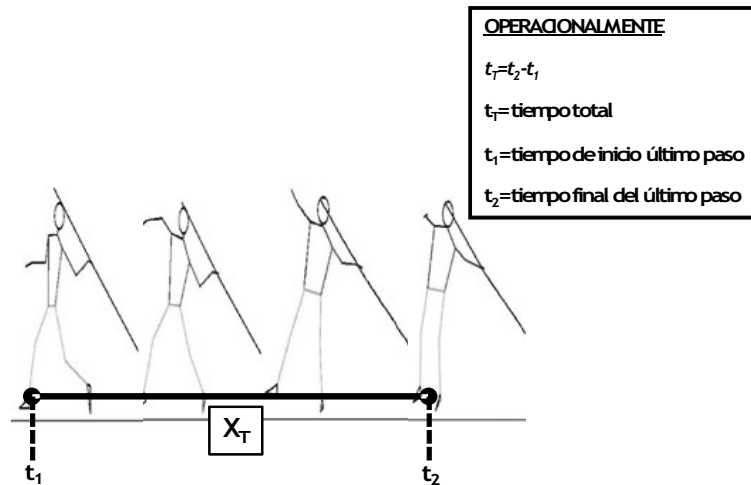


**Gráfico 15.** Distancia horizontal desde el pie adelantado hasta la línea de foul

- **Variables temporales**

**Tiempo de duración del último paso ( $t_{Dup}$ ):** Rodríguez (1993), lo define como la variación del tiempo al inicio del último paso ( $t_i$ ) y el tiempo al final del último paso ( $t_f$ ) (ver gráfico 16).

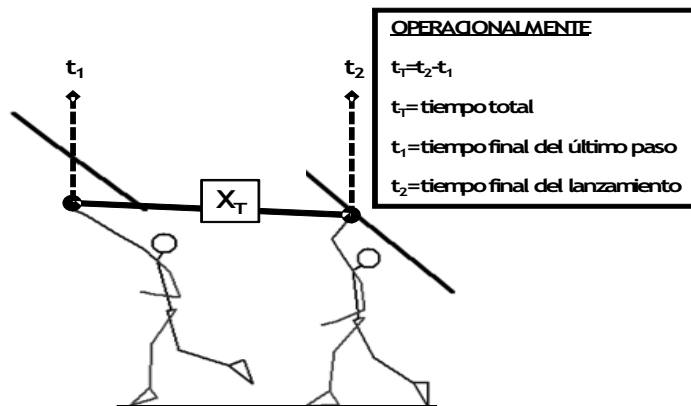
Campos et al. (2003) y Xie et al. (2001), reportan en sus respectivos estudios que mientras menor sea el tiempo de duración de la fase de esfuerzo final, mayor será la velocidad horizontal del centro de masa. Los autores antes mencionados reportaron en sus estudios un tiempo de duración en el último paso 0,19 s.



**Gráfico 16.** Tiempo de duración del último paso

**Tiempo de duración desde el final del último paso hasta el momento de liberar la jabalina ( $t_{Fup-L}$ ):** Rodríguez (1993), define esta variable como la variación del tiempo al final del último paso ( $t_1$ ) hasta el instante de liberar la jabalina ( $t_2$ ) (ver gráfico 17).

Xie et al. (2001), exponen en su estudio que entre menor sea el periodo de tiempo en este intervalo mayor será la velocidad de la jabalina, estos autores reportaron un tiempo de duración desde el final del último hasta el momento de liberar la jabalina de 0,10 s. Mero et al. (1994) por su parte, reportaron para esta variable un tiempo de 0,13 s con un índice de variabilidad de ( $\pm 12$ ).



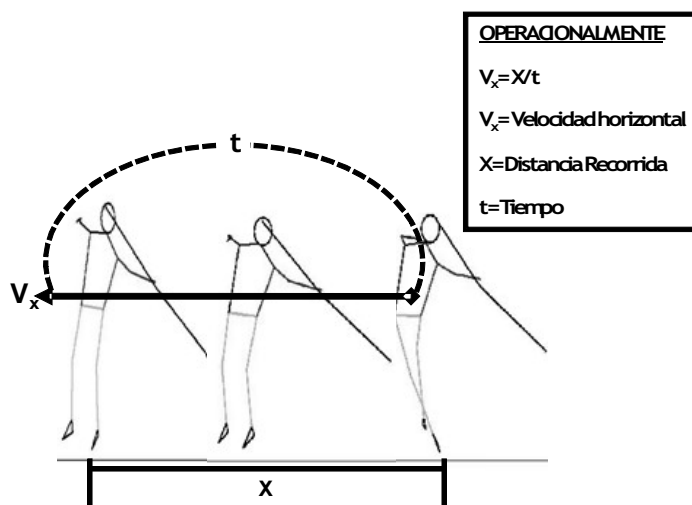
**Gráfico 17.** Tiempo de duración desde el final del último paso hasta el instante en que se libera la jabalina.

- **Variables espacio-temporales**

**Velocidad horizontal del centro de masa corporal al inicio del último**

**paso ( $V_{XCMC-IUP}$ ):** según Rodríguez (1993), es la distancia recorrida en el plano horizontal (X) entre unidad de tiempo (t) (ver gráfico 18).

Morris et al. (1997), indican en su estudio que la velocidad del centro de masa es importante en el lanzamiento, ya que parte de esta velocidad es transferida a la velocidad de la jabalina, a su vez señalan que para que no haya pérdida de la velocidad de carrera se debe evitar la extensión de la pierna al finalizar la carrera de impulso final, los autores reportaron una media de la velocidad horizontal del CMC al inicio del último paso de 5,96 m/s ( $\pm 1,0$ ). Por su parte, Xie et al. (2001), reportan para esta variable una velocidad de 4,85 m/s.

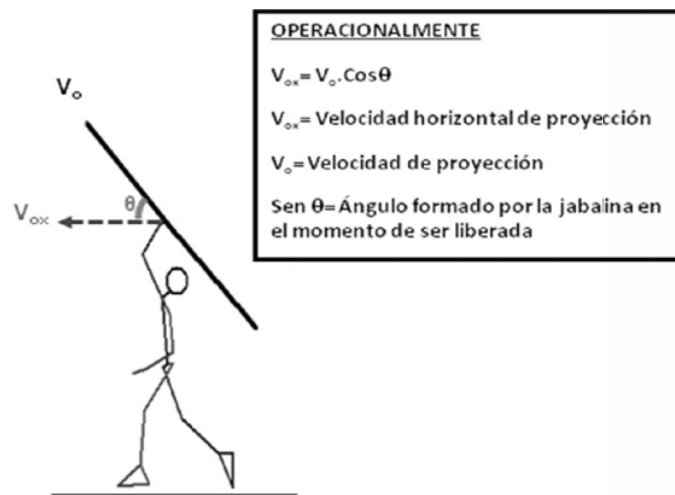


**Gráfico 18.** Velocidad horizontal del centro de masa corporal al inicio del último paso

**Velocidad horizontal de proyección de la jabalina ( $V_{ox}$ ) en el instante en que se libera el implemento:** esta variable constituye un componente de la velocidad

de proyección y se determina por la velocidad de proyección de la jabalina ( $V_o$ ) y el ángulo de proyección ( $\theta$ ) de la jabalina al momento de ser liberada (Rodríguez, 1993) (ver gráfico 19).

Campos et al. (2003), señalan en su estudio que la velocidad de horizontal proyección ejerce una gran influencia en el lanzamiento, ya que ésta velocidad puede determinar el comportamiento de la jabalina al instante de ser liberada. Los autores reportan una velocidad horizontal de proyección de 20,02 m/s.

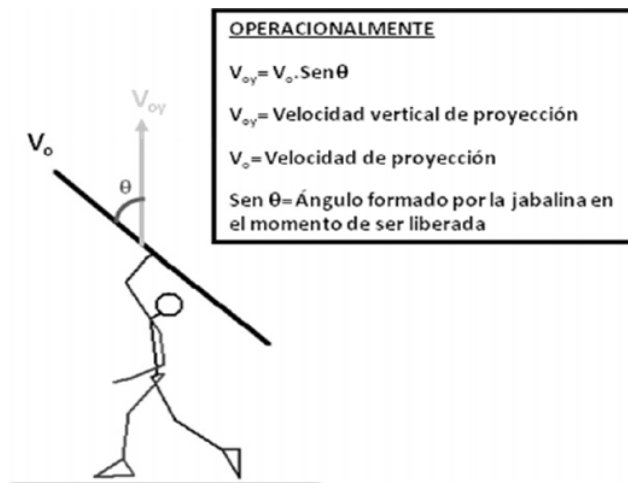


**Gráfico 19. Velocidad horizontal de proyección de la jabalina**

### ***Velocidad vertical de proyección de la jabalina ( $V_{oy}$ ) en el instante en***

***que se libera el implemento:*** Rodríguez (1993) define esta variable como un componente de la velocidad de proyección, la cual se determina por el producto de la velocidad de proyección de la jabalina ( $V_o$ ) y el Seno del ángulo de proyección ( $\theta$ ) (ver gráfico 20).

Campos et al. (2003), señalan en su estudio que la velocidad vertical de proyección (al igual que la velocidad horizontal de lanzamiento) influye significativamente en el lanzamiento. La velocidad vertical reportada por estos autores es de 15,90 m/s. Un estudio llevado a cabo por Mero et al. (1994) reporta para esta variable una velocidad de 14,9 m/s ( $\pm 1,5$ ). Por su parte, el estudio de Paavo et al (1985), refiere un valor de la velocidad vertical de proyección de 17,10 m/s con una variabilidad entre los valores de ( $\pm 1,76$ ).

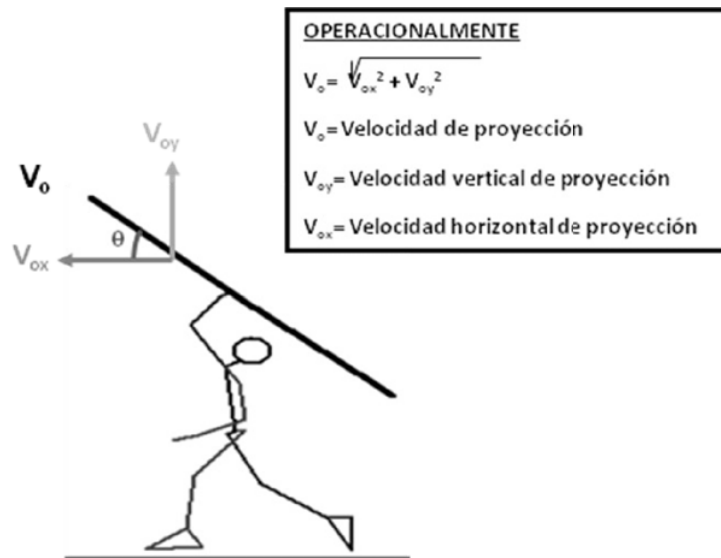


**Gráfico 20. Velocidad vertical de proyección de la jabalina**

**Velocidad de proyección de la jabalina ( $V_o$ ) en el instante en que se libera el implemento:** según Izquierdo (2008), es la velocidad con que se proyecta la jabalina y está determinada por la resultante de la velocidad horizontal de proyección ( $V_{ox}$ ) y la velocidad vertical de proyección ( $V_{oy}$ ) en el instante de liberar la jabalina (ver gráfico 21).

Según Campos et al. (2000), esta variable depende de la calidad de transmisión de la velocidad horizontal de carrera a la extremidad superior y de esta a la jabalina. Los autores referidos en su estudio registraron un valor de la velocidad de proyección de la jabalina de 29,46 m/s ( $\pm 1,28$ ) para los atletas de nivel internacional y una velocidad de 26,33 m/s ( $\pm 1,11$ ) para los atletas de la selección nacional de España.

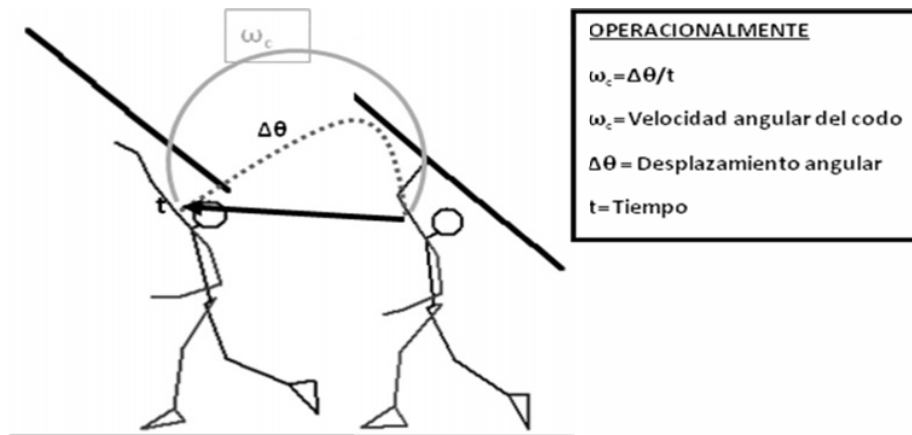
Morris et al. (1997), por su parte, indican que mientras mayor sea la velocidad de proyección de la jabalina se logrará alcanzar mayor distancia horizontal en el lanzamiento, los valores que reportan en su estudio en la velocidad de proyección de la jabalina es de 28,78 m/s.



**Gráfico 21. Velocidad de proyección de la jabalina**

**Velocidad angular del codo ( $\omega_c$ ) en el instante en que se libera el implemento:** según Izquierdo (2008), es la variación del desplazamiento angular ( $\Delta\theta$ ), en un corto intervalo de tiempo ( $t$ ) (ver gráfico 22).

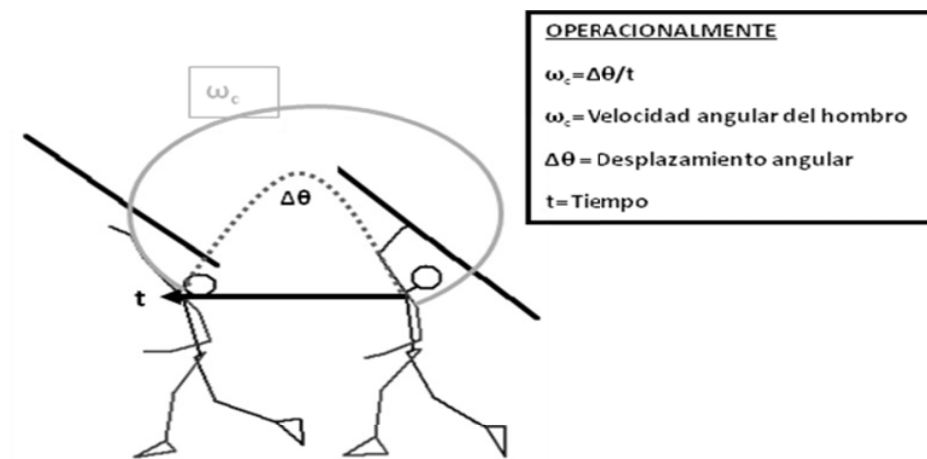
Morris et al. (1997), indican en su estudio que para alcanzar una alta velocidad angular del codo se debe pasar de una flexión de la articulación del codo a una extensión de esta misma articulación con la mayor rapidez posible, ya que de esta forma se le imprimirá mayor velocidad a la jabalina. Morris et al. (1997), reportan una velocidad angular del codo en el instante liberar la jabalina de 25,75 rad/s. Por otra parte Paavo et al. (1985), refieren en su investigación una velocidad angular del codo de: 41,63 rad/s, con un alto índice de variabilidad en los valores de su estudio de ( $\pm 10,05$ ).



**Gráfico 22. Velocidad angular del codo**

**Velocidad angular del hombro ( $\omega_h$ ) en el instante en que se libera el implemento:** es la variación del desplazamiento angular ( $\Delta\theta$ ), en un corto intervalo de tiempo ( $t$ ) (Izquierdo, 2008) (ver gráfico 23).

Morris et al. (1997), indican en su estudio que tal como sucede con la articulación del codo, para alcanzar una alta velocidad angular del hombro se debe pasar de una extensión horizontal de la articulación del hombro a una flexión horizontal de esta misma articulación con la mayor rapidez posible. Morris et al. (1997), reportan una velocidad angular del hombro de 18 rad/s.

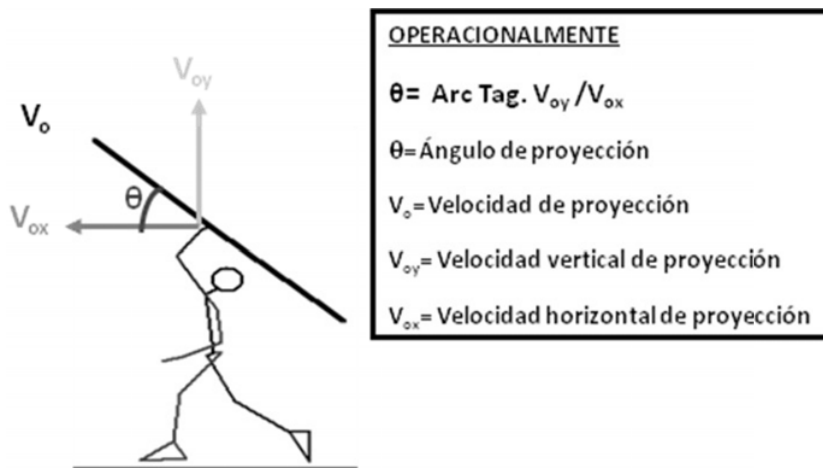


**Gráfico 23. Velocidad angular del hombro**

- **Variables angulares**

**Ángulo de proyección de la jabalina ( $\theta_o$ ) en el momento en que ésta se libera:** Izquierdo (2008), define esta variable como el ángulo del vector velocidad de la jabalina, éste se determina a partir del componente vertical de la velocidad ( $V_{oy}$ ) y la velocidad horizontal de proyección ( $V_{ox}$ ) al instante del despegue (ver gráfico 24).

Campos et al. 2000 por su parte, lo define como el ángulo que forma el eje longitudinal de la jabalina con la horizontal. Los autores reportan un ángulo de proyección para atletas de la selección nacional de España de  $38,02^\circ (\pm 2,53)$  y para los atletas internacionales un ángulo de  $34,63^\circ (\pm 2,38)$ . Lehmann (2009), refiere en su estudio un ángulo de proyección de la jabalina de  $35,3^\circ$ , el autor indica que un adecuado ángulo de proyección de la jabalina es determinante en la velocidad de proyección del implemento.

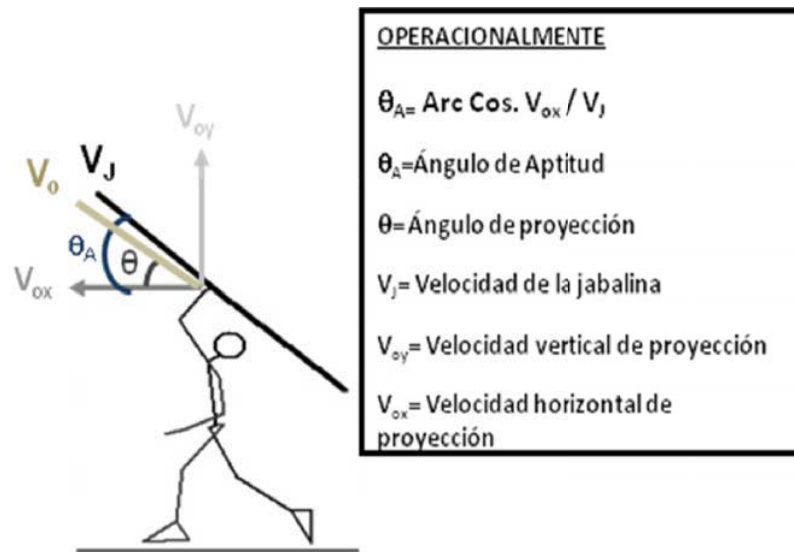


**Gráfico 24. Ángulo de proyección de la jabalina**

**Ángulo de Aptitud de la jabalina ( $\theta_a$ ) en el momento en que ésta se libera:** es el ángulo formado por el plano principal de un objeto ( $V_j$ ) entre la velocidad horizontal de la jabalina ( $V_{ox}$ ) (Diccionario Paidotribo de la actividad física y el deporte, 1999) (ver gráfico 25).



