

DISEÑO DE UN SISTEMA PARA EL ANÁLISIS CINEMÁTICO DE LA TRAYECTORIA DE LA BARRA EN LA MODALIDAD DE ARRANQUE EN HALTEROFILIA.

FALTA TITULO EN INGLES

Oswaldo Salgado¹
Jheison Alejandro Morales²

¹ Estudiante universidad del Quindío,

² Estudiante universidad del Quindío, alejandro56664@gmail.com

Recibido: 18 de febrero de 2014

Aceptado: 20 de marzo de 2014

* Correspondencia: Jheison Alejandro Morales, e-mail: alejandro56664@gmail.com

RESUMEN

En este trabajo se describe el proceso de diseño e implementación de un sistema de bajo costo que permite medir cuantitativamente algunas variables de trayectoria involucradas en la ejecución de los movimientos propios de la halterofilia en la modalidad de arranque. Inicialmente se explora el aspecto teórico del análisis biomecánico de la modalidad y, por otro lado, se analizan las diferentes técnicas para la detección y seguimiento de objetos en escena. La captura de movimiento se realiza a través de una cámara de video estándar y el procesamiento de las imágenes se realiza con la librería OpenCV sobre la plataforma Raspberry Pi; los datos se muestran en una interfaz gráfica basada en wxWidgets que permite observar en video el movimiento realizado además de la trayectoria y de la información cinemática de velocidad y aceleración. En el proceso de diseño y planeación se utiliza el método de Estructura de Desglose del Trabajo (WBS por su nombre en inglés Work Breakdown Structure) el cual identifica elementos del software, hardware, servicios y demás componentes necesarios para la realización del prototipo. Una vez implementado el prototipo, se efectúan pruebas de desempeño en la tarima para validar el diseño. Este sistema intenta suplir las necesidades del entrenador para evaluar objetivamente las posiciones importantes que son difíciles de percibir a simple vista debido a la alta velocidad de ejecución así como por la subjetividad o memoria visual del observador. Con esta información es posible identificar deficiencias para fortalecer al deportista y mejorar su desempeño.

Palabras claves: Arranque, Halterofilia, Técnica, Raspberry Pi, OpenCV. .

ABSTRACT

This article describes the design process and implementation of a low cost system that allows quantitatively measure some path variables involved in the execution of the movements of weightlifting in boot mode described. Initially the theoretical aspect of biomechanical analysis mode is scanned and, moreover, the different techniques for the detection and tracking of objects in the scene are analyzed. Motion capture is performed through a standard video camera and image processing is done with the OpenCV library on the Raspberry Pi platform; data is displayed in a wxWidgets-based GUI that allows you to observe the movement made video besides the kinematic trajectory and velocity and acceleration information. In the process of design and planning method Work Breakdown Structure is used (WBS by name in English Work Breakdown Structure) which identifies elements of software, hardware, services and other components necessary for the realization of the prototype. Once implemented the prototype performance tests are performed on stage to validate the design. This system attempts to meet the needs of the coach to objectively evaluate the important positions that are difficult to discern with the naked eye due to the high speed of execution as well as the subjectivity of the observer or visual memory. With this information it is possible to identify the athlete to strengthen weaknesses and improve performance.

Abstract

Key words: snatch, Weightlifting, Technique, Raspberry Pi, OpenCV.

INTRODUCCION

El levantamiento de pesas o halterofilia, es un deporte que surgió con el objetivo de demostrar la fortaleza física de los atletas. Debido al auge de este deporte hoy en día y al creciente interés de las personas por practicarlo [1], se hace necesario ampliar y fortalecer la manera de evaluar las técnicas utilizadas en la ejecución de los movimientos característicos de la modalidad, con el fin de ayudar al entrenador para analizar de manera objetiva los movimientos, esto permite conocer exactamente las debilidades del deportista para su adecuada corrección. El campo de la biomecánica y el análisis del movimiento sirven como herramientas para determinar la calidad de los gestos deportivos. Colombia ha sido un país donde el deporte se perfila como una actividad de gran importancia para la sociedad, sin embargo, a pesar de las pasiones que los deportes puedan despertar en los colombianos, los resultados en eventos deportivos siguen estando por debajo de otros países de la región, consideradas potencias deportivas. Una de las desventajas existentes entre los deportistas colombianos frente a los de otros países, radica en el escaso uso de tecnología en el proceso de entrenamiento; la mayoría de las veces este proceso guiado por el entrenador sujeto a la intuición y subjetividad al no existir instrumentos que faciliten la construcción de una base objetiva que permita seguir con seguridad el progreso de cada deportista. Actualmente, empresas especializadas en deportes,