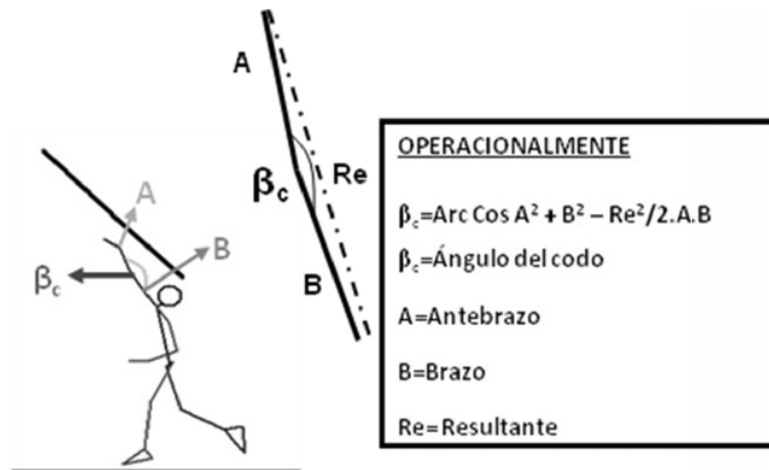
Según Campos et al. (2000), éste ángulo va a incidir en el comportamiento de la jabalina en la fase de vuelo. Los autores en su estudio reportan un ángulo de aptitud de la jabalina de  $4,82^\circ$  ( $\pm 1,87$ ). Por otra parte, Lehmann (2009), refiere para esta variable un ángulo de aptitud de  $35,3^\circ$ .



**Gráfico 25. Ángulo de aptitud de la jabalina**

**Ángulo de posición de la articulación del codo al momento de liberar la jabalina ( $\theta_c$ ):** Izquierdo (2008), define esta variable como el ángulo formado por los dos ejes longitudinales de los segmentos corporales adyacentes a la articulación del codo (antebrazo (A)) y (Brazo (B)) (ver gráfico 26).

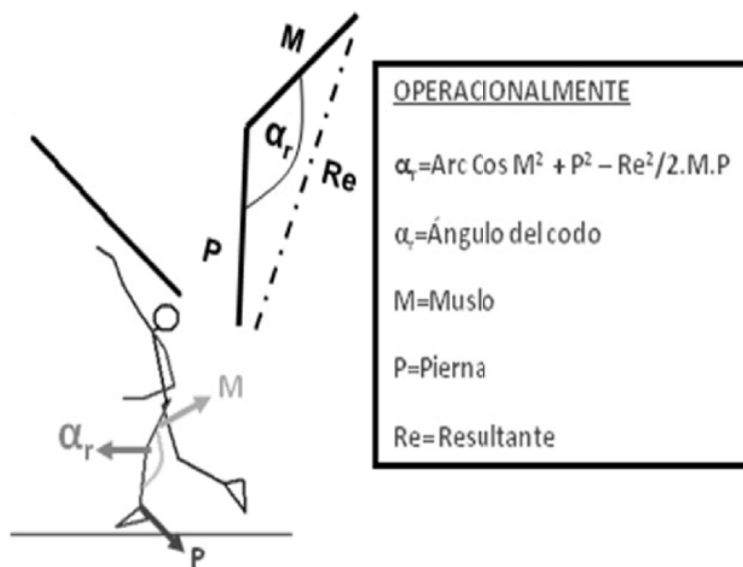
Campos et al. (2003), reportan en su estudio que el ángulo del codo es la variable que le transfiere mayor aceleración a la jabalina al momento del lanzamiento, señalan un ángulo de la articulación del codo de  $158^\circ$  en su estudio. Por otra parte Morris et al. (1997), exponen que la articulación del codo debe mantenerse en total extensión ( $180^\circ$ ) en el instante de liberar la jabalina, lo cual asegurará una mayor velocidad del implemento, Morris et al. (1997) por su parte, reportan un ángulo para la articulación del codo de  $154^\circ$ .



**Gráfico 26.** Ángulo de posición de la articulación del codo al momento de liberar la jabalina.

**Ángulo de posición de la articulación de la rodilla de presión (adelantada) al momento de liberar la jabalina ( $\theta_{RP}$ ):** es el ángulo formado por los dos ejes longitudinales de los segmentos corporales adyacentes a la articulación de la rodilla adelantada en el instante de liberar la jabalina (muslo (M)) y (pierna (P)) (Izquierdo, 2008) (ver gráfico 27).

Campos et al. (2003), reportan en su estudio que el ángulo de la rodilla de presión (adelantada) debe encontrarse cerca a los ( $180^\circ$ ) lo cual le permitirá transferir mayor velocidad horizontal de carrera del CMC a la jabalina, estos autores reportan un ángulo de  $157^\circ$ . Por otra parte, Mero et al. (1994), señalan en su estudio que el ángulo de la articulación debe encontrarse en  $168^\circ (\pm 8)$ .

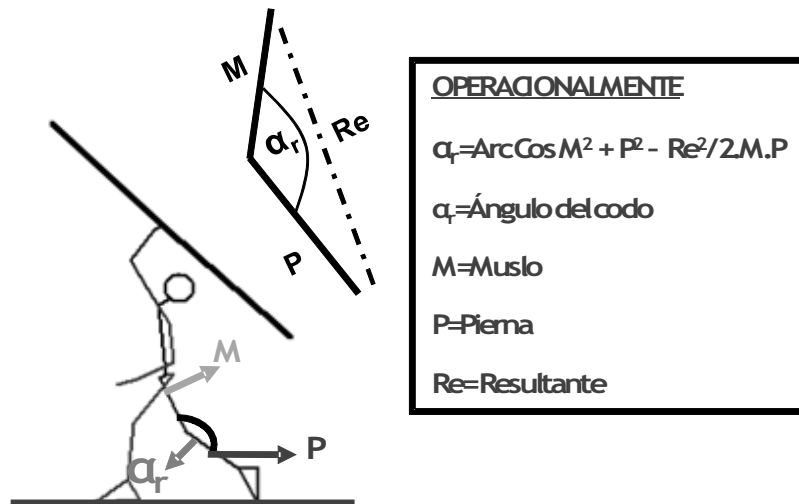


**Gráfico 27. Ángulo de posición de la articulación de la rodilla de presión (adelantada) al momento de liberar la jabalina.**

**Ángulo de posición de la articulación de la rodilla de soporte (atrasada) al momento de liberar la jabalina ( $\theta_{RS}$ ):** según Izquierdo (2008), es el ángulo

formado por los dos ejes longitudinales de los segmentos corporales adyacentes a la articulación de la rodilla atrasada en el instante de liberar la jabalina (muslo (M)) y (pierna (P)) (ver gráfico 28).

Campos et al. (2003), señalan que la articulación de la rodilla (atrasada) realiza una flexión-extensión que es decisiva para que el atleta pueda tener mayor apoyo sobre la pierna de presión (adelantada), un adecuado ángulo de esta articulación a su vez le permitirá al lanzador desplazar con mayor rapidez el CMC. Los autores reportan una media en el ángulo de posición de la articulación de la rodilla de soporte (atrasada) de 133°.



**Gráfico 28.** Ángulo de posición de la articulación de la rodilla de soporte (atrasada) al momento de liberar la jabalina.

## Videografía y Análisis Computacional

La videografía es un sistema que consiste en la grabación de un momento específico, el que permite capturar imágenes, obteniendo datos concretos de la posición del cuerpo en el espacio (Rojo, 1997).

El análisis computacional por su parte es un proceso que ha facilitado y agilizado el análisis de estudios de destrezas físicas y deportivas, permitiendo grandes avances en las investigaciones. En la biomecánica, debido a la creación de distintos programas o paquetes computacionales, se ha logrado dar explicación a distintos fenómenos, lo que a su vez ha permitido hacer análisis más exhaustivo sobre la mecánica corporal (Isamar, Vergara, Herman, Sebastián y Carlos, 2007).

### Cámaras de video

Según el Museo Comunitario “Rabinal Achi” (2004), la cámara de vídeo, es un dispositivo que captura imágenes convirtiéndolas en señales eléctricas las cuales se pueden transformar en una o un conjunto de imágenes y sonidos.

La utilización de cámaras de video en el análisis biomecánico del movimiento de destrezas deportivas aporta un número importante de ventajas. Las cámaras de video son muy distintas y cada vez son posee más funciones y opciones para la grabación de videos. (Ferro, 2002).

Una de las cámaras utilizadas para este tipo de estudio es la Casio Exilim EX-F1, la cual posee una calidad de alta definición ya que, tiene una resolución de hasta 1.920x1.080 píxeles y un zoom óptico de 12 aumentos máximo de 52,1 de aproximación con resolución VGA, e incluyen la toma con sonido estéreo. Esta cámara puede realizar grabaciones en Full HD, HS y STD a 30, 60, 120, 300, 600 y 1200 fotogramas por segundo el formato de estos videos es el MOV QuickTime Movie. La EX - F1 puede conectarse a una televisión compatible de alta definición a través de un cable HDMI flexible independiente, permitiendo visualizar los vídeos en una pantalla. Esta cámara tiene dos medios de almacenamiento, una memoria interna de 31,9MB y otra para una memoria externa de hasta 32GB. La EX-F1 presenta otras opciones de grabación, permite grabar video con sonido estéreo (STD), en modo de captura YouTube, con disparador continuo y autodesparador, a su vez posee funciones de exposición automática (AE, WB, enfoque) y macro. Las cámaras tienen una pantalla LCD a color de 2,8 pulgadas (Súper Clear LCD), con 230.160 puntos (959 × 240), la transmisión de los datos se hace mediante el puerto USB compatible de alta velocidad y tiene una batería recargable de iones de litio (NP-100) con una duración de grabación de 2 horas continuas (Fernández, 2008).

### ***Consideraciones en la Velocidad de Grabación***

La cámara Casio Exilim EX-F1 puede grabar películas a alta velocidad de movimientos que son imperceptibles para el ojo humano dada la rapidez del mismo y permite la reproducción de éstos en cámara ultra lenta. Esta cámara tiene la opción de seleccionar la velocidad de grabación de 30, 60, 300, 600 o 1.200 cuadros por segundos. La posibilidad de disponer de una cámara con alta velocidad de grabación es de gran importancia para los estudios biomecánicos, ya que permite observar cada movimiento de manera detallada (Fernández, 2008),

### **CAPÍTULO III**

#### **MÉTODOS Y MATERIALES**

En este capítulo se describe la metodología empleada, así como los diferentes procedimientos llevados a cabo para la realización del estudio.

##### **Metodología**

Biomecánica del Lanzamiento de Jabalina ejecutado por 8 atletas Masculinos de la Selección de Venezuela es una investigación de campo, del tipo descriptivo-correlacional, de diseño transversal.

Según la Universidad Pedagógica Experimental Libertador (2006), la investigación de campo es un estudio donde los datos de interés son recolectados en forma directa de la realidad.

Las características referidas por los autores corresponden con las condiciones en las cuales se llevó a cabo la investigación, ya que la recolección de información (grabación) se realizó en una competencia y en tal sentido obedecía a una situación real.

Según Kerlinger y Lee (2002) (citados en Hernández, Fernández y Baptista, 2006), el nivel del estudio es descriptivo, ya que el interés central del estudio está orientado a describir e indagar en cada una de las variables seleccionadas, es a su vez correlacional ya que la investigación está orientada a analizar la relación entre el conjunto de variables seleccionadas.

En cuanto al diseño de la investigación es transversal (también es denominado transeccional), en este diseño de estudio “se recolectan datos en un solo momento

en un tiempo único. Su propósito es describir variables y analizar su incidencia e interrelación en un momento dado” (Hernández et al. 2006, p.208)

Las características descritas por los autores coinciden con los procedimientos llevados a cabo para el estudio, ya que la grabación de los atletas se dió en una misma competencia y tal como se exponía en el nivel del estudio, los objetivos de la investigación están dirigidos a analizar las interrelaciones de las distintas variables.

### **Sujetos Intencionados de Estudio**

Se seleccionaron a los ocho atletas masculinos que avanzaron a la prueba final del lanzamiento de jabalina en el Campeonato Nacional Adulto de Atletismo del 2009, los atletas son especialistas en el lanzamiento de jabalina y pertenecen a la selección nacional de atletismo de Venezuela.

### **Trabajo de laboratorio**

En esta fase se recibieron distintas orientaciones sobre la videografía 3D, este proceso se realizó en el Laboratorio de Biomecánica del Centro de Ciencias Aplicadas al Deporte (CECAD), adscrito al Departamento de Educación Física, de la Escuela de Educación, de la Facultad de Humanidades y Educación, de la Universidad de Los Andes. A su vez se realizaron diversas jornadas para conocer de forma más detallada el Software HUMAN V-5.0, estas estuvieron dirigidas por el MSc. Ing Jorge Labrada miembro del UCCFD “Manuel Fajardo, Matanza Cuba. Igualmente se realizó un taller de Flash CS4 en la Universidad de Los Andes (ULA), el cual estuvo a cargo del MSc. Raymond Marquina profesor ordinario de la ULA, adscrito a la Escuela de Medios Audiovisuales (EMA) de la Facultad de Humanidades y Educación. Del mismo modo recibieron instrucciones sobre el

manejo de los siguientes Software: Poser V-2010, SPSS V-17.0 y TMPGEnc 4xP, ya que cada uno estos programas fueron implementados en la investigación.

En este proceso a su vez se determinaron los distintos procedimientos para la grabación, en este punto se eligió la opción más adecuada para llevar a cabo el proceso de grabación (2D y 3D), se analizaron a su vez las distintas posibilidades para la ubicación de las cámaras, también se hizo una revisión de estudios previos para observar las diferentes metodologías aplicables a este estudio.

## **Recolección de Datos**

### ***Materiales***

Los equipos que se utilizaron en el estudio fueron los siguientes:

- Cámaras de video de alta velocidad marca Casio Exilim EX-F1
- Trípodes.
- Memorias de 8GB.
- Computadoras portátiles.
- PC.
- Escala de 2x1x1 m.
- Jabalina metálica de 800 gr con una empuñadura de cuerda.
- Software para el procesamiento de los datos: HUMAN, Microsoft Word 2010, TMPGEnc 4xP, Snagit 9 y SPSS V-17.
- Software para la edición de los gráficos: Microsoft Power Point 2010 y Poser V-2010).
- Bobina de cable STP N° 12 (40 m).Cinta métrica.
- Dos cables USB para transferir la información de la cámara al computador portátil.
- Dos mesas para sostener las portátiles.

### ***Proceso de Pre-grabación***

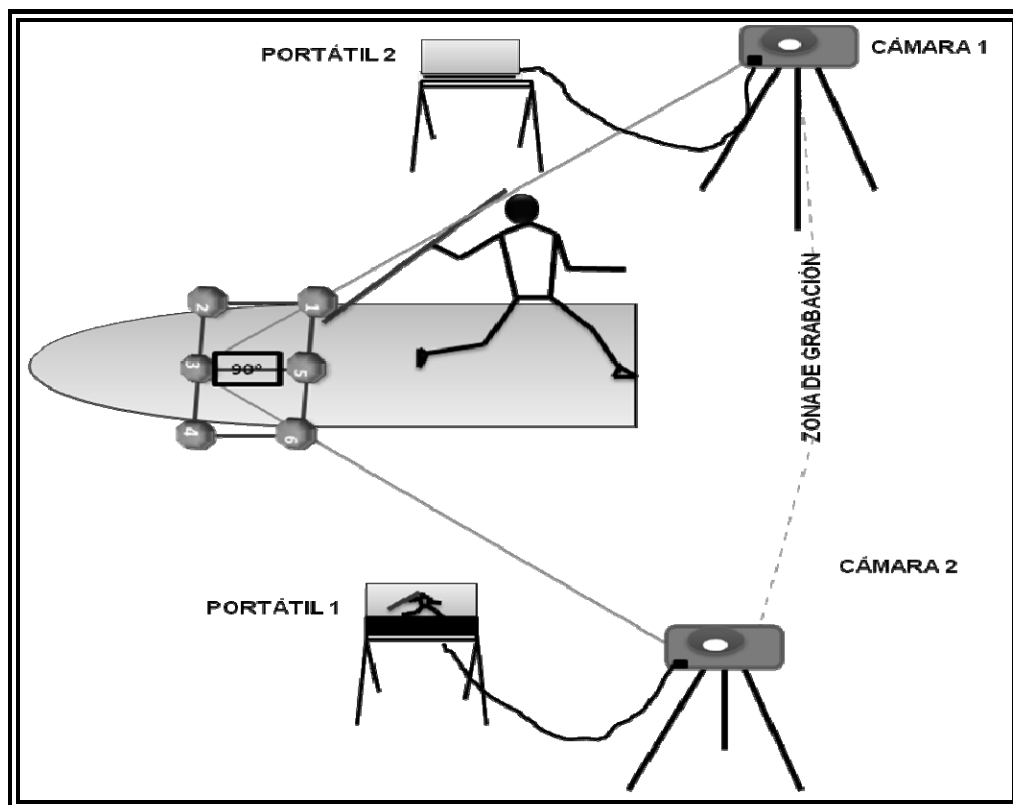


Este proceso consistió en la selección de los atletas, a su vez se definió el evento en el cual estos serían grabados. Posteriormente se tomaron los datos personales de los sujetos, y se recopiló la información de las características de las cámaras (zoom y velocidad) que se utilizarían en éste proceso. Finalmente se procedió al envío de solicitudes y permisos a las autoridades que permitieron realizar la grabación.

## **Grabación del Video**

### ***Proceso de grabación***

Este proceso consistió en la recolección de la información; en esta fase del estudio se utilizaron dos cámaras de video digital marca Casio Exilim EX-F1, estas fueron colocadas sobre un trípode a una altura de 1,32 m, ambas cámaras formaban entre sí un ángulo de 90° con respecto al sitio de la ejecución de la destreza y estaban ubicadas a una distancia de 40 m en relación al espacio en el que se realizaría la grabación (zona de lanzamientos). Una vez ubicadas las cámaras se seleccionó la velocidad de la grabación de 300 cps, así como el zoom de 175 mm, seguidamente se grabó una escala de 2x1x1 m, la cual se emplea para convertir las unidades gráficas del video en unidades reales y para sincronizar las dos cámaras de video para obtener un modelo en 3D. Luego se dió inicio al proceso de grabación de los atletas en el cual fueron grabados los ocho atletas que avanzaron a la final de la prueba del lanzamiento de jabalina.



**Gráfico 29. Procedimiento para la grabación de los videos**

### ***Digitalización de los Datos***

El software que se utilizó para la digitalización de los datos fue el HUMAN V-5.0, el manejo del mismo implica un proceso complejo el cual a continuación se describe.

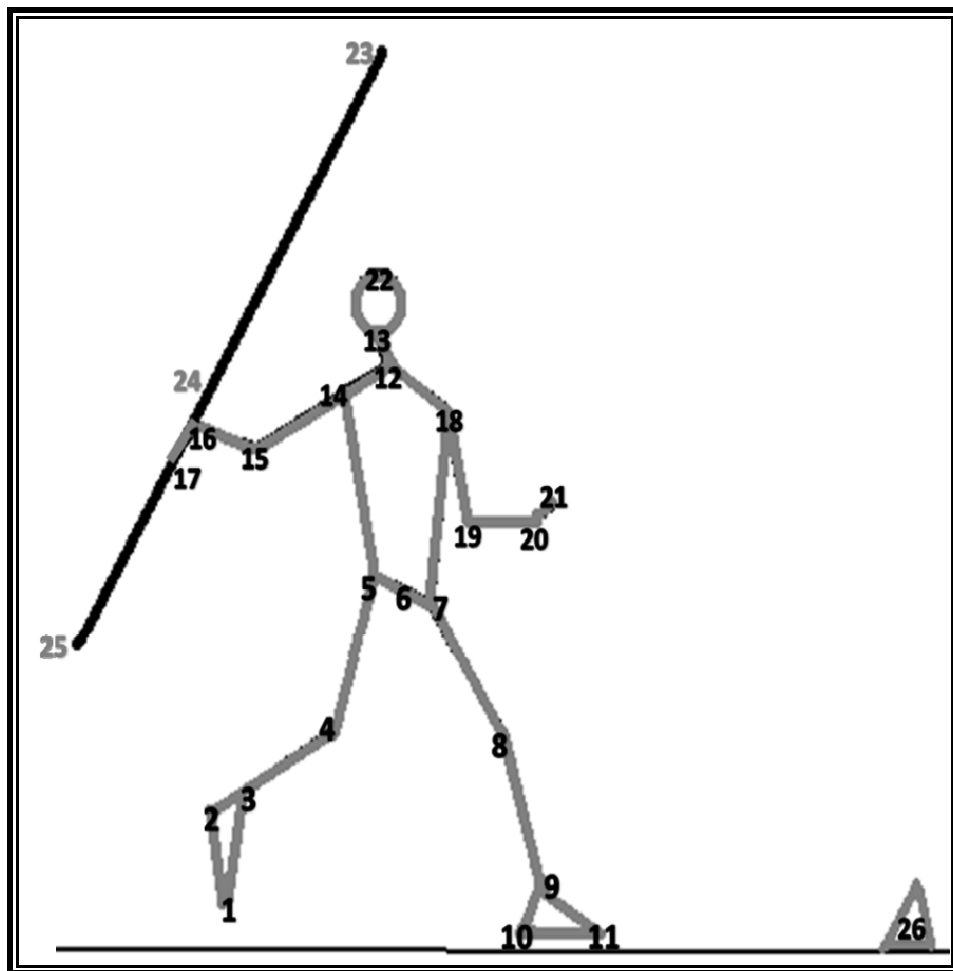
El primer paso consistió en llevar los videos con formato AVI a la base de datos del software HUMAN V-5.0, éste una vez abierto se guarda en la base de datos del Software, con extensión ht?

Luego se creó el modelo, constituido por los 26 puntos anatómicos correspondientes a: 22 a los puntos anatómicos del atleta, 3 a los puntos de la jabalina y 1 el punto que indica la línea de foul (ver Gráfico 30). Seguidamente se procedió a digitalizar, para ello se marcaron los 26 puntos del modelo en cada uno de los cuadros del video. La digitalización se hizo primero en un video y luego en el otro, concluida la digitalización en los videos se digitalizó la escala de 12 puntos en

cada video, luego se utilizó la opción conb.rea B, función que permite unificar las grabaciones y la transformación de los mismos a un video en 3D, los puntos digitalizados fueron suavizados a un nivel de 3.5 Hz con el fin de minimizar el margen de error humano que generalmente ocurre en el proceso de digitalización. Finalmente se procedió a realizar los cálculos de las distintas variables.

### ***Creación del Modelo para la Digitalización de los Datos***

El modelo que se utilizó para este estudio fue el siguiente:



**Gráfico 30.** Modelo adoptado para la digitalización de los videos

**Cuadro 3.****Puntos Anatómicos para Crear el Esquema de Postura del Lanzamiento de Jabalina**

<b>Nº</b>	<b>Descripción</b>
1	Punta de pie derecho
2	Talón derecho
3	Tobillo derecho
4	Rodilla derecha
5	Cadera derecha
6	Distal Tronco
7	Cadera Izquierda
8	Rodilla izquierda
9	Tobillo izquierdo
10	Talón Izquierdo
11	Punta de pie izquierdo
12	Séptima cervical
13	Vértex
14	Hombro derecho
15	Codo derecho
16	Muñeca derecha
17	Punta de mano derecha
18	Hombro izquierdo
19	Codo izquierdo
20	Muñeca izquierda
21	Punta de mano izquierda
22	Centro geométrico de la cabeza
23	Parte delantera de la jabalina
24	Parte media de la jabalina
25	Parte trasera de la jabalina
26	Línea de foul

*Nota.* Tomado y modificado de *Análisis del movimiento humano estructura del movimiento aplicado a la actividad física.* (p.250) por A. Hernández, 2004, Mérida: Talleres Gráficos Universitarios

**Cuadro 4.****Segmentos Corporales Utilizados para Crear el Modelo**

<b>Nº</b>	<b>Segmento Corporal</b>	<b>Punto proximal</b>	<b>Punto distal</b>
1	Pie derecho	2	1
2	Pierna derecha	4	3
3	Muslo derecho	5	4
4	Muslo izquierdo	6	7
5	Pierna izquierda	7	8
6	Pie izquierdo	9	10
7	Cabeza	12	13
8	Tronco	11	12
9	Brazo derecho	14	15
10	Antebrazo derecho	15	16
11	Mano derecha	16	17
12	Brazo izquierda	18	19
13	Antebrazo izquierdo	19	20
14	Mano izquierda	20	21

*Nota.* Tomado de *Análisis del movimiento humano estructura del movimiento aplicado a la actividad física.* (p.251) por A. Hernández, 2004, Mérida: Talleres Gráficos Universitarios

**Procedimiento del Análisis de los Datos**

El análisis de los resultados se realizó a partir de un análisis comparativo de las variables estudiadas con investigaciones previas de la Biomecánica del lanzamiento de jabalina, también se calculó la correlación entre las variables analizadas y se calculó cuales son las variables predictoras en el estudio. Las variables seleccionadas para el estudio son las siguientes:

#### Variables Espaciales

- Altura de proyección del lanzamiento de jabalina ( $h_o$ ).
- Distancia horizontal desde el pie adelantado hasta la línea de foul ( $X_{PA-LF}$ ).

#### Variables Temporales

- Tiempo de duración del último paso ( $t_{DUP}$ ).
- Tiempo de duración desde el final del último paso hasta el instante en que se libera la jabalina ( $t_{FUP-L}$ ).

#### Variables Espacio-Temporales

- Velocidad horizontal del centro de masa corporal al inicio del último paso ( $V_{XCMC-IUP}$ ).
- Velocidad horizontal de proyección de la jabalina ( $V_{ox}$ ) en el instante en que se libera el implemento.
- Velocidad Vertical de proyección de la jabalina ( $V_{oy}$ ) en el instante en que se libera el implemento.
- Velocidad de proyección de la jabalina ( $V_o$ ) en el instante en que se libera el implemento.
- Velocidad angular de la articulación del codo ( $\omega_c$ ) en el instante en que se libera el implemento.
- Velocidad angular de la articulación del hombro ( $\omega_h$ ) el instante en que se libera el implemento.

#### Variables Angulares

- Ángulo de proyección de la jabalina ( $\theta_o$ ).
- Ángulo de aptitud de la jabalina ( $\theta_a$ ) en el instante en que se libera el implemento.

- Ángulo de posición de la articulación del codo ( $\theta_C$ ) en el instante en que se libera el implemento.
- Ángulo de posición de la articulación de la rodilla de presión ( $\theta_{RP}$ ) en el instante en que se libera el implemento.
- Ángulo de posición de la articulación de la rodilla de soporte ( $\theta_{RS}$ ) en el instante en que se libera el implemento.

### **Procedimiento para el Análisis Estadístico**

Para el análisis de los resultados se utilizaron diversos parámetros estadísticos de tipo descriptivo, se emplearon medidas de tendencia central, tales como la media aritmética, valor mínimo y valor máximo, y medidas de dispersión tales como la desviación típica, también se utilizaron medidas de correlación a partir de los procedimientos de regresión lineal múltiple y Correlación de Spearman. A continuación se presenta una definición de los parámetros estadísticos descriptivos empleados:

- Media: es el valor promedio de los datos (Morales Vallejo, 2007).
- Desviación Típica: es una medida que indica que tan dispersos se encuentran los datos (Morales Vallejo, 2007).
- Valor Mínimo: es indicador del valor absoluto más bajo dentro del conjunto de datos (Salinas, 2007b).
- Valor Máximo: señala el valor absoluto más alto dentro de una serie de datos (Salinas, 2007b).

## Protocolos de la Investigación

En este estudio se utilizaron diferentes tipos de protocolos que permitieron guiar el proceso de las diferentes etapas de la investigación (pre grabación, grabación y post grabación). A continuación se mencionan y explican brevemente algunos de los protocolos que se emplearon en utilizados:

Consentimiento para participar en un proyecto de investigación: la investigación con seres humanos implica el aseguramiento de diversas condiciones con el objetivo de resguardar la seguridad de los individuos investigados. En concordancia con el Código de Ética del Investigador se aplicó el consentimiento informado, instrumento dirigido a los atletas en el cual estos son informados sobre los propósitos del estudio, derechos, características de su participación en el estudio, beneficios, riesgos, compensaciones, entre otros aspectos(Anexo A).

- Autorización al Atleta: en esta fase se realizaron diversas actividades, la primera de estas estuvo dirigida a los entrenadores, se les informó sobre el proyecto y se les solicitó la aceptación y autorización para que los atletas participaran en el estudio (Anexo B-1).
- Autorización al Entrenador: seguidamente previa autorización de los entrenadores se informó a los atletas sobre el estudio y se le solicitó el llenado de una planilla de aceptación (Anexo B-2).
- Ficha del Atleta: luego se procedió al llenado de la ficha del atleta en la cual el mismo debía suministrar datos generales y datos relacionados con su carrera deportiva, finalmente se procedió a la medición de algunos segmentos corporales (pie, pierna, muslo, tronco, brazo, antebrazo y mano) información que luego fue registrada en dicha planilla (Anexo B-3).
- Protocolo de grabación: durante esta fase del estudio se procedió al registro de diversos datos con el fin de asegurar el tratamiento adecuado del proceso y disminuir el margen de error. Los elementos que contempla este protocolo son



- los siguientes: altura de las cámaras, distancia de las cámaras al sitio de grabación, zoom y la velocidad de grabación, entre otros elementos (Anexo C).
- Protocolo de actividades de post-grabación: al término de la grabación se inició el proceso de edición de los videos a través del software TMPGEnc 4xP, que se utilizó para transformar los videos de formato MOV a AVI y también se usó para cortar los mismos en los momentos más importantes de la grabación. Concluida la edición se dio inicio a la creación del modelo de los puntos anatómicos, jabalina y el punto de la línea de foul luego se procedió a realizar la digitalización de cada uno de los videos y cálculos de las variables correspondientes, este proceso se realizó por medio del software HUMAN V-5.0.

### **Estudio Piloto**

Se realizó un estudio previo con el propósito de poner en práctica los protocolos de la investigación (pre grabación, grabación y post grabación), en este estudio piloto se analizó a un atleta masculino de la selección nacional de atletismo. Los videos de esta investigación se recolectaron en la ciudad de Caracas Venezuela, durante el Campeonato Nacional Adulto de Atletismo 2009. Se grabaron los 6 intentos de la competencia final realizados por el atleta, de estos se tomó el intento que alcanzó mayor distancia horizontal y el mismo fue analizado. Igualmente se grabó la escala, la cual constaba de una medida de 2x1x1 m La grabación se realizó en 3D utilizando 2 cámaras de video marca Casio Exilim EX - F1 con una velocidad de 300 cps.

Para la edición de los videos se utilizó el software TMPGEnc 4xP, el cual se emplea para convertir el formato MOV a formato AVI, seguidamente se procedió a transferir el video al Software HUMAN V-5.0 para realizar la digitalización de los mismos, ésta se inició con la creación de un modelo el cual constaba de 22 puntos anatómicos, 3 puntos para la jabalina y 1 punto que indicaba la línea de foul.

Concluida la digitalización se procedió a la sincronización de los videos, ésta se hizo a partir de la escala a la que se le digitalizaron 12 puntos, una vez realizado el procedimiento descrito se obtuvo el video en 3D, este a su vez fue suavizado 3.5 Hz (esto permite que cada punto digitalizado tenga mayor exactitud en los tres ejes de coordenadas X,Y,Z)

Luego se realizaron los cálculos de las variables y estos fueron comparados con estudios previos realizados sobre la biomecánica del lanzamiento de jabalina, se hizo el análisis de cada una de las variables analizadas y se concluyó que el sujeto no realizaba correctamente los movimientos previos al lanzamiento, siendo este un factor determinante para el sujeto alcanzara mayor distancia horizontal en el lanzamiento.

## CAPÍTULO IV

### RESULTADOS

En este capítulo se presentan los resultados de las diferentes variables objeto de estudio, los cuales fueron contrastados con los datos reportados en investigaciones previas. A su vez, se presenta correlación de las variables y los resultados obtenidos a partir del análisis de regresión múltiple.

#### ***Distancia horizontal del lanzamiento de jabalina***

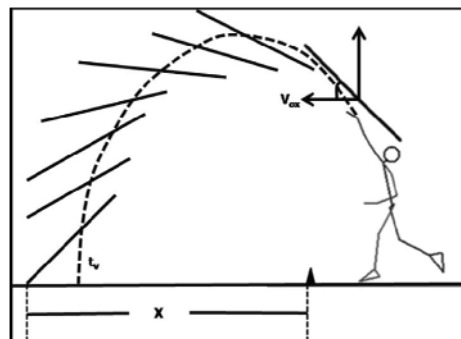
En el cuadro 5 y gráfico 31 se presentan los valores de la distancia horizontal del alcanzada por los ocho sujetos analizados. La media arrojó un valor de 57,99 m. Morris et al. (1997) reportó en su estudio 84,64 m; Campos et al. (2003) de 86,46 m y Lehmann (2009) de 86,11 m de distancia horizontal.

En el cuadro 5 se presenta en orden los valores de la distancia horizontal de los 8 sujetos en estudio en la misma posición que ocuparon en la competencia.

**Cuadro 5**

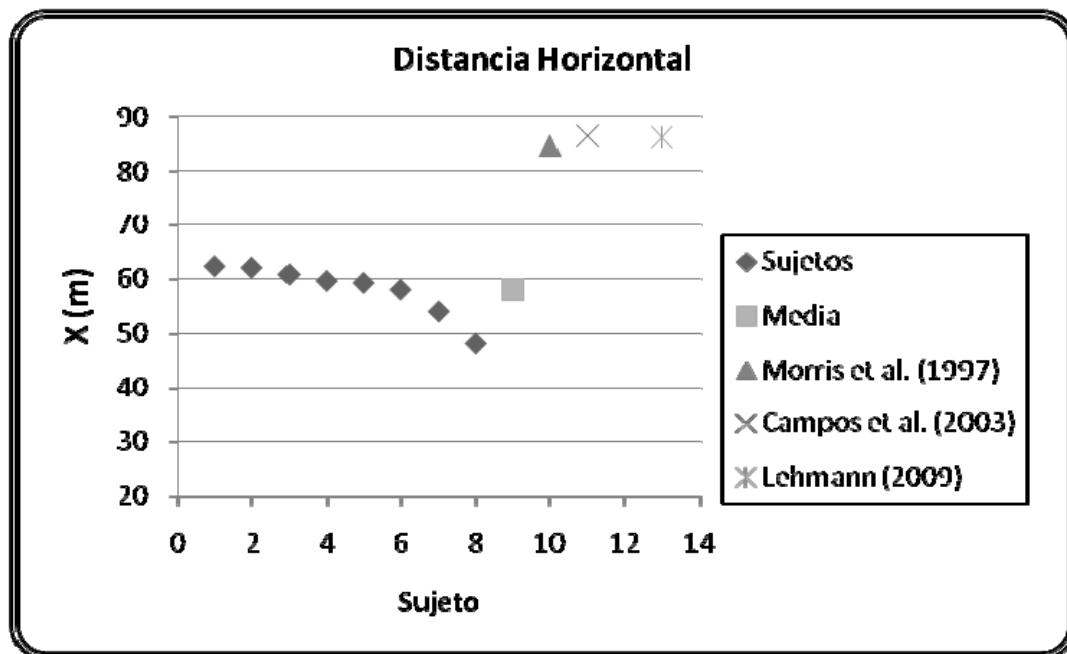
#### **Distancia horizontal del lanzamiento (x)**

Sujeto	X (m)
1	62,29
2	62,02
3	60,78
4	59,59
5	59,24



**Cuadro 5 (cont.)**

6	57,99
7	53,96
8	48,06
<b>Media</b>	<b>57,99</b>
<b>Desviación Típica</b>	<b>±4,20</b>
<b>Valor Mínimo</b>	<b>48,06</b>
<b>Valor Máximo</b>	<b>62,29</b>



**Gráfico 31. Distancia horizontal del lanzamiento**

### Características Espaciales

#### *Altura de Proyección de la Jabalina al Momento en que es Liberada*

En el cuadro 6 y gráfico 32 se presentan los valores de la altura de proyección de

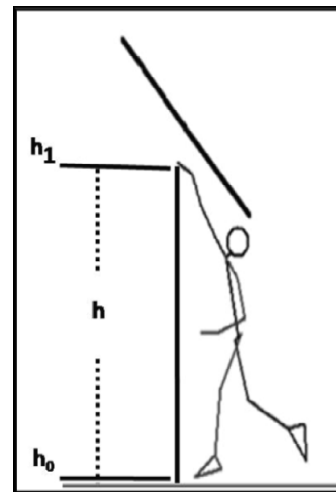
la jabalina al momento en que ésta es liberada, se calculó un promedio para los ocho sujetos de 1,86 m ( $\pm 0,042$ ), este valor es superior al reportado por Mero et al. (1994) de 1,80 m ( $\pm 0,11$ ). No obstante, se observa que la media de sujetos del estudio es inferior a la reportada por Morris et al. (1997) de 1,97 m y Campos et al. (2008) de 1,89 m ( $\pm 0,04$ ).

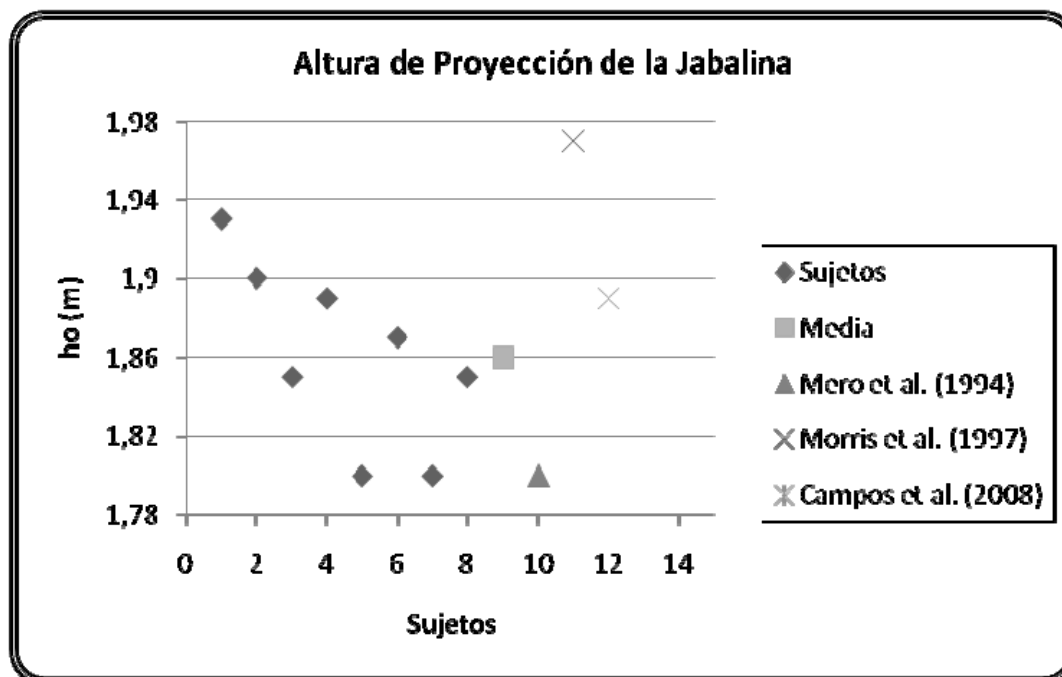
Sin embargo, cabe destacar que esta variable va a depender básicamente de las medidas antropométricas del sujeto y del ángulo de la articulación de la rodilla adelantada (Campos et al., 2003).

#### Cuadro 6

##### Altura de Proyección de la Jabalina ( $h_0$ ) en el Momento en que es Liberada

Sujeto	$h_0$ (m)
1	1,93
2	1,90
3	1,85
4	1,89
5	1,80
6	1,87
7	1,82
8	1,85
<b>Media</b>	<b>1,86</b>
<b>Desviación Típica</b>	<b><math>\pm 0.042</math></b>
<b>Valor Mínimo</b>	<b>1,80</b>
<b>Valor Máximo</b>	<b>1,93</b>





**Gráfico 32.** Altura de proyección de la jabalina en el momento en que es liberada

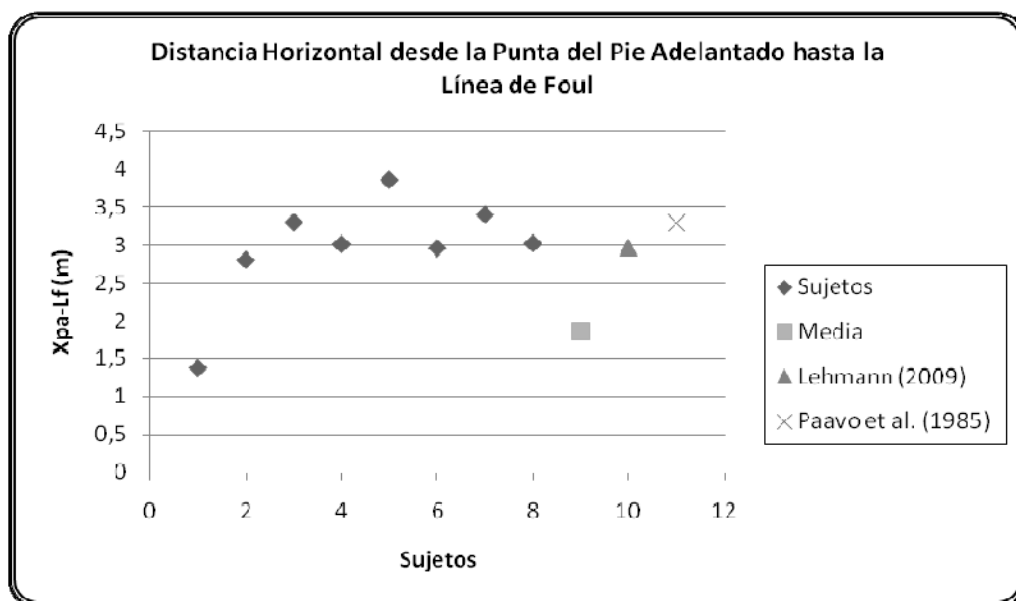
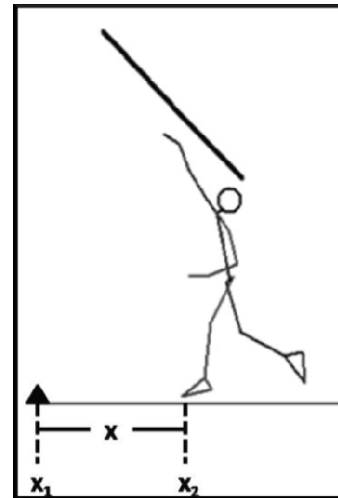
***Distancia Horizontal desde la Punta del Pie Adelantado Hasta la Línea de Foul al Instante de Liberar la Jabalina***

En el cuadro 7 y gráfico 33 se presentan los valores de la distancia horizontal del pie adelantado a la línea de foul al momento en que se libera la jabalina, el promedio encontrado por los sujetos analizados es de 2,96 m ( $\pm 0,724$ ), siendo este valor similar al reportado por Lehmann (2009), de 2,97 m y Paavo et al. (1985), de 3,29 m ( $\pm 0,70$ ). Cabe señalar que el sujeto 1 es el que realiza el lanzamiento más cerca a la línea de foul. Lehmann (2009) indica que al realizar la proyección de la jabalina lo más cerca a la línea de foul el atleta podrá maximizar la distancia final del lanzamiento.

### Cuadro 7

**Distancia Horizontal desde la Punta del Pie Adelantado hasta la Línea de Foul al Instante de Liberar la Jabalina ( $X_{PA-LF}$ )**

Sujeto	$X_{PA-LF}$ (m)
1	1,37
2	2,80
3	3,30
4	3,01
5	3,86
6	2,96
7	3,40
8	3,02
<b>Media</b>	<b>2,96</b>
<b>Desviación Típica</b>	<b><math>\pm 0,724</math></b>
<b>Valor Mínimo</b>	<b>1,37</b>
<b>Valor Máximo</b>	<b>3,86</b>



**Gráfico 33.** Distancia horizontal desde la punta del pie adelantado hasta la línea de foul al instante de liberar la jabalina

## Características Temporales

### *Tiempo de Duración del Último Paso*

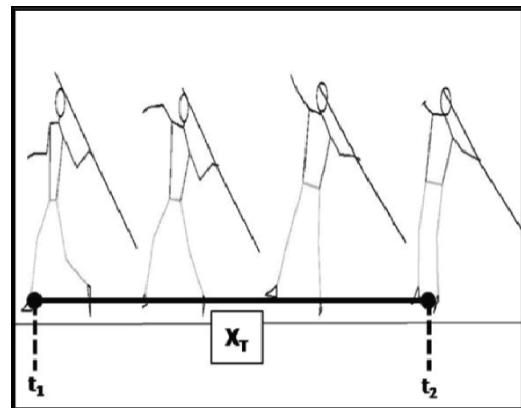
En el cuadro 8 y gráfico 34 se muestran los valores del tiempo de duración del último paso de los 8 sujetos objeto de estudio, la media arrojó un valor de 0,22 s ( $\pm 0,027$ ). Comparando este resultado con los valores reportados por Morris et al. (1997) y Campos et al. (2003) con 0,19, se encuentra que el tiempo señalado por los autores es menor al encontrado en los sujetos estudiados. Analizando los sujetos individualmente se tiene que el sujeto 6 presenta el mismo tiempo indicado por los autores.

Los estudios realizados por Morris et al. (1997) y Campos et al. (2003), indican que mientras menor sea el tiempo de duración del último paso, mayor será la velocidad horizontal del centro de masa.

### Cuadro 8

#### Tiempo de Duración del Último Paso ( $t_{Dup}$ )

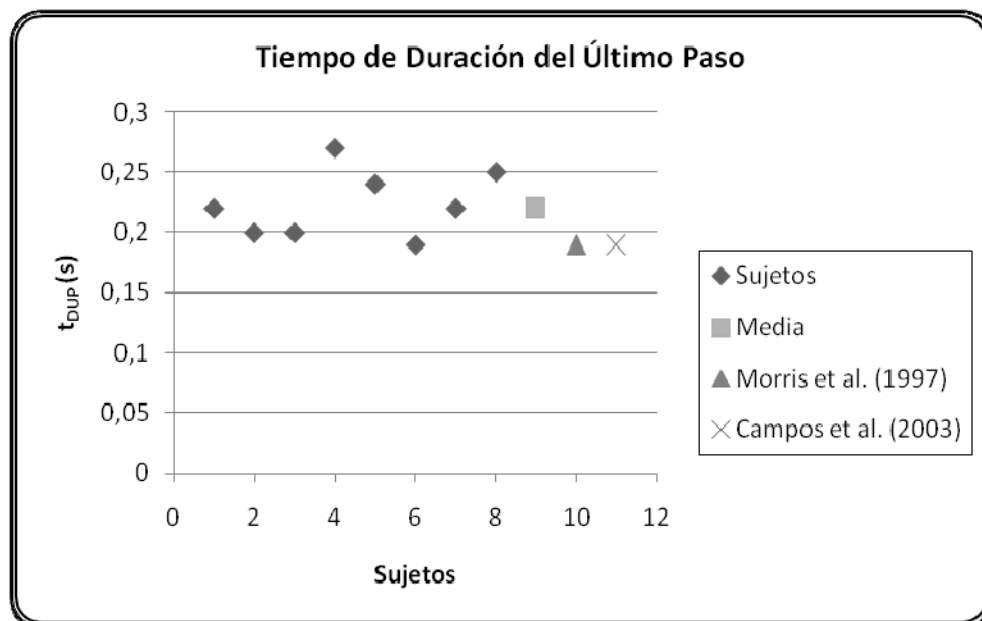
Sujetos	$t_{Dup}$ (s)
1	0,22
2	0,20
3	0,20
4	0,27
5	0,24
6	0,19
7	0,22
8	0,25





**Cuadro 8 (cont.)**

<b>Media</b>	<b>0,22</b>
<b>Desviación Típica</b>	<b><math>\pm 0,027</math></b>
<b>Valor Mínimo</b>	<b>0,19</b>
<b>Valor Máximo</b>	<b>0,27</b>



**Gráfico 34. Tiempo de duración del último paso**

***Tiempo de Duración desde el Final del Último Paso hasta el Instante en que se Libera la Jabalina***

El cuadro 9 y gráfico 35 indican el tiempo desde el final del último paso hasta el instante en que se libera la jabalina, los sujetos objeto de estudio arrojaron un promedio de 0,22 s ( $\pm 0,031$ ), este tiempo es mayor que el reportado por Mero et al

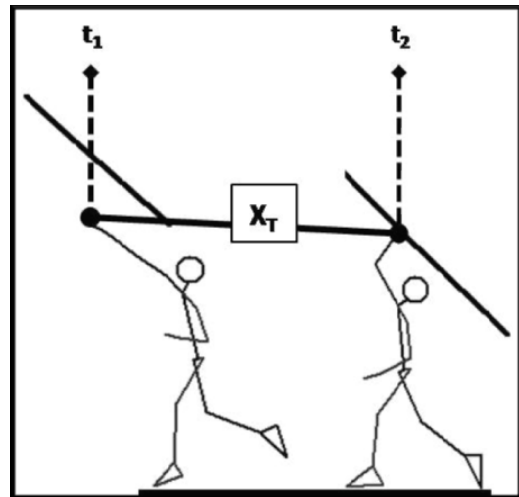
(1994) con 0,13 s ( $\pm 12$ ), Morris et al. (1997) con 0,13 s, Xie et al. (2001) con 0,10 s, y Campos et al. (2003) de 0,12 s.

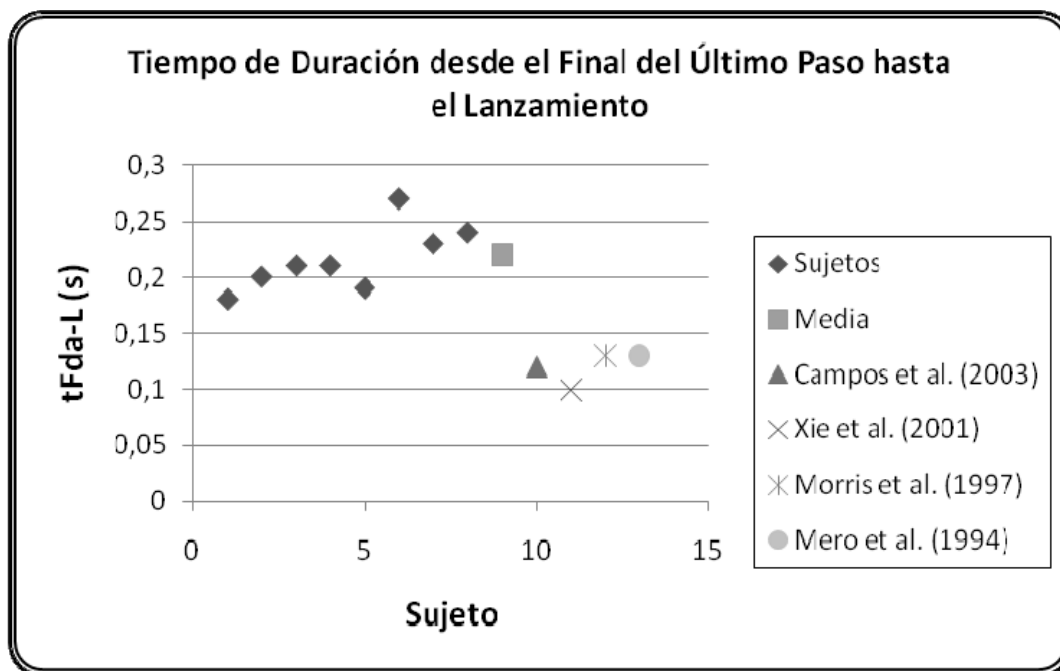
La investigación de Xie et al. (2001), indica que entre menor sea el periodo de tiempo en este momento, mayor será la velocidad de la jabalina al momento de ser liberada.

#### Cuadro 9

**Tiempo de Duración desde el Final del Último Paso Hasta el Instante en que se Libera la Jabalina ( $t_{Fup-L}$ ).**

Sujetos	$t_{Fup-L}$ (s)
1	0,18
2	0,20
3	0,21
4	0,21
5	0,19
6	0,27
7	0,23
8	0,24
<b>Media</b>	<b>0,22</b>
<b>Desviación Típica</b>	<b><math>\pm 0,031</math></b>
<b>Valor Mínimo</b>	<b>0,18</b>
<b>Valor Máximo</b>	<b>0,27</b>





**Gráfico 35.** Tiempo de duración desde el final del último paso hasta el instante en que se libera la jabalina

### Características Espacio-Temporales

#### ***Velocidad Horizontal del Centro de Masa Corporal al Inicio del Último Paso***

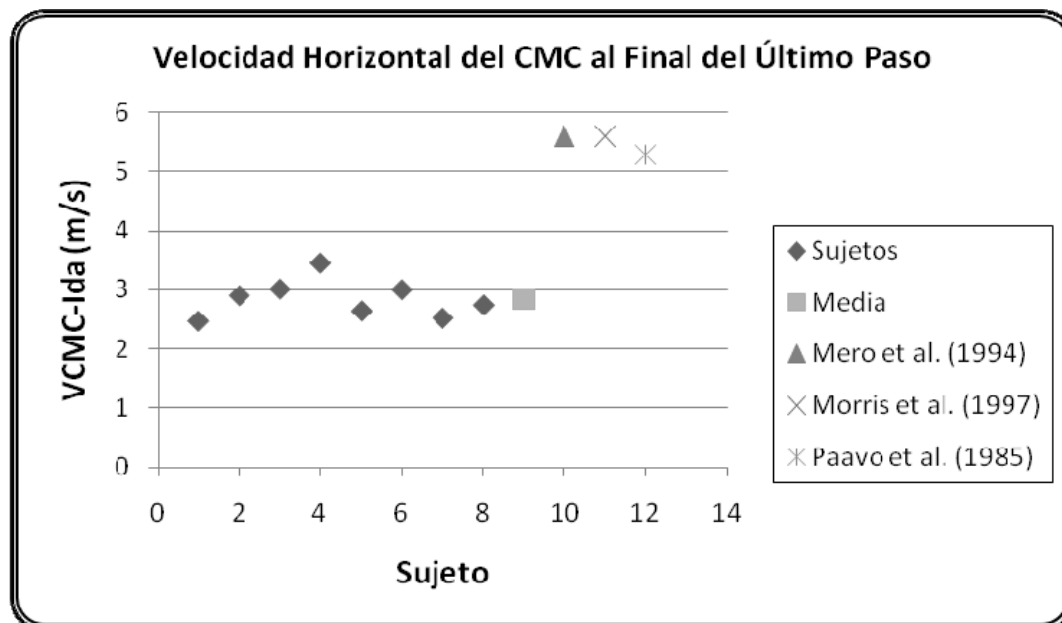
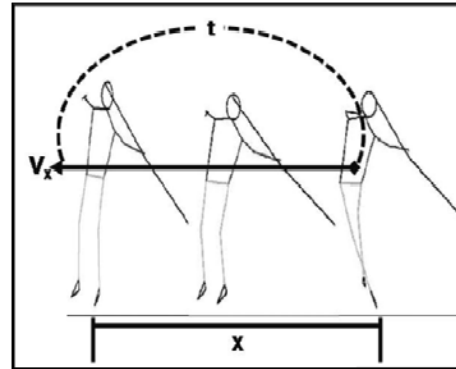
En el cuadro 10 y gráfico 36 se muestran los datos obtenidos para la variable velocidad del centro de masa corporal al inicio del último paso, la media arrojó un valor de 2,84 m/s ( $\pm 0,320$ ), esta velocidad es inferior a la reportada por Morris et al. (1997) de 5,6 m/s; Mero et al (1994) con 5,6 m/s ( $\pm 1,0$ ) y Paavo et al. (1985) con 5,28 m/s ( $\pm 1,02$ ).

El estudio realizado por Morris et al. (1997), indica que una alta velocidad horizontal de carrera del CMC al inicio del último paso, permite una transferencia de esta velocidad a la velocidad de la jabalina en el instante de ser liberada.

### Cuadro 10

#### Velocidad Horizontal del Centro de Masa Corporal al Inicio del Último Paso

Sujeto	$V_{XCMC-IUP}$ (m/s)
1	2,47
2	2,90
3	3,01
4	3,45
5	2,64
6	3,00
7	2,52
8	2,74
<b>Media</b>	<b>2,84</b>
<b>Desviación Típica</b>	<b><math>\pm 0,320</math></b>
<b>Valor Mínimo</b>	<b>2,47</b>
<b>Valor Máximo</b>	<b>3,45</b>



**Gráfico 36.** Velocidad horizontal del centro de masa corporal al inicio del último paso

### ***Velocidad Horizontal de Proyección de la Jabalina en el Instante en que es Liberado el Implemento***

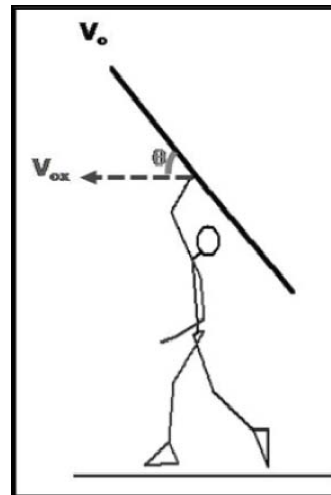
En el cuadro 11 y gráfico 37 se reflejan los resultados obtenidos por los atletas venezolanos respecto a la variable velocidad horizontal de proyección, la media fue igual a 16,64 m/s ( $\pm 1,264$ ), si se compara este valor con el reportado por Paavo et al. (1985) de 21,30 m/s ( $\pm 1,60$ ), Mero et al (1994) de 23,9 m/s ( $\pm 0,9$ ); y Campos et al. (2003) de 20,02 m/s; se tiene que los valores reportados en la literatura son superiores al promedio de los sujetos del estudio.

Campos et al. (2003), exponen en su estudio que la velocidad horizontal de proyección de la jabalina ejerce gran influencia en el lanzamiento, ya que al aumentar el valor de la velocidad horizontal de proyección también aumentará progresivamente el valor de la velocidad de proyección.

**Cuadro 11**

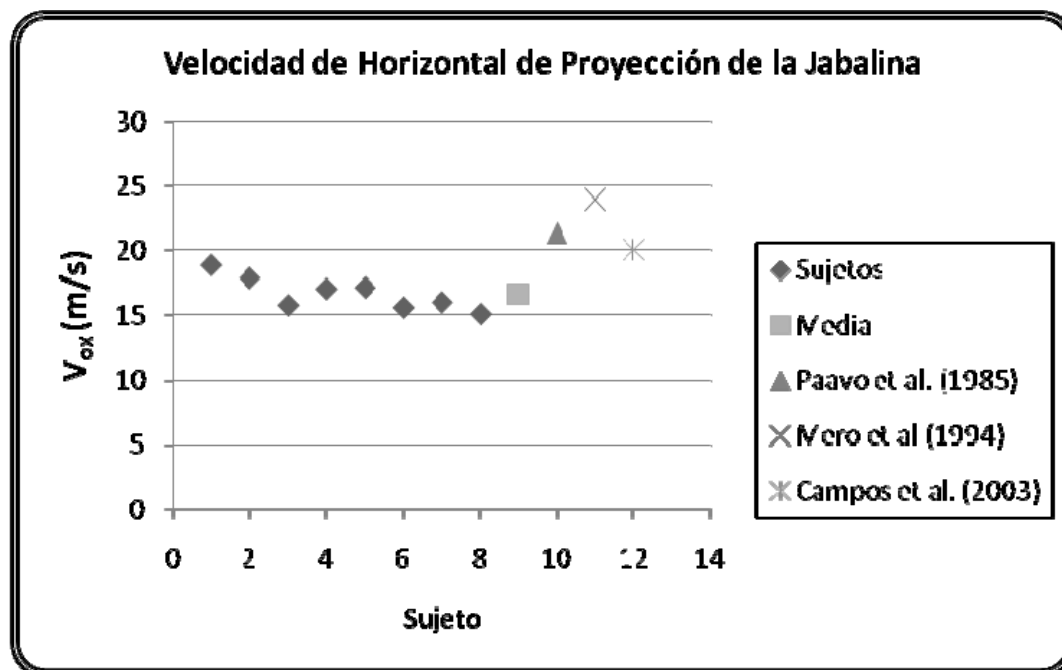
**Velocidad Horizontal de Proyección de la Jabalina en el Instante en que es Liberado el Implemento ( $V_{ox}$ )**

Sujetos	$V_{ox}$ (m/s)
1	18,81
2	17,83
3	15,76
4	17,00
5	17,11
6	15,58
7	15,99
8	15,09
<b>Media</b>	<b>16,64</b>
<b>Desviación Típica</b>	<b><math>\pm 1,264</math></b>



Cuadro 11 (cont.)

Valor Mínimo	15,09
Valor Máximo	18,81



**Gráfico 37.** Velocidad horizontal de proyección de la jabalina en el instante en que es liberado el implemento

***Velocidad Vertical de Proyección de la Jabalina en el Instante en que es Liberado el Implemento***

El cuadro 12 y gráfico 38 presenta los valores alcanzados por los atletas para la variable velocidad vertical de proyección de la jabalina, la media arrojó un valor de 13,18 m/s ( $\pm 0,679$ ), valor inferior al indicado por Paavo et al. (1985) con 17,10 m/s, Mero et al (1994) con 14,9 m/s ( $\pm 1,5$ ) y Campos et al. (2003) con 15,90 m/s.

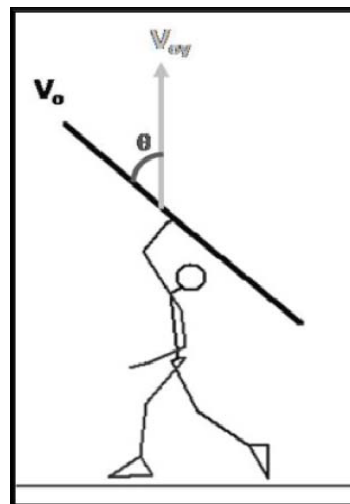
Campos et al. (2003) señalan que la velocidad vertical de proyección (al igual que la velocidad horizontal de lanzamiento) influye significativamente en el lanzamiento,

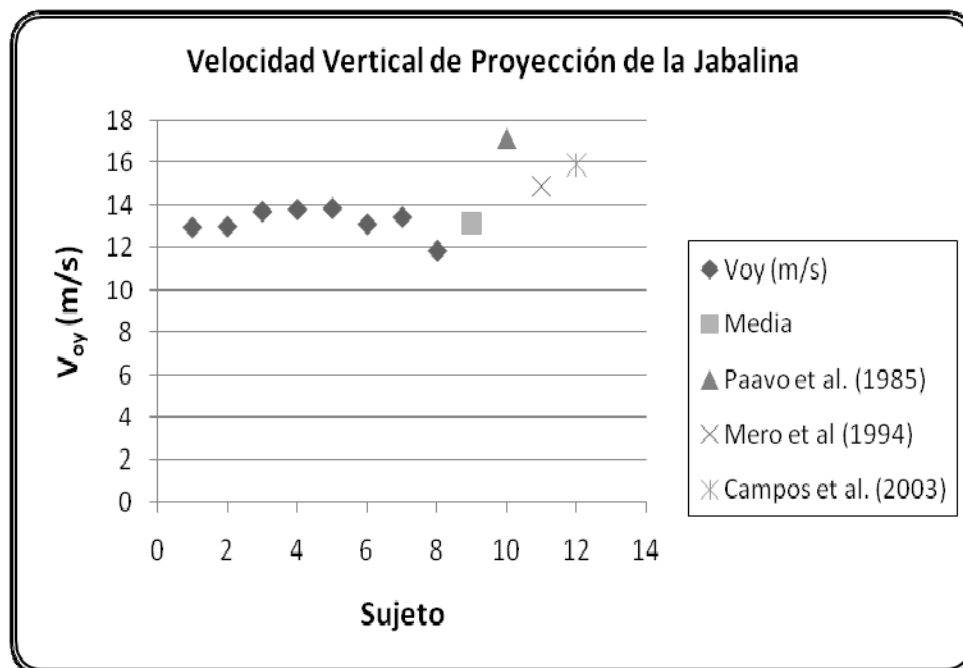
ya que al aumentar el valor de la velocidad vertical de proyección también aumentará progresivamente el valor de la velocidad de proyección.

## Cuadro 12

### Velocidad Vertical de Proyección de la Jabalina en el Instante en que es Liberado el Implemento ( $V_{oy}$ )

Sujetos	$V_{oy}$ (m/s)
1	12,92
2	12,96
3	13,70
4	13,79
5	13,85
6	13,08
7	13,42
8	11,78
<b>Media</b>	<b>13,18</b>
<b>Desviación Típica</b>	<b><math>\pm 0,679</math></b>
<b>Valor Mínimo</b>	<b>11,78</b>
<b>Valor Máximo</b>	<b>13,85</b>





**Gráfico 38.** Velocidad vertical de proyección de la jabalina en el instante en que es liberado el implemento

### ***Velocidad de Proyección de la Jabalina***

En el cuadro 13 y gráfico 39 se reflejan los resultados obtenidos por los atletas analizados respecto a la variable velocidad de proyección de la jabalina en el instante en que es liberado el implemento, la media fue igual a 21,29 m/s ( $\pm 1,221$ ), este valor es inferior al reportado por Paavo et al. (1985) de 27,36 m/s ( $\pm 1,68$ ); Morris et al. (1997) de 28,78 m/s; Campos et al. (2000) de 26,33 m/s ( $\pm 0,71$ ); y Lehmann (2009) de 29,3 m/s.

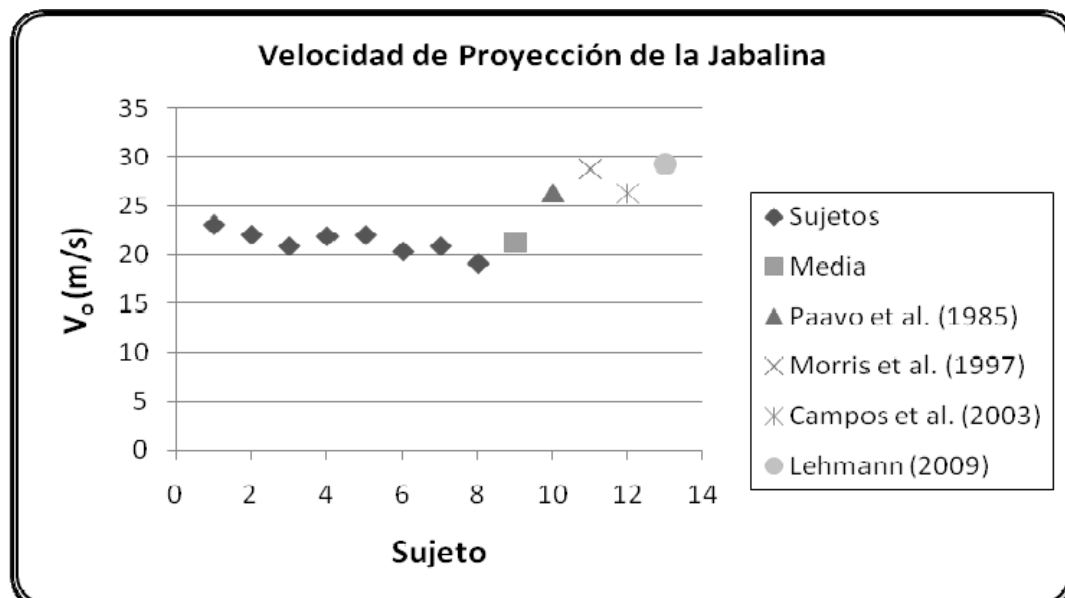
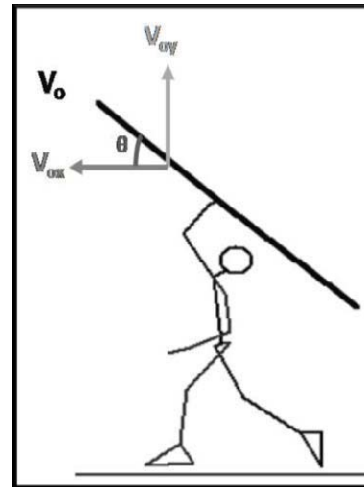
Morris et al. (1997), en su estudio indican que mientras mayor sea la velocidad de proyección de la jabalina al momento de ser liberada se logrará alcanzar mayor distancia horizontal en el lanzamiento.



### Cuadro 13

#### Velocidad de Proyección de la Jabalina ( $V_o$ )

Sujetos	$V_o$ (m/s)
1	23,07
2	22,05
3	20,88
4	21,90
5	22,02
6	20,35
7	20,88
8	19,15
<b>Media</b>	<b>21,29</b>
<b>Desviación Típica</b>	<b><math>\pm 1,221</math></b>
<b>Valor Mínimo</b>	<b>19,15</b>
<b>Valor Máximo</b>	<b>23,07</b>



**Gráfico 39. Velocidad de proyección de la jabalina**

### ***Velocidad Angular del Codo en el instante en que se libera la Jabalina***

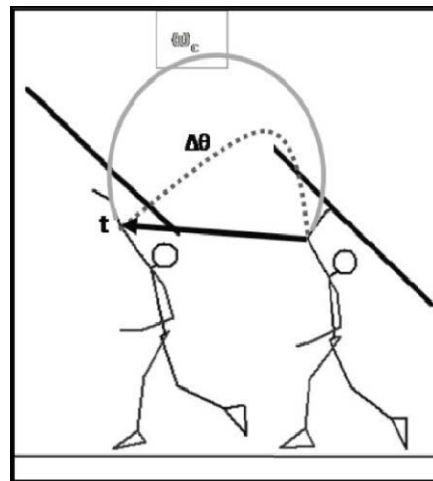
En el cuadro 14 y gráfico 40, se observa el promedio de la velocidad angular del codo en los 8 sujetos de 21,64 rad/s ( $\pm 3,044$ ), este valor presenta una diferencia significativa con respecto a los valores obtenidos a partir de los estudios de Paavo et al. (1985) con 41,6 rad/s ( $\pm 10,05$ ); Mero et al (1994) con 31,6 rad/s ( $\pm 3,044$ ) y Morris et al. (1997) con 25,75 rad/s.

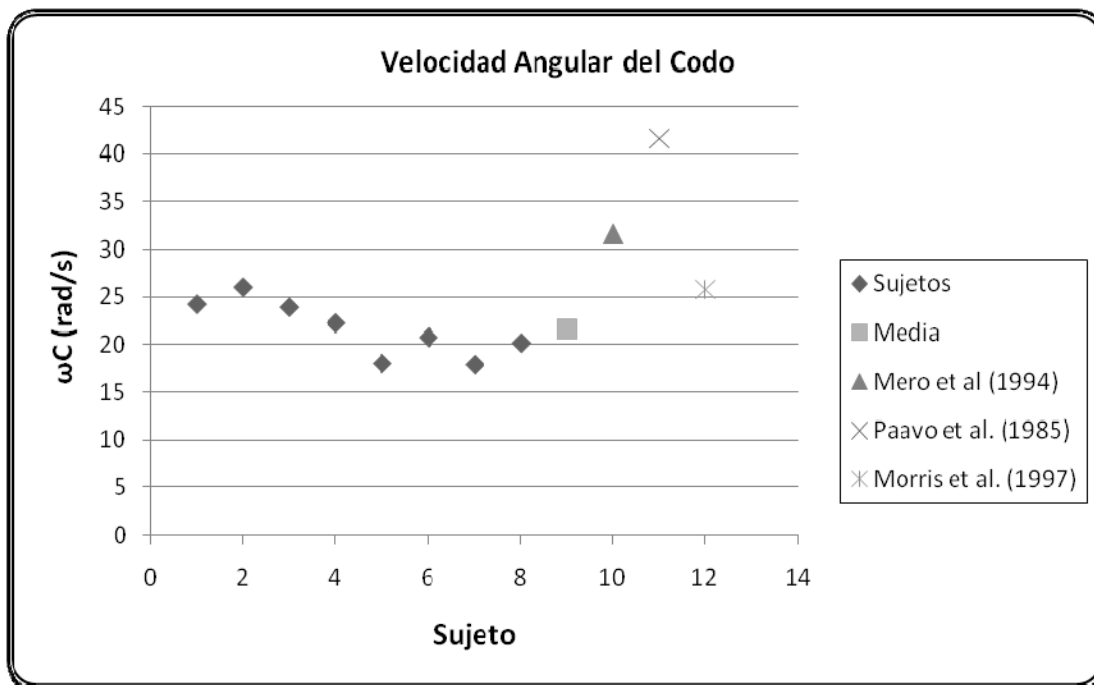
Morris et al. (1997), señalan que al alcanzar mayor velocidad angular del codo, se logrará transferir mayor cantidad de esta velocidad a la jabalina al momento de liberar la misma.

#### **Cuadro 14**

##### **Velocidad Angular del Codo en el Instante en que se Libera la Jabalina ( $\omega_c$ )**

<b>Sujetos</b>	<b><math>\omega_c</math> (rad/s)</b>
1	24,21
2	26
3	23,89
4	22,22
5	18
6	20,75
7	17,88
8	20,15
<b>Media</b>	<b>21,64</b>
<b>Desviación Típica</b>	<b><math>\pm 3,044</math></b>
<b>Valor Mínimo</b>	<b>17,88</b>
<b>Valor Máximo</b>	<b>26</b>





**Gráfico 40.** Velocidad angular del codo en el instante en que se libera la jabalina.

#### ***Velocidad Angular del Hombro en el instante en que se libera la Jabalina***

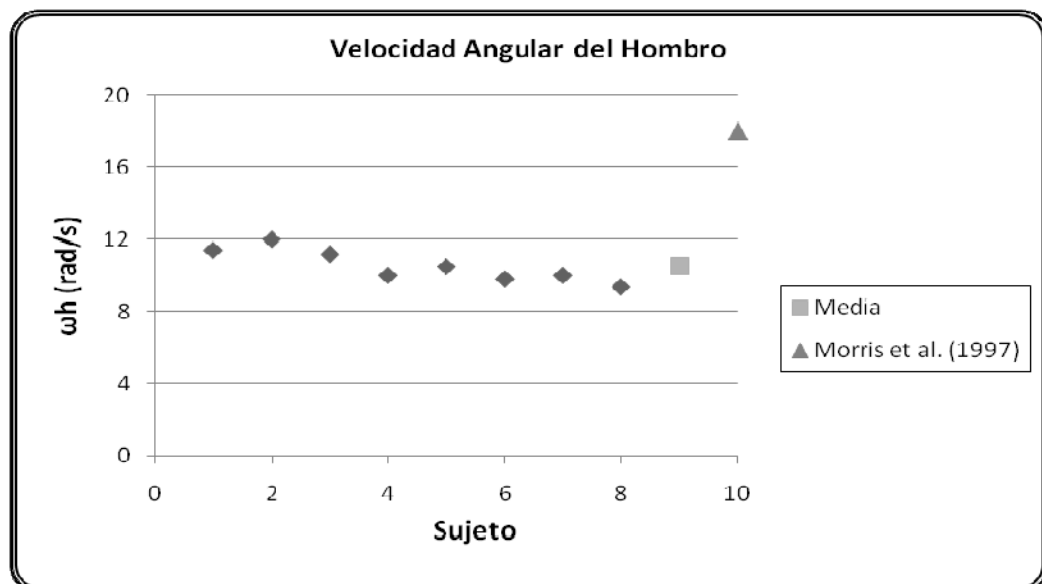
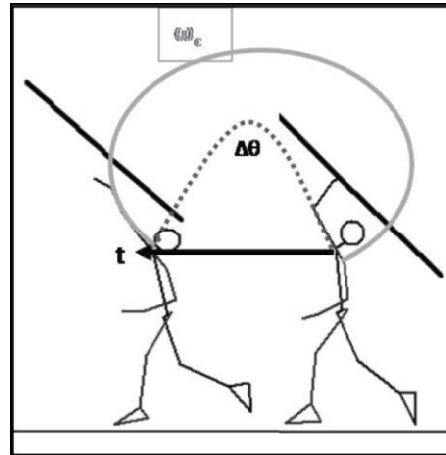
El promedio encontrado respecto a la variable velocidad angular del hombro en el instante en que se libera la jabalina fue de 10,54 rad/s ( $\pm 0,923$ ), tal como se observa en el cuadro 15 y gráfico 41. Este valor es inferior al reportado por Morris et al. (1997) de 18 rad/s.

Morris et al. (1997), indican en su estudio que para que la jabalina adquiriera mayor velocidad de proyección, la velocidad angular del hombro debe ser alta, ya que gran parte de esta velocidad se transfiere a la velocidad de proyección jabalina.

### Cuadro 15

#### Velocidad Angular del Hombro en el Instante en que se Libera la Jabalina ( $\omega_h$ )

Sujetos	$\omega_h$ (rad/s)
1	11,43
2	12,02
3	11,20
4	10
5	10,50
6	9,80
7	10
8	9,35
<b>Media</b>	<b>10,54</b>
<b>Desviación Típica</b>	<b><math>\pm 0,923</math></b>
<b>Valor Mínimo</b>	<b>9,35</b>
<b>Valor Máximo</b>	<b>12,02</b>



**Gráfico 41.** Velocidad angular del hombro en el instante en que se libera la jabalina.

## Características Angulares

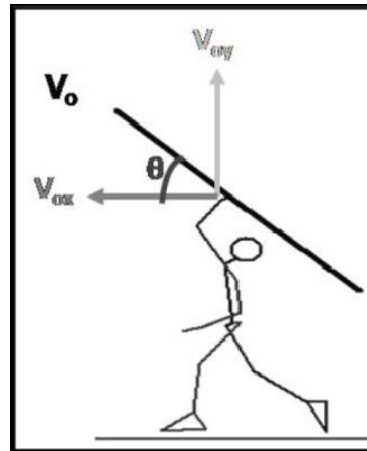
### ***Ángulo de Proyección de la Jabalina en el instante en que ésta se libera.***

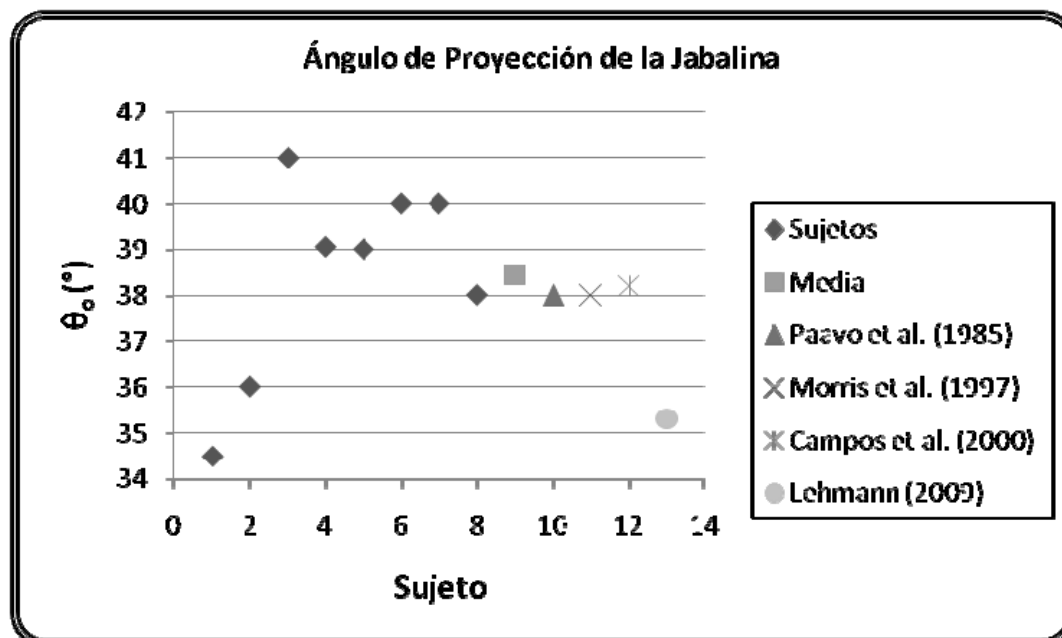
En el cuadro 16 y gráfico 42, se indica el promedio del ángulo de proyección de la jabalina en el instante en que ésta se libera el cual arrojó un promedio de  $38,44^\circ$  ( $\pm 2,423$ ), contrastando esta información con las investigaciones previas se tiene que este valor se encuentra entre los valores reportados por Paavo et al. (1985)  $38^\circ (\pm 4)$ ; Morris et al. (1997)  $38^\circ$ ; Campos et al. (2000)  $38,02^\circ (\pm 2,53)$  y Lehmann (2009),  $35,3^\circ$ . Lehmann (2009), indican que el ángulo de proyección de la jabalina determina la velocidad de proyección de la misma.

**Cuadro 16**

### **Ángulo de Proyección de la Jabalina en el Instante en que ésta se Libera**

Sujetos	$\theta_o (^\circ)$
1	34,48
2	36
3	40,99
4	39,05
5	39
6	40
7	40
8	38
<b>Media</b>	<b>38,44</b>
<b>Desviación Típica</b>	<b>2,20</b>
<b>Valor Mínimo</b>	<b>34,48</b>
<b>Valor Máximo</b>	<b>40,99</b>





**Gráfico 42. Ángulo de proyección de la jabalina**

#### ***Ángulo de aptitud de la jabalina en el instante en que ésta se libera***

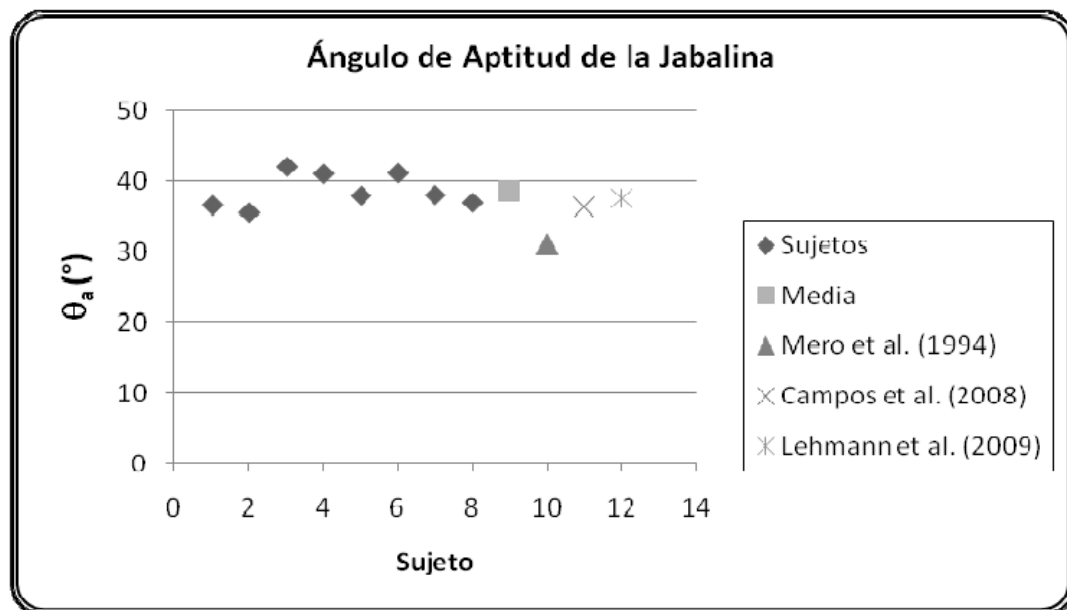
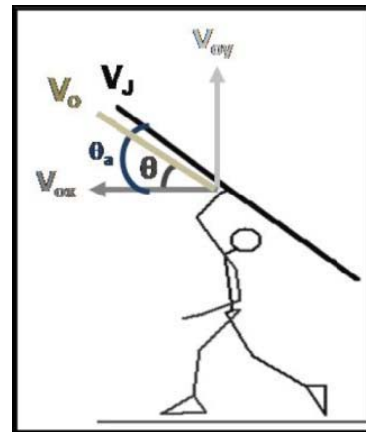
En el cuadro 17 y gráfico 43 se presenta la media del ángulo de aptitud de la jabalina  $38,61^\circ (\pm 2,423)$ ; este valor es similar al reportado por Campos et al. (2008)  $36,34^\circ$  y Lehmann (2009) con  $37,5^\circ$ . Sin embargo existe una diferencia significativa con respecto al valor reportado por Mero et al (1994) cuyo valor fue igual a  $31^\circ (\pm 6)$ .

Campos et al. (2000), analizaron esta variable y su relación con la distancia horizontal de la jabalina y al respecto indican que un ángulo de aptitud óptimo puede influir en el comportamiento de la jabalina en la fase de vuelo, ya que la jabalina adoptará una mejor posición el aire permitiéndole alcanzar mayor distancia horizontal. A su vez señalan que este ángulo va a incidir en el ángulo que adquiera la jabalina en la fase aérea.

**Cuadro 17**

**Ángulo de Aptitud de la Jabalina en el Instante en que ésta se Libera ( $\theta_a$ )**

Sujetos	$\theta_a$ (°)
1	36,55
2	35,50
3	42
4	41
5	37,90
6	41,10
7	38
8	36,90
<b>Media</b>	<b>38,61</b>
<b>Desviación Típica</b>	<b><math>\pm 2,423</math></b>
<b>Valor Mínimo</b>	<b>35,50</b>
<b>Valor Máximo</b>	<b>42</b>



**Gráfico 43. Ángulo de aptitud de la jabalina en el instante en que ésta se libera**

### ***Ángulo de Posición de la Articulación del Codo en el Momento en que se Libera el Implemento***

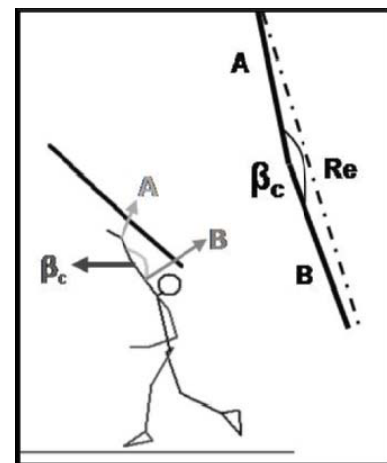
La variable ángulo de posición de la articulación del codo en el momento en que se libera la jabalina presenta un promedio de  $159,72^\circ (\pm 4,299)$ ; tal como se muestra en el cuadro 18 y gráfico 44, siendo este valor superior a lo reportado por Mero et al (1994) cuyo valor fue de  $123^\circ (\pm 16)$ . Sin embargo, el promedio de los sujetos analizados se encuentra dentro de los valores reportados por Morris et al. (1997) de  $154^\circ$  y Campos et al. (2003) de  $158^\circ$ .

Morris et al. (1997), señalan que la articulación del codo debe mantenerse en total extensión ( $180^\circ$ ) en el instante de liberar la jabalina, ya que de esa forma se producirá un mayor desplazamiento angular, permitiendo así un desarrollo más alto de la velocidad del implemento.

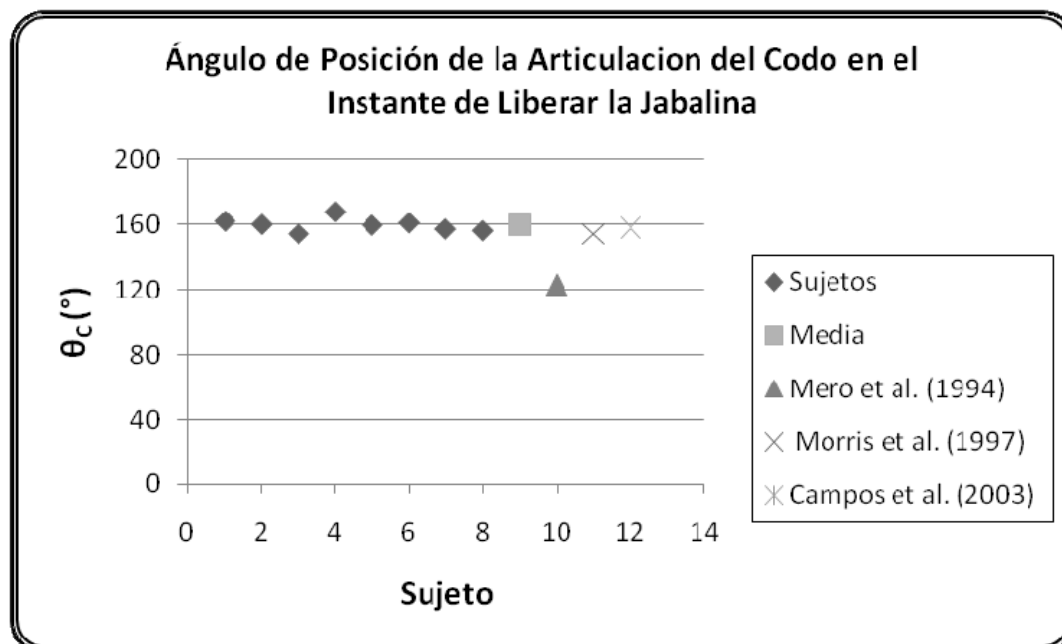
**Cuadro 18**

**Ángulo de Posición de la Articulación del Codo en el Momento en que se Libera el Implemento ( $\theta_c$ )**

Sujetos	$\theta_c (^\circ)$
1	162,06
2	160
3	154
4	168
5	159,54
6	161
7	157,06
8	156
<b>Media</b>	<b>159,72</b>
<b>Desviación Típica</b>	<b><math>\pm 4,299</math></b>
<b>Valor Mínimo</b>	<b>154</b>
<b>Valor Máximo</b>	<b>168</b>







**Gráfico 44.** Ángulo de posición de la articulación del codo en el momento en que se libera el implemento

***Ángulo de Posición de la Articulación de la Rodilla de Presión (adelantada) en el Instante de Liberar la Jabalina***

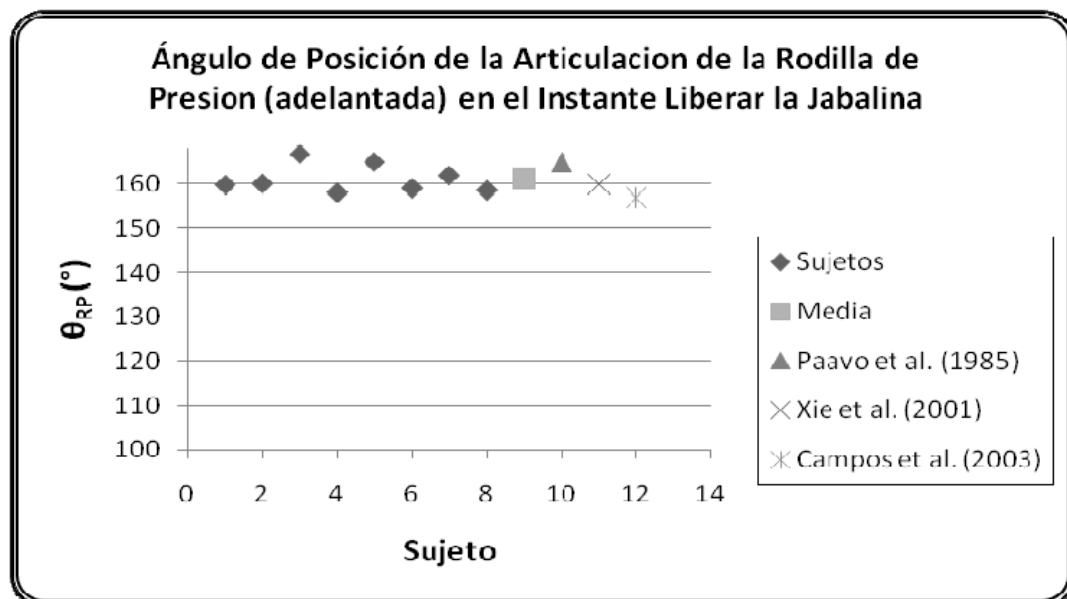
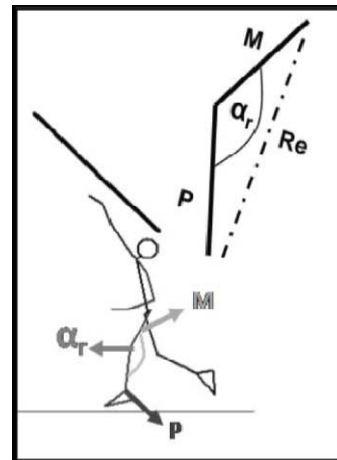
Esta variable arrojó una media de  $161,12^\circ (\pm 3,209)$ , tal como se aprecia en el cuadro 19 y gráfico 45; este valor es similar al reportado por Paavo et al. (1985) de  $165^\circ (\pm 14)$ ; Xie et al. (2001) de  $160^\circ$ ; y Campos et al. (2003) de  $157^\circ$ .

Campos et al. (2003), analizaron esta variable y su relación con el objetivo principal del lanzamiento de jabalina (alcanzar mayor distancia horizontal) y al respecto indican que el ángulo de la rodilla de presión (adelantada) debe encontrarse cerca de los  $180^\circ$ , ya que esta posición le permitirá transferir mayor velocidad horizontal de carrera del CMC a la jabalina.

**Cuadro 19**

**Ángulo de Posición de la Articulación de la Rodilla de Presión (adelantada) en el Instante de Liberar la Jabalina ( $\theta_{RP}$ )**

Sujeto	$\theta_{RP}$ (°)
1	159,73
2	160
3	166,80
4	158
5	165
6	159
7	161,87
8	158,51
<b>Media</b>	<b>161,12</b>
<b>Desviación Típica</b>	<b><math>\pm 3,209</math></b>
<b>Valor Mínimo</b>	<b>158</b>
<b>Valor Máximo</b>	<b>166,80</b>



**Gráfico 45. Ángulo de posición de la articulación de la rodilla de presión (adelantada) en el Instante de liberar la jabalina**

***Ángulo de Posición de la Articulación de la Rodilla de Soporte (atrasada) en el Instante de Liberar la Jabalina***

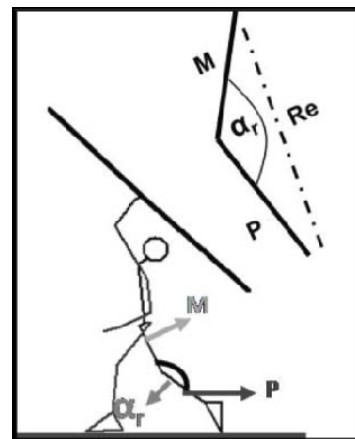
En el cuadro 20 y gráfico 46 se muestran los resultados para la variable posición de la articulación de la rodilla de soporte en el instante de liberar la jabalina, los resultados arrojaron un promedio de  $134,82^\circ (\pm 5,098)$ ; este valor es similar al reportado por Campos et al. (2003)  $133^\circ$  y Leigh et al. (2010b)  $140^\circ (\pm 0,261)$  Por su parte, Morris et al. (1997) reportó en estudio un ángulo de la rodilla adelantada de  $154^\circ$ , valor que es superior a la media de los sujetos analizados.

Campos et al. (2003), en relación al comportamiento de esta variable en el lanzamiento de jabalina señalan que la articulación de la rodilla de soporte (atrasada) realiza una flexión-extensión que es decisiva para que el atleta pueda tener mayor apoyo sobre la pierna de presión (adelantada), a su vez indican que un ángulo de  $180^\circ$  de esta articulación permite desplazar con mayor rapidez el CMC.

**Cuadro 20**

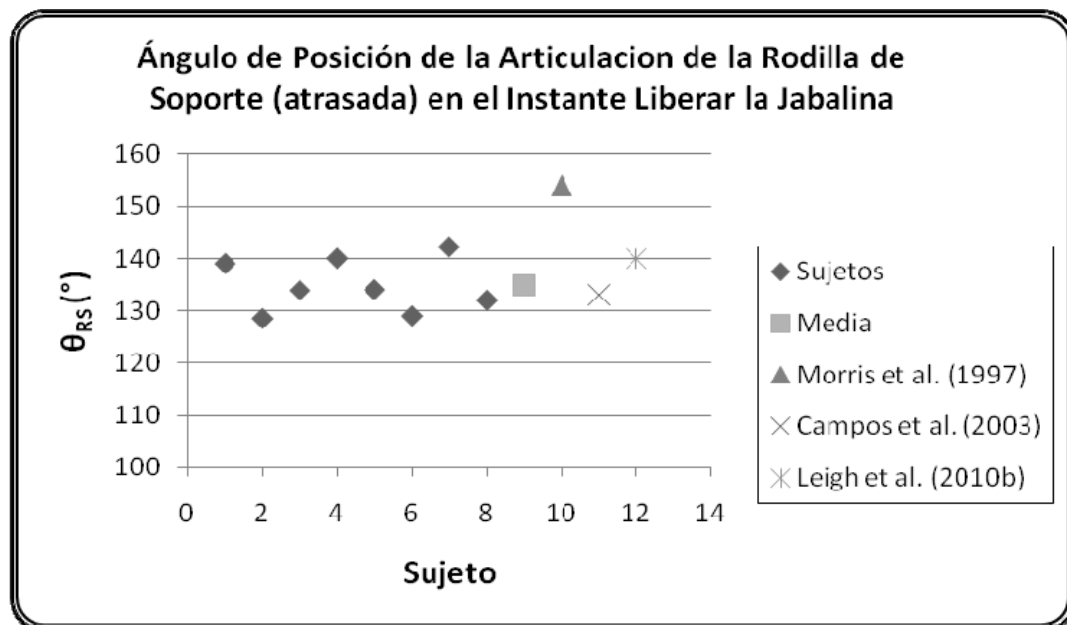
**Ángulo de Posición de la Articulación de la Rodilla de Soporte (atrasada) en el Instante de Liberar la Jabalina ( $\theta_{RS}$ )**

Sujeto	$\theta_{RS} (^\circ)$
1	139
2	128,51
3	133,88
4	140
5	134
6	129
7	142,20
8	132



**Cuadro 20 (cont.)**

<b>Media</b>	<b>134,82</b>
<b>Desviación Típica</b>	<b>±5,098</b>
<b>Valor Mínimo</b>	<b>128,51</b>
<b>Valor Máximo</b>	<b>142,20</b>



**Gráfico 46. Ángulo de posición de la articulación de la rodilla de soporte (atrasada) en el instante de liberar la jabalina**

### Correlación de Spearman

El coeficiente de correlación de Spearman es una prueba no paramétrica que mide la asociación entre dos variables. Los valores del coeficiente de Spearman oscilan entre -1 y +1. La interpretación de los valores próximos a 1 indica una correlación fuerte y positiva, los valores próximos a -1 indican una correlación fuerte

negativa y los valores cercanos a 0 indican que no hay correlación lineal (Salinas, 2007b).

## Cuadro 21

### Correlación de Spearman

	$t_{Fup-L}$ (s)	$V_{ox}$ (m/s)	$V_{oy}$ (m/s)	$V_o$ (m/s)	$\omega_c$ (rad/s)	$\omega_h$ (rad/s)	$\theta_o$ (°)	X (m)
$t_{Fda-L}$ (s)		-,910**	-,180	-,934**	-,443	-,825*	,566	-,778*
$V_{ox}$ (m/s)			,119	,994**	,476	,826*	-,599	,786*
$V_{oy}$ (m/s)				,132	-,310	,072	,539	,024
$V_o$ (m/s)					,539	,861**	-,584	,838**
$\omega_c$ (rad/s)						,695	-,395	,857**
$\omega_h$ (rad/s)							-,355	,898**
$\theta_o$ (°)								-,371
X (m)								

**Legenda:**  $t_{Fup-L}$ = Tiempo de duración desde el final del último paso hasta el momento de liberar la jabalina,  $V_{ox}$ = Velocidad horizontal de proyección de la jabalina en el instante en que se libera el implemento,  $V_{oy}$ = Velocidad vertical de proyección de la jabalina en el instante en que se libera el implemento,  $V_o$ = Velocidad de proyección de la jabalina en el instante en que se libera el implemento,  $\omega_c$ = Velocidad angular del codo ( $\omega_c$ ) en el instante en que se libera el implemento,  $\omega_h$ = Velocidad angular del hombro el instante en que se libera el implemento,  $\theta_o$ = Ángulo de proyección de la jabalina en el momento en que ésta se libera y X= Distancia horizontal del lanzamiento.

Los coeficientes obtenidos a partir de la correlación de Spearman arrojaron una correlación en 11 pares de variables, se presentó correlación alta (0,994) entre la velocidad horizontal de proyección de la jabalina ( $V_{ox}$ ) y la velocidad de proyección de la jabalina ( $V_o$ )

Se presentó a su vez, una correlación alta (-0,934 inversamente proporcional)

entre la velocidad de proyección de la jabalina ( $V_o$ ) y el tiempo de duración desde el final del último paso hasta el momento de liberar la jabalina ( $t_{Fup-L}$ ). Por lo tanto es necesario que se disminuya el tiempo de duración desde el final del último paso hasta el momento de liberar la jabalina para poder aumentar la velocidad de proyección de la jabalina, variable fundamental para alcanzar mayor distancia horizontal.

Del mismo modo, se identificó una correlación alta e inversamente proporcional (-0,910) entre la velocidad horizontal de proyección de la jabalina ( $V_{ox}$ ) y el tiempo de duración desde el final del último paso hasta el momento de liberar la jabalina ( $t_{Fup-L}$ ). De manera similar este coeficiente indica que mientras menor sea el tiempo de duración desde el final del último paso hasta el momento de liberar la jabalina se lograra aumentar la velocidad horizontal de la jabalina.

Además se presentó correlación alta (0,898) entre la velocidad angular del hombro ( $\omega_h$ ) el instante en que se libera el implemento y la distancia horizontal del lanzamiento ( $x$ ), esta variable a su vez presentó una correlación alta (0,857) con la velocidad angular del codo ( $\omega_c$ ) en el instante en que se libera el implemento.

Asimismo, la velocidad de proyección de la jabalina ( $V_o$ ) tuvo correlación alta (0,838) con la distancia horizontal del lanzamiento ( $x$ ). Lo que confirma que la a mayor velocidad de proyección de la jabalina se alcanzara mayor distancia horizontal. La velocidad de proyección de la jabalina ( $V_o$ ) también presentó correlación con la velocidad angular del hombro ( $\omega_h$ ) de (0,861 alta positiva)

Se encontró una correlación baja (0,826) entre la velocidad horizontal de proyección de la jabalina ( $V_{ox}$ ) y la velocidad angular del hombro ( $\omega_h$ ). A su vez, la velocidad angular del hombro ( $\omega_h$ ) presentó correlación de (-0,825, inversamente proporcional) con el tiempo de duración desde el final del último paso hasta el momento de liberar la jabalina ( $t_{Fup-L}$ ).

También se identificó correlación de (0,786) entre la velocidad horizontal de proyección de la jabalina ( $V_{ox}$ ) y la distancia horizontal del lanzamiento ( $x$ ).

Por último la distancia horizontal del lanzamiento ( $x$ ) presentó correlación baja e inversamente proporcional (-0,778) con el tiempo de duración desde el final del último paso hasta el momento de liberar la jabalina ( $t_{\text{Fup-L}}$ ).

Cabe destacar que los coeficientes de correlación negativos corresponden a la relación entre el tiempo de duración desde el final del último paso hasta el momento de liberar la jabalina y las otras variables, esto indica que los atletas deben disminuir el tiempo de duración desde el final del último paso hasta el momento de liberar la jabalina para poder aumentar el valor de las características espacio-temporales, lo que permitirá el incremento del objetivo final de la prueba (alcanzar mayor distancia horizontal del implemento).

### Regresión Lineal Múltiple

Según Salinas (2007a), la regresión lineal múltiple es una técnica mediante la cual se determina si existe o no relación de dependencia entre varias variables independientes (predictoras) y otra variable dependiente. En este proceso se trata de estimar los valores, de una o más variables independientes.

#### Cuadro 22

##### Regresión Múltiple

Modelo	Coeficientes no estandarizados		Coeficientes tipificados		
	B	Error típico.	Beta	t	Sig.
(Constante)	-63,312	77,667		-,815	,436
$V_o$ (m/s)	,994	5,014	,267	,198	,847
$t_{\text{fup-L}}$ (s)	-3,093	42,884	-0,10	-0,72	,994
$\theta_o$ (°)	1,162	2,171	,310	,535	,606
$\omega_h$ (rad/s)	,291	,541	,095	,539	,603
$V_{oy}$ (m/s)	1,056	4,470	,124	,236	,819
$V_{ox}$ (m/s)	4,898	5,069	1,302	,966	,359

Con el propósito de hacer un análisis más exhaustivo y preciso se realizó el análisis de regresión múltiple, éste fue aplicado a las 15 variables objeto de estudio, mediante este proceso se seleccionaron las variables predictoras para el logro de una mayor distancia horizontal (objetivo de la prueba de lanzamiento de jabalina), de las distintas variables analizadas seis de estas se ubicaron como las más determinantes, el resto de las variables no fueron seleccionadas en el análisis de regresión por no tener relación directa con la variable dependiente. Las variables predictoras son: velocidad de proyección de la jabalina ( $V_o$ ), tiempo de duración desde el final del último paso hasta el lanzamiento ( $t_{fup-L}$ ), ángulo de proyección de la jabalina ( $\theta_o$ ), velocidad angular del hombro ( $\omega_h$ ), velocidad vertical de proyección de la jabalina ( $V_{oy}$ ) y velocidad horizontal de proyección de la jabalina ( $V_{ox}$ ).

A partir del análisis de regresión múltiple se obtuvo la ecuación de las variables predictoras;

$$X = -63,312 + (V_o * 0,994) - (t_{fup-L} * 3,093) + (\theta_o * 1,162) + (\omega_h * 0,291) + (V_{oy} * 1,056) + (V_{ox} * 4,898).$$

Esta ecuación se interpreta de la siguientes forma: la distancia de lanzamiento se predice cuanto mayor sea la velocidad de proyección de la jabalina ( $V_o$ ), menor sea el tiempo al final del último paso hasta el lanzamiento ( $t_{fup-L}$ ), mayor sea el ángulo de proyección ( $\theta_o$ ), mayor sea la velocidad angular del hombro ( $\omega_h$ ), mayor sea la velocidad vertical de proyección ( $V_{oy}$ ) y mayor sea la velocidad horizontal de proyección ( $V_{ox}$ ).

Cabe señalar que esta ecuación solo explica las relaciones de las variables en los sujetos objeto de estudio, por lo que no es posible emplearla para otros estudios. Sin embargo, sirve de referencia cuando se compara con variables de la correlación de Spearman, ya que al sustituir los valores de las variables que presenta la ecuación se podrá calcular la distancia horizontal real alcanzada por la jabalina.



## **CAPÍTULO V**

### **DISCUSIÓN**

En este capítulo se explica la relación encontrada entre una variable y otra, se identifican las variables independientes que están incidiendo en la variable dependiente y a su vez se hacen comparaciones entre los resultados obtenidos en el estudio y los valores reportados en la literatura.

A partir de la correlación de Spearman se encontró que existe una alta correlación entre la velocidad de proyección de la jabalina y la distancia horizontal, esto indica que a medida que el valor de la velocidad de proyección aumenta, se obtiene mayor distancia horizontal (Morris et al., 2007). Por su parte, el análisis de regresión múltiple ubicó a la velocidad de proyección como la más predictora, por lo que es posible afirmar que esta variable es la más determinante para lograr una mayor distancia horizontal de lanzamiento.

La velocidad de proyección se encuentra a su vez relacionada con la velocidad horizontal, así lo determinó la correlación de Spearman, no obstante la velocidad vertical de proyección no fue considerada en esta prueba estadística. El análisis de regresión múltiple por su parte, seleccionó a la velocidad tanto horizontal como vertical como predictoras de la distancia horizontal debido a que ambas velocidades son los componentes de la velocidad de proyección.

El análisis de regresión múltiple seleccionó como variable predictora la velocidad angular del hombro. A su vez se halló correlación entre la velocidad angular del hombro y la velocidad angular del codo con la distancia horizontal, esta relación se presenta dado que ambas velocidades transfieren parte de estas velocidades a la jabalina (Morris et al., 1997) Por consiguiente, mientras mayor sean estas

velocidades mayor será la velocidad de proyección del implemento, lo que a su vez le permitirá a ésta alcanzar mayor distancia.

Cabe destacar, que para mejorar las diferentes velocidades (velocidad horizontal y vertical de proyección de la jabalina, velocidad de proyección de la jabalina, velocidad angular del codo y del hombro en el instante en el que se libera la jabalina), es determinante disminuir el tiempo de duración desde el final del último paso hasta el lanzamiento, ya que esto le permitirá aumentar la velocidad y en consecuencia adquirir mayor distancia horizontal, tal como lo señala a su vez los estudios de Morris et al. (1997) y Campos et al. (2003). En este punto es preciso indicar que esta variable temporal fue encontrada como predictora en el análisis de regresión múltiple.

Al evaluar los resultados de los sujetos de estudio respecto a las variables espacio temporales anteriormente mencionadas, se encontró que estas presentan valores inferiores a los reportados en las investigaciones previas consultadas, a su vez la correlación de Spearman indica una relación directa entre ellas, lo que indica que se debe aumentar los valores de estas variables, por lo que se afirma que estos son los parámetros fundamentales que están incidiendo en el bajo rendimiento alcanzado por los atletas venezolanos en el lanzamiento de jabalina.

Una última variable que fue considerada predictora para la distancia horizontal en el análisis de regresión múltiple fue el ángulo de proyección de la jabalina. Al comparar los valores de los sujetos analizados con la bibliografía se encontró que estos valores se encuentran dentro de los parámetros referidos por los autores. Por lo que se evidencia que esta variable no está incidiendo en la distancia horizontal de la jabalina.

Algunas de las variables analizadas no se hallaron como predictoras y no presentaron la correlación entre ellas. Sin embargo, se considera que estas variables inciden aunque de forma menos significativa en el comportamiento de la jabalina. La relación de estas variables con el objetivo del lanzamiento de la jabalina (distancia

horizontal), así como los resultados arrojados por los atletas venezolanos en estas variables se explican a continuación:

El ángulo de aptitud de la jabalina al momento de ser liberada, contribuye en la determinación del ángulo de la jabalina dado que éste se forma a partir del eje de la jabalina y la velocidad horizontal de la misma.

El ángulo de posición de la articulación del codo, de la rodilla de presión (adelantada), de la rodilla de soporte (atrasada) en el momento en el que se libera la jabalina; inciden en la altura de proyección de la jabalina, ya que a mayor extensión de las articulaciones (referidas) mayor altura de proyección.

Las variables mencionadas presentaron en los sujetos analizados valores similares con los reportados en las investigaciones previas, por lo que se asume que estas variables no están afectando la ejecución del lanzamiento.

La altura de proyección de la jabalina, es una característica que va a depender de las medidas antropométricas del sujeto (Campos et al., 2008), y tal como se explicaba anteriormente va a estar afectado por las posiciones angulares que adopte el cuerpo en el momento de realizar el lanzamiento. Esta variable presentó en los sujetos analizados valores inferiores que los reportados en las investigaciones previas. En tal sentido, es evidente que esta característica está afectando de forma negativa la ejecución del lanzamiento.

Distancia del pie adelantado hasta la línea de foul, esta variable va a depender de la capacidad técnica que tenga el atleta de controlar la carrera de aproximación, por tanto le va a permitir realizar el lanzamiento más cerca de la línea de foul, lo que puede convertirse en una ventaja para la adquisición de una mayor distancia horizontal. El valor de esta variable en los sujetos estudiados es similar a la reportada en la bibliografía, por lo que se determina que esta característica no está afectando de forma negativa la ejecución del lanzamiento.

La velocidad horizontal del centro de masa corporal al final del último, es una variable que está determinada por el tiempo de duración del último paso, ya que a

menor tiempo mayor velocidad del horizontal del CMC lo que a su vez le permitirá al sujeto transmitir mayor velocidad a la jabalina como consecuencia de la velocidad segmental de cada uno de los miembros superiores e inferiores. Para el caso de ambas variables los atletas analizados no se encontraban dentro de los parámetros referidos en las investigaciones consultadas, estos resultados indican que estas variables están incidiendo de forma negativa en la ejecución de la prueba.

## **CAPÍTULO V**

### **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

Una vez realizados los distintos cálculos biomecánicos y estadísticos, y contrastada la información con investigaciones previas del lanzamiento de jabalina, es posible afirmar que:

De las hipótesis planteadas se acepta la hipótesis alternativa y se rechaza la hipótesis nula, por lo que se encontró relación entre la distancia horizontal (variable dependiente) alcanzada por la jabalina y las variables independientes; velocidad de proyección, velocidad horizontal de proyección de la jabalina, velocidad angular del hombro y del codo en el instante en el que se libera la jabalina y tiempo de duración desde el final del último paso hasta el lanzamiento de la jabalina.

A partir de los análisis estadísticos (regresión múltiple y correlación de Spearman) se halló que la variable más importante para alcanzar mayor distancia horizontal es la velocidad de proyección de la jabalina.

En el análisis comparativo de los resultados de los atletas venezolanos con las investigaciones previas, se identificaron diversas variables que están incidiendo de forma positiva y negativa en la mecánica del movimiento.

Se encontró que las variables espacio temporales, velocidad de proyección, velocidad vertical y horizontal de proyección de la jabalina, velocidad angular del hombro y del codo en el instante en el que se libera la jabalina; están afectando de forma negativa el rendimiento deportivo de los sujetos de estudio en esta prueba, debido a que estos son los factores más determinantes en la adquisición de la distancia horizontal de la jabalina, por consiguiente los valores de estas variables deben aumentarse. Para el logro de este objetivo se hace necesario disminuir el tiempo de duración del último paso, y el tiempo de duración desde el final del último paso hasta el momento de liberar la jabalina (los valores para estas variables

son superiores que los referidos en investigaciones previas).

Por su parte las variables angulares, ángulo de proyección, ángulo de aptitud, ángulo de posición de la articulación del codo, de la rodilla de presión (adelantada) y de la rodilla de soporte (atrasada) en el momento de liberar la jabalina, tuvieron valores similares a los referidos en la literatura consultada, por lo que se hace preciso mantener el valor de éstos.

Las variables espaciales, altura de proyección de la jabalina, distancia horizontal desde el pie adelantado hasta la línea de foul, presentó para la primera variable valores inferiores a los referidos en los estudios previos, lo cual es indicador de que debe aumentarse el valor de esta característica. Cabe señalar que a pesar de que esta variable dependa en gran medida de las características del sujeto en cuanto a talla, la adopción de ángulos adecuados en las diversas articulaciones que intervienen en la ejecución de la prueba, pueden compensar la existencia de alguna desventaja relacionada con las medidas antropométricas del lanzador. Ahora bien en cuanto a la segunda variable, se obtuvo que los sujetos analizados realizaban el lanzamiento cerca de la línea de foul, estos valores coinciden con los reportados en la bibliografía, en tal sentido debe mantenerse el valor de esta variable.

Un análisis individual de los valores alcanzados por los atletas estudiados en las diferentes variables indicó que los sujetos 1 y 2 son los que alcanzaron mayor distancia horizontal (62,29 y 62,02 metros respectivamente) y fueron estos a su vez los que se aproximaron más a los valores de las variables predictoras, esto permite verificar la validez y confiabilidad de los procedimientos estadísticos empleados en el estudio.

Los resultados obtenidos refuerzan la necesidad de que atletas y entrenadores realicen entrenamientos que atiendan a las características mecánicas del lanzamiento de jabalina, ya que esto le permitirá a los atletas adquirir una mayor eficacia, lo que a su vez, se espera que se convierta en mejores resultados a nivel nacional e internacional.

Una vez concluido el estudio se hace inminente la necesidad de que se realicen este tipo de investigaciones, dado que se encontraron múltiples deficiencias en la ejecución del lanzamiento de jabalina en los ocho sujetos analizados, deficiencias que están afectando el rendimiento deportivo de los atletas. Por consiguiente se sugiere que los atletas hagan los ajustes señalados para que así tengan destacadas actuaciones deportivas. También se recomienda la realización de este tipo de estudios en forma periódica, y se sugiere a la vez el análisis de cada una de las fases que componen esta prueba deportiva y el estudio de variables dinámicas. Y finalmente se espera que el estudio pueda servir como referencia para estudios posteriores

## REFERENCIAS

- Asociación Internacional de Federaciones de Atletismo (2008). *Reglas de Competición* [Documento en línea]. Disponible: <http://www.rfea.es/revista/libros/manualIAAF2008.pdf> [Consulta: 2011, Abril 10].
- Becker Technology, Inc (2009). *Snagit 9* [Programa de computación en línea]. Disponible: <http://www.techsmith.com/snagit/>. [Consulta 2010 Agosto 21].
- Campos, J. Brizuela, G. y Ramón, V. (2003). Three-dimensional Kinematic Analysis of Elite Javelin Throwers at the World Athletics Championship“Sevilla’99”. *New Studies in Atheltics* [Revista en línea], 19 (21), 47-57. Disponible: <http://w4.ub.uni-konstanz.de/cpa/article/viewFile/3782/3502>[Consulta: 2010, Julio 01]
- Campos, J. Brizuela, G. y Ramón, V. (2000). Evaluación de Parámetros Biomecánicos del Lanzamiento de Jabalina en Lanzadores de Diferente Nivel de Rendimiento. *Biomecánica* [Revista en línea], 8 (1), 15-23. Disponible: <http://upcommons.up.edu/revistes/bitstream/2099/5381/1/03%20%20Evaluaci%C3%B3n%20de%20par%C3%A1metros%20biomec%C3%A1nicos%20del%20lanzamiento%20d.pdf> [Consulta: 2010, Julio 01]
- Campos, J. Brizuela, G. y Ramón, V. (Comps.) (2008). Análisis Cinemático de la Técnica Individual del Lanzamiento de Jabalina. [Número especial] *Ciencia en la Frontera: revista de ciencia y tecnología de la UACJ* [Revista en línea], 6 Disponible: [http://www.uv.es/jcampos/Documentos/Ciencia%20en%20la%20Frontera\\_Jabalina.pdf](http://www.uv.es/jcampos/Documentos/Ciencia%20en%20la%20Frontera_Jabalina.pdf) [Consulta: 2010, Julio 01]
- Carot, V. (1998). *Control estadístico de la calidad*. [Libro en línea] Valencia España: Editorial Reproval. Disponible: [http://books.google.com/books?id=jH8Nu0yVXq0C&printsec=frontcover&dq=Control+estadistico+de+la+calidad&hl=es&ei=g\\_auTbvqAoragQeQiO3rCw&sa=X&oi=book\\_result&ct=book-thumbnail&resnum=1&ved=0CDAQ6wEwAA#v=onepage&q&f=false](http://books.google.com/books?id=jH8Nu0yVXq0C&printsec=frontcover&dq=Control+estadistico+de+la+calidad&hl=es&ei=g_auTbvqAoragQeQiO3rCw&sa=X&oi=book_result&ct=book-thumbnail&resnum=1&ved=0CDAQ6wEwAA#v=onepage&q&f=false) [Consulta: 2011, Abril 15].
- Copyright IBM (2007), *SPSS V-17.0* [Programa de computación en línea]. Disponible: <http://www.spss.com/>. [Consulta: 2011, Enero 26].
- Diccionario Paidotribo de la Actividad Física y el Deporte*. (1999). Barcelona: Editorial Paidotribo.
- Duck, T. (2004). *Human Movement Analysis V-5.0* [Software analysis of human motion]. Disponible: hmatecnology inc.



Fernández, T. (julio 2008). Casio EXILIM-PRO EX-F1 Digital Camera. *Photo video* [Revista en línea]. Singapur: Editorial Credits. Disponible: [http://books.google.com/books?id=7-oDAAAAMBAJ&pg=PA24&dq=Casio+EX-F1&hl=es&ei=WomuTZPHI82RgQfb\\_MiGDA&sa=X&oi=book\\_result&ct=book-thumbnail&resnum=4&ved=0CD8Q6wEwAw#v=onepage&q=Casio%20EX-F1&f=false](http://books.google.com/books?id=7-oDAAAAMBAJ&pg=PA24&dq=Casio+EX-F1&hl=es&ei=WomuTZPHI82RgQfb_MiGDA&sa=X&oi=book_result&ct=book-thumbnail&resnum=4&ved=0CD8Q6wEwAw#v=onepage&q=Casio%20EX-F1&f=false) [Consulta: 2011, Abril 15].

Ferro A. (2002). *La Carrera de Velocidad Metodología de análisis biomecánico* [Libro en línea]. Madrid: Editorial Deportivas Esteban Sanz. Disponible:[http://books.google.com/books?id=CyPDoETU4IIC&pg=PA19&dq=camaras+de+video+en+el+deporte&hl=es&ei=TeWuTZWvEMnZgQeuquiSDA&sa=X&oi=book\\_result&ct=bookthumbnail&resnum=1&ved=0CD4Q6wEwADgK#v=onepage&q&f=false](http://books.google.com/books?id=CyPDoETU4IIC&pg=PA19&dq=camaras+de+video+en+el+deporte&hl=es&ei=TeWuTZWvEMnZgQeuquiSDA&sa=X&oi=book_result&ct=bookthumbnail&resnum=1&ved=0CD4Q6wEwADgK#v=onepage&q&f=false) [Consulta: 2011, Abril 10].

Gutiérrez, A. y Prieto, I. (2007). Las claves en el proceso de enseñanza aprendizaje de la técnica de judo desde la perspectiva del error: o soto gari vs. O soto garuma. *Motricidad European Journal of Human Movement* [Revista en línea], 18. 93-110. Disponible:<http://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=3321629> [Consulta: 2010, Julio 01]

Hernández, A. (2004). *El movimiento del cuerpo humano. Estructura del movimiento aplicado a la actividad física* (1a. ed.). Mérida: Talleres Gráficos Universitarios.

Hernández, R., Fernández, C. y Batista, P. (2006). *Metodología de la investigación* (4a. ed.). México: McGraw-Hill.

Isamar, T., Vergara, M., Herman, F., Sebastián, P. y Carlos, B. (2007). Evaluación con distintos Materiales de Clavos Endomedulares para Femur y Tibia mediante Elementos Finitos. *IFMBE Proceedings* [Revista en línea], 1, (18). Editorial Springer. Venezuela Disponible: [http://books.google.com/books?id=opVHEnbkoIUC&pg=PA801&dq=analisis+computacional+en+la+biomecanica&hl=es&ei=muuuTZexBsetgQeXs7HxCw&sa=X&oi=book\\_result&ct=book-thumbnail&resnum=1&ved=0CC4Q6wEwAA#v=onepage&q&f=false](http://books.google.com/books?id=opVHEnbkoIUC&pg=PA801&dq=analisis+computacional+en+la+biomecanica&hl=es&ei=muuuTZexBsetgQeXs7HxCw&sa=X&oi=book_result&ct=book-thumbnail&resnum=1&ved=0CC4Q6wEwAA#v=onepage&q&f=false) [Consulta: 2011, Abril 15].

Izquierdo, M. (2008). *Biomecánica y Bases Neuromusculares de la Actividad Física y el Deporte* [Libro en línea]. Buenos Aires: Editorial panamericana. Disponible: [http://books.google.com/books?id=F4I9092Up4wC&pg=PA231&dq=angulo+relativo&hl=es&ei=qPOuTa2AKcmugQfO-fj9Cw&sa=X&oi=book\\_result&ct=book-thumbnail&resnum=7&ved=0CFAQ6wEwBg#v=onepage&q&f=false](http://books.google.com/books?id=F4I9092Up4wC&pg=PA231&dq=angulo+relativo&hl=es&ei=qPOuTa2AKcmugQfO-fj9Cw&sa=X&oi=book_result&ct=book-thumbnail&resnum=7&ved=0CFAQ6wEwBg#v=onepage&q&f=false) [Consulta: 2011, Abril 15].

Lehmann, F. (2009). *Scientific Research Project Biomechanical Analyses Berlin 2009*.

- [Documento en línea]. Disponible: [http://www.iaaf.org/mm/Document/Development/Research/05/64/57/20100415075418\\_httppostedfile\\_1-BiomechanicsReportWCBerlin2009\\_Sprint\\_Men\\_19905.pdf](http://www.iaaf.org/mm/Document/Development/Research/05/64/57/20100415075418_httppostedfile_1-BiomechanicsReportWCBerlin2009_Sprint_Men_19905.pdf)
- Leigh, S., Liu, H. y Yu, B. (2010a). *Associations Between Javelin Throwing Technique and Release Speed* [Documento en línea]. Disponible: <http://w4.ub.uni-konstanz.de/cpa/article/view/4462/4151> [Consulta: 2010, Julio 01]
- Leigh, S., Liu, H. y Yu, B. (2010b). *Associations Between Javelin Throwing Technique and Aerodynamic Distance* [Documento en línea]. Disponible: <http://w4.ub.uni-konstanz.de/cpa/article/viewFile/4463/4152> [Consulta: 2010, Julio 01]
- Manual de Educación Física y Deporte*. (2004). Barcelona: Editorial Oceano
- Mazzeo, E. y Mazzeo, E. (2008). *Atletismo para todos, Carreras, Saltos y Lanzamientos* (1a. Ed.) [Libro en línea]. Buenos Aires: Editorial Stadium. Disponible: <http://books.google.com/books?hl=es&lr=&id=ZmRBXOzb5nAC&oi=fnd&pg=PA13&dq=clasificacion+de+las+pruebas+del+atletismo&ots=gHtPqNeGU&sig=JMOJ4hzqiN5pNOTGcYg-NQrk9hE#v=onepage&q&f=false> [Consulta: 2011, Abril 10].
- Mero, A., Komi, P. V., Korjus, T. N., y Gregor, R.J. (1994). Body Segment Contributions to Javelin Throwing During Final Thrust Phases. *Journal of Applied Biomechanics*, 10, 166-177
- Menzel, H. (1998). *Intra-individual Differences of Movement Patterns in the Javelin Throw*. [Documento en línea]. Disponible: <http://w4.ub.uni-konstanz.de/cpa/article/viewFile/1538/1443> [Consulta: 2010, Julio 01]
- Microsoft Corporation. (2010). *Power Point 2010* [Programa de computación en línea]. Disponible: <http://office.microsoft.com/es-es/powerpoint/>. [Consulta 2010 Enero 23].
- Microsoft Corporation. (2010). *Word 2010* [Programa de computación en línea]. Disponible: <http://office.microsoft.com/es-es/word/>. [Consulta: 2009, Octubre 23].
- Morales, P. (2007). *Estadística Inferencial: El error Típico de la Media*. [Documento en línea]. Disponible: [www.upcomillas.es/personal/peter/estadisticabasica/ErrorTipico.pdf](http://www.upcomillas.es/personal/peter/estadisticabasica/ErrorTipico.pdf) [Consulta: 2010, Julio 01]
- Morris, C., Bartlett, R. y Fowler, N. (1997). *Biomechanical Analysis of the Men's*

- Javelin Throw at the 1995 World Championships in Athletics* [Documento en línea]. Disponible: <http://www.athleticscoaching.ca/UserFiles/File/Sport%20Science/Biomechanics/Throwing%20Events/Javelin/Morriss%20Biomechanical%20Analysis%20of%20mens%20JT.pdf> [Consulta: 2010, Julio 01]
- Museo Comunitario “Rabinal Achi”. (2004). *Manual de Formación Audiovisual* (1a. Ed.) [Libro en línea]. Guatemala: Editorial Cholsamaj. Disponible: [http://books.google.com/books?id=NYlISbrihRkC&pg=PA12&dq=camaras+de+video&hl=es&ei=8ueuTey8C4PegQezx7HxCw&sa=X&oi=book\\_result&ct=bookthumbnail&resnum=1&ved=0CD0Q6wEwAA#v=onepage&q&f=false](http://books.google.com/books?id=NYlISbrihRkC&pg=PA12&dq=camaras+de+video&hl=es&ei=8ueuTey8C4PegQezx7HxCw&sa=X&oi=book_result&ct=bookthumbnail&resnum=1&ved=0CD0Q6wEwAA#v=onepage&q&f=false) [Consulta: 2011, Abril 11].
- Paavo, V. Komi P. y Mero, A. (1985). Biomechanical Analysis of Olympic Javelin Throwers. *International Journal of Sport Biomechanics*, 1, 139-150
- Pegasys Inc. (2005). *TMPGEnc 4.0 Xpress* [Programa de computación en línea]. Disponible: <http://www.glaryutilities.com/processlibrary/process/TMPGEnc4XP.exe.html>. [Consulta: 2010, Junio 10]
- Ramón, G. (2000). *Biomecánica Deportiva, Modelos Biomecánicos* [Documento en línea]. Disponible: [http://viref.udea.edu.co/contenido/menu\\_alterno/apuntes/ac13-modelos.pdf](http://viref.udea.edu.co/contenido/menu_alterno/apuntes/ac13-modelos.pdf) [Consulta: 2011, Abril 15].
- Rice, P. (1997). *Desarrollo humano* (2a Ed.) [Libro en línea]. México: Editorial Prentice Hall. Disponible: [http://books.google.com/books?id=ZnHbCKUCtSUC&printsec=frontcover&dq=Desarrollo+Humano&hl=es&ei=F\\_euTYKWKcHGgAfp2bCSDA&sa=X&oi=book\\_result&ct=book-thumbnail&resnum=1&ved=0CC4Q6wEwAA#v=onepage&q&f=false](http://books.google.com/books?id=ZnHbCKUCtSUC&printsec=frontcover&dq=Desarrollo+Humano&hl=es&ei=F_euTYKWKcHGgAfp2bCSDA&sa=X&oi=book_result&ct=book-thumbnail&resnum=1&ved=0CC4Q6wEwAA#v=onepage&q&f=false) [Consulta: 2011, Abril 15].
- Rodríguez, F. (1993). *Entrenamiento de la Capacidad de Salto*. [Libro en línea]. Buenos Aires: Editorial Stadium. Disponible: [http://books.google.com/books?id=JToH\\_MKr9b8C&pg=PA17&dq=velocidad+vertical&hl=es&ei=ufWuTZH0F9LSgQfkg\\_CODA&sa=X&oi=book\\_result&ct=book-thumbnail&resnum=6&ved=0CegQ6wEwBQ#v=onepage&q=velocidad%20vertical&f=false](http://books.google.com/books?id=JToH_MKr9b8C&pg=PA17&dq=velocidad+vertical&hl=es&ei=ufWuTZH0F9LSgQfkg_CODA&sa=X&oi=book_result&ct=book-thumbnail&resnum=6&ved=0CegQ6wEwBQ#v=onepage&q=velocidad%20vertical&f=false) [Consulta: 2011, Abril 15].
- Rodríguez, E. A. (2005). *Metodología de la Investigación* (5a. ed.) [Libro en línea]. México: Editorial Universidad Juárez Autónoma de Tabasco. Disponible: [http://books.google.com/books?id=r4yrEW9Jhe0C&pg=PA34&dq=que+es+una+hipotesis&hl=es&ei=w-uyTbPX EZCy0QGpj\\_2pCQ&sa=X&oi=book\\_result&ct=bookthumbnail&resnum=7&ved=0CEsQ6wEwBg#v=onepage&q&f=false](http://books.google.com/books?id=r4yrEW9Jhe0C&pg=PA34&dq=que+es+una+hipotesis&hl=es&ei=w-uyTbPX EZCy0QGpj_2pCQ&sa=X&oi=book_result&ct=bookthumbnail&resnum=7&ved=0CEsQ6wEwBg#v=onepage&q&f=false) [Consulta: 2011, Abril 18]

- Rojó, J. (1997). *Medicina del Deporte* [Libro en línea]. Madrid: Editorial Publicaciones de la Universidad de Sevilla. Disponible: [http://books.google.com/books?id=&pg=PA67&dq=videografia+en+el+deporte&hl=es&ei=\\_OmuTfysGsm\\_gQe2pN3rCw&sa=X&oi=book\\_result&ct=bookthumbnail&resnum=1&ved=0CDAQ6wEwAA#v=onepage&q&f=false](http://books.google.com/books?id=&pg=PA67&dq=videografia+en+el+deporte&hl=es&ei=_OmuTfysGsm_gQe2pN3rCw&sa=X&oi=book_result&ct=bookthumbnail&resnum=1&ved=0CDAQ6wEwAA#v=onepage&q&f=false) [Consulta: 2011, Abril 09].
- Salcedo, G. A. (2009). *Lanzamiento de Jabalina* [Documento en línea]. Disponible: <http://www.escuelavirtualdedeportes.net/data/minisites/lanzamientos/cartilla/jabalina.pdf> [Consulta: 2010, Julio 01]
- Salinas, M. (2007a). Modelos de Regresión y Correlación II. Regresión Lineal Múltiple. *Ciencia & Trabajo* [Revista en línea], 23, 39-41. Disponible: [www.cienciaytrabajo.cl/pdfs/23/pagina%2039.pdf](http://www.cienciaytrabajo.cl/pdfs/23/pagina%2039.pdf) [Consulta: 2010, Julio 01]
- Salinas, M. (2007b). Modelos de Regresión y Correlación IV. Correlación de Spearman. *Ciencia & Trabajo* [Revista en línea], 25, 143-145. Disponible: [www.cienciaytrabajo.cl/pdfs/25/pagina%20143.pdf](http://www.cienciaytrabajo.cl/pdfs/25/pagina%20143.pdf) [Consulta: 2010, Julio 01]
- Sustic S., M., Zissu B., M. y Rodríguez I., R. (1978). *El Atletismo Actual*. Caracas: Estudio de Comunicación Visual
- Universidad Pedagógica Experimental Libertador (2006). *Manual de Trabajo de Grado de Especialización y Maestría y Tesis Doctorales* (4a. ed.). Caracas: FEDUPEL.
- Viladot A. (2004). *Lecciones Básicas de Biomecánica del Aparato Locomotor* [Libro en línea]. Barcelona España: Editorial Springer. Disponible: [http://books.google.com/books?id=SQLjKjpZwY8C&printsec=frontcover&dq=lecciones+basicas+de+biomecanca+del+aparato+locomotor&hl=es&ei=rfKuTfGKNIP1gAfJ6bWLDA&sa=X&oi=book\\_result&ct=book-thumbnail&resnum=1&ved=0CCoQ6wEwAA#v=onepage&q&f=false](http://books.google.com/books?id=SQLjKjpZwY8C&printsec=frontcover&dq=lecciones+basicas+de+biomecanca+del+aparato+locomotor&hl=es&ei=rfKuTfGKNIP1gAfJ6bWLDA&sa=X&oi=book_result&ct=book-thumbnail&resnum=1&ved=0CCoQ6wEwAA#v=onepage&q&f=false) [Consulta: 2011, Abril 15].
- Weinberg, L. (2010). *Poser 2010* [Programa de computación en línea]. Disponible: <http://poser.smithmicro.com/poser.html>. [Consulta: 2010, Diciembre 23].
- Xie,W., Teh, K.C., Tan, J., Koh, M., Yusoff , M. S. y Abu Osman,N.A. (2002). *Biomechanical Analysis of the Men's Javelin Throw at the 21 st South East Asian Games* [Documento en línea]. Disponible: <http://w4.ub.uni-konstanz.de/cpa/article/viewFile/637/562> [Consulta: 2010, Julio 01]
- Xie,W., Teh, K.C. y Tan (2001). *Biomechanical Analysis of Men's Javelin Throw at the 19th South East Asian Games* [Documento en línea]. Disponible:

<http://w4.ub.uni-konstanz.de/cpa/article/viewFile/3784/3504> [Consulta: 2010, Julio 02]

Zissu, M. (2005). *Evaluación Biomecánica del Atleta de Alto Rendimiento* [Documento en línea]. Disponible: [http://www.gpsportspain.com/Literatura/20\\_Analisis\\_Biomecanico\\_Mihai.pdf](http://www.gpsportspain.com/Literatura/20_Analisis_Biomecanico_Mihai.pdf) [Consulta: 2011, Abril 08].

[ANEXOS]

**[ANEXO A]**  
**[Consentimiento para participar en un proyecto de investigación]**

**TITULO:** BIOMECÁNICA DEL LANZAMIENTO DE JABALINA EJECUTADO POR OCHO ATLETAS MASCULINOS DE LA SELECCIÓN DE VENEZUELA

**Investigador Principal:** \_\_\_\_\_ **Fecha:** \_\_\_\_\_

**Nombre del Atleta:** \_\_\_\_\_

Ud. ha sido convocado a participar en un trabajo de investigación para el análisis de las características biomecánicas que posee la técnica de lanzamiento de jabalina que usted emplea. En este consentimiento se le informa por qué se está realizando este estudio y qué procedimiento se empleará si usted decide participar en el mismo.

**Propósitos del estudio.**

Los objetivos del estudio están dirigidos a analizar características biomecánicas del lanzamiento de jabalina ejecutado por ocho atletas masculinos de la selección de Venezuela, con el propósito de detectar las posibles deficiencias mecánicas en el lanzamiento de jabalina, el análisis se realiza apoyado en la biomecánica la cual es una ciencia aplicada que se encarga de estudiar la mecánica del cuerpo humano cuando realiza cualquier actividad física o destreza deportiva, con el fin de identificar si algunas de las variables mecánicas que intervienen en la ejecución de las misma pudiesen estar afectando el rendimiento deportivo o físico del atleta. Para esto se emplean diversos software para el cálculo de los datos y posteriormente estos son analizados.

**Sus derechos:** Es importante saber que:

- 1) Su participación es completamente voluntaria.
- 2) Usted puede decidir si participar o no, o retirarse de la investigación sin perjuicio para Usted.
- 3) Usted será informado de cualquier cambio o nueva información que ocurriese durante el estudio.
- 4) Usted será informado de los resultados obtenidos en el estudio.

**Beneficios.**– Usted se puede beneficiar con su participación porque:

- 1) Podrá conocer las deficiencias y fortalezas que emplea en la destreza y por consiguiente su entrenador podrá orientar el entrenamiento hacia la corrección de las deficiencias y mantenimiento de las fortalezas. Con el consiguiente mejoramiento de sus marcas.
- 2) Los costos del estudio serán gratuitos.
- 3) Por último, la información que se obtenga con esta investigación puede ayudar a otros atletas, entrenadores e investigadores.

**Riesgos:**

Los riesgos son propios a los referidos a la práctica de deportes si usted presenta alguna lesión durante el proceso de grabación de esta investigación, le será cubierto el tratamiento médico necesario.

**Compensaciones:** Los costos de los viáticos serán financiados por el investigador.

**Confidencialidad:** su identificación no aparecerá en ningún informe ni publicaciones resultantes del presente estudio.

### **Retiro del estudio:**

Usted puede retirarse del estudio voluntariamente cuando lo desee.

**Preguntas:** Usted es libre de preguntar sobre este estudio y sus derechos en este proyecto de investigación. Cualquier otra pregunta puede dirigirse a:

---

El propósito y procedimientos de este proyecto me han sido explicados y los he comprendido bien, he sido informado acerca de todas las incomodidades, riesgos y beneficios que pueden resultar y los he comprendido. Yo estoy de acuerdo en participar en este proyecto. Yo estoy enterado de que puedo suspender mi participación en cualquier momento.

Firma del Atleta: \_\_\_\_\_ Fecha: \_\_\_\_\_

Nombre:

### **DECLARACIÓN DEL INVESTIGADOR:**

Yo le he explicado a la persona arriba nombrada la naturaleza y objetivos de los procedimientos arriba descritos y los previstos riesgos y los beneficios que pueden resultar. Le he preguntado si tenía alguna interrogante sobre los procedimientos y he contestado esas preguntas con mi mayor capacidad.

Firma: \_\_\_\_\_ Fecha: \_\_\_\_\_



**[ANEXO B-1]  
[Ficha del Atleta]**

**UNIVERSIDAD DE LOS ANDES  
FACULTAD DE HUMANIDADES Y EDUCACIÓN  
ESCUELA DE EDUCACIÓN  
DEPARTAMENTO DE EDUCACIÓN FÍSICA  
LABORATORIO DE BIOMECÁNICA**

**FICHA DEL ATLETA**

Nombre y Apellido: \_\_\_\_\_ Edad: \_\_\_\_\_ Peso: \_\_\_\_\_ kg.

Estatura: \_\_\_\_\_ m. Sexo: \_\_F\_\_M. Medidas de los segmentos corporales: Pié: \_\_\_\_\_ Pierna: \_\_\_\_\_

Muslo: \_\_\_\_\_ Tronco: \_\_\_\_\_ Brazo: \_\_\_\_\_ Antebrazo: \_\_\_\_\_ Mano: \_\_\_\_\_ Edad Deportiva: \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

Destreza deportiva que practica: \_\_\_\_\_

Record Deportivo: \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

Carrera Deportiva: \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

Atleta

**[ANEXO B-2]  
[Autorización al Entrenador]**

**UNIVERSIDAD DE LOS ANDES  
FACULTAD DE HUMANIDADES Y EDUCACIÓN  
ESCUELA DE EDUCACIÓN  
DEPARTAMENTO DE EDUCACIÓN FÍSICA  
LABORATORIO DE BIOMECÁNICA**

**AUTORIZACIÓN AL ENTRENADOR**

Yo, \_\_\_\_\_ portador de la C.I. \_\_\_\_\_, Entrenador de la Selección \_\_\_\_\_ por medio de la presente, autorizo a él (la) Br. \_\_\_\_\_ estudiante de la carrera de Educación Física, deportes y Recreación, el cual está realizando la **MEMORIA DE GRADO** para que realice un análisis Biomecánico en la destreza deportiva \_\_\_\_\_, en el atleta \_\_\_\_\_ siendo parte de la selección que yo dirijo.

El análisis que se realizará consta de dos componentes principales, 1.- La filmación de dicha destreza deportiva ejecutada por el atleta arriba nombrado, y 2.- La presentación de los resultados en la Defensa de la memoria de grado y en los distintos congresos de Biomecánica que se realicen en el país como es uno de ellos las V Jornadas Científicas en Biomecánica” a realizarse en la Ciudad de Mérida. Igualmente es fundamental señalar que es condición *sine qua non* que el (la) estudiante se comprometa a través de la presente, remitirme una invitación a la presentación del trabajo en dichas Jornadas a través del teléfono \_\_\_\_\_ y correo electrónico \_\_\_\_\_.

\_\_\_\_\_  
Entrenador

**[ANEXO B-3]  
[Autorización al Atleta]**

**UNIVERSIDAD DE LOS ANDES  
FACULTAD DE HUMANIDADES Y EDUCACIÓN  
ESCUELA DE EDUCACIÓN  
DEPARTAMENTO DE EDUCACIÓN FÍSICA  
LABORATORIO DE BIOMECÁNICA**

**AUTORIZACIÓN AL ATLETA**

Yo, \_\_\_\_\_ portador de la C.I. \_\_\_\_\_, atleta de alta competencia de la Selección \_\_\_\_\_ por medio de la presente, autorizo a él (la) Br. \_\_\_\_\_ estudiante de la carrera de Educación Física, deportes y Recreación que está realizando la **MEMORIA DE GRADO** para que me realice un análisis Biomecánico en la destreza deportiva \_\_\_\_\_, El análisis que se realizará consta de dos componentes principales, 1.- La filmación de dicha destreza deportiva ejecutada por el atleta arriba nombrado, y 2.- La presentación de los resultados en la Defensa de la memoria de grado y en los distintos congresos de Biomecánica que se realicen en el país como es uno de ellos las V Jornadas Científicas en Biomecánica” a realizarse en la Ciudad de Mérida. Igualmente es fundamental señalar que es condición *sine qua non* que el (la) estudiante se comprometa a través de la presente, remitirme una invitación a la presentación del trabajo en dichas Jornadas a través del teléfono \_\_\_\_\_ y correo electrónico \_\_\_\_\_.

\_\_\_\_\_  
Atleta

**[ANEXO C]  
[Protocolo de grabación de video]**

**Información General:**

Deporte: \_\_\_\_\_ Prueba: \_\_\_\_\_

Lugar de Grabación: \_\_\_\_\_ Fecha: \_\_\_\_\_

Hora: \_\_\_\_\_ Condiciones: Experimental

Nº de Repeticiones: Ejecutadas \_\_\_\_\_

No Experimental

2D ☐  
3D ☐

☐  
☐  
Grabadas \_\_\_\_\_

Nº de atletas Filmados: \_\_\_\_\_

**Información de la(s) Cámara(s):**

Marca: Cámara 1: \_\_\_\_\_

Modelo: \_\_\_\_\_

Cámara 2: \_\_\_\_\_

Modelo: \_\_\_\_\_

Velocidad de Grabación: Cámara 1: \_\_\_\_\_

**C2**

Película: STD

Cámara 2: \_\_\_\_\_

**C1**  
☐ ☐

Modo  
HD ☐ ☐  
S ☐ ☐

**Información de Grabación:**

Zoom Escala



Cámara 1: \_\_\_\_\_

Cámara 2: \_\_\_\_\_

Cámara 2: \_\_\_\_\_

Altura de: Cámara 1: \_\_\_\_\_

Cámara 2: \_\_\_\_\_

Distancia de cámaras

A la zona de ejecución



Cámara 1: \_\_\_\_\_

Cámara 2: \_\_\_\_\_

Zoom de video



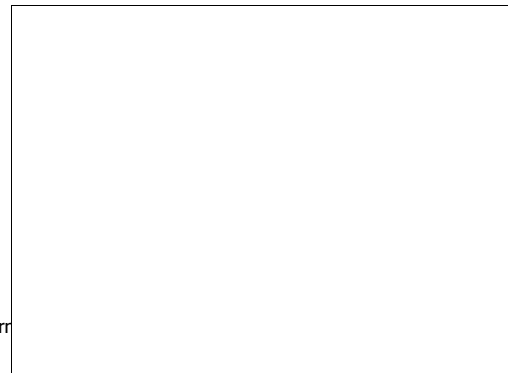
Cámara 1: \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_  
Firma \*C1

C.I.: \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_  
Firma

C.I.: \_\_\_\_\_



**Leyenda:** 2D= Bidimensional, 3D= Tridimensional, STD= Stereo, HD= alta definición, HS= Sin Sonido, C1= Cámara 1 y C2= Cámara 2