han introducido en el mercado aplicaciones como: Ubersense, Darthfish Express y Kinovea, son aplicaciones que tienen el mismo objetivo: optimizar y facilitar el análisis de la técnica en los diferentes deportes a los atletas. Por ello, se pretende innovar en este tema con el análisis de la técnica utilizada por los deportistas del levantamiento de pesas por medio de la biomecánica, permitiendo que la aplicación arroje datos concretos que permitan ser analizados posteriormente. [2] [3] [4]

MÉTODO

A continuación se presenta resumidos en tablas los respectivos análisis necesarios para el correcto entendimiento del problema, el esclarecimiento de los requerimientos, los cuales sirven como sirven como puntos de referencia para medir la aceptabilidad global del prototipo del sistema. En la tabla 1, se listan los requerimientos del sistema de instrumentación propuesto en este trabajo, estos son características o rasgos que debe incluirse en un sistema de información para satisfacer los requerimientos del negocio y ser aceptable para los usuarios. Se dividen en cinco categorías generales: los productos, los insumos, los procesos, de desempeño y controles. [5]

Tabla 1. Resumen de los principales requisitos del sistema

Tabla 1. Resumen de los principales requisitos del sistema

Entrada	Proceso
<ul style="list-style-type: none"> • Video • Tiempo de espera • Duración de video • Número de capturas • Resolución de video 	<ul style="list-style-type: none"> • Al agregar un punto a seguir en la lista dinámica, estimar la trayectoria en todo el video y su respectiva velocidad y aceleración
<ul style="list-style-type: none"> • Coordenadas de los puntos a seguir (lista dinámica) • ver, ocultar trayectoria de un punto sobre el video 	<ul style="list-style-type: none"> • Guardar en un archivo estructurado el nombre, la trayectoria, velocidad y aceleración de cada punto y la ubicación de la línea perpendicular de referencia
<ul style="list-style-type: none"> • ver, ocultar gráfica de velocidad y aceleración de los puntos rastreados • Porcentaje de velocidad de reproducción de video • Reproducir y pausar video 	<ul style="list-style-type: none"> • El sistema cuenta con dos modos: modos captura y análisis, en el modo captura se obtiene los videos y en el modo análisis se estima la cinemática del movimiento (no es necesario que sea en tiempo real)
<ul style="list-style-type: none"> • ubicar la línea perpendicular de referencia sobre el video 	
<ul style="list-style-type: none"> • Asignación de un nombre a cada punto 	
Salida	Desempeño
<ul style="list-style-type: none"> • Video • Mostrar sobre el video la trayectoria de cada uno de los objetos rastreados 	<ul style="list-style-type: none"> • El sistema debe de ser fácil de instalar
<ul style="list-style-type: none"> • Gráfica de velocidad y aceleración • Menú de opciones de captura (pantalla embebida) 	<ul style="list-style-type: none"> • El modo captura debe de ser completamente autónomo y debe de contener una interfaz que permite al usuario configurar fácil y rápidamente, en modo análisis requiere de una pantalla, un teclado y/ mouse
<ul style="list-style-type: none"> • Sonido que indique el inicio de captura, final de captura y el conteo entre capturas. 	<ul style="list-style-type: none"> • En modo captura se pueden obtener simultáneas ejecuciones

Tabla 2. Análisis del sistema actual y sistema propuesto. Una forma para encontrar posibles deficiencias y sus respectivas soluciones

Sistema Actual	Sistema Propuesto
<p>¿Quién lo hace? un entrenador deportivo y el deportista</p> <p>¿Por qué esta persona lo hace? Es el idóneo ya que posee los conocimientos necesarios que se requieren para la práctica de dicho deporte.</p> <p>Lo que se hace? Planificar un programa de entrenamiento por micro ciclo, meso ciclos o macro ciclo dependiendo del criterio del entrenador y los resultados que se desea lograr a corto mediano o largo plazo. Al cumplirse la totalidad del programa de entrenamiento, el entrenador se dispone a evaluar su programa a través de un control, donde cada deportista levantara su máximo peso por modalidad, es allí donde el entrenador validará la eficiencia de su programa, para replantearlo en caso de ser necesario.</p> <p>¿Por qué se hace? Para mejorar la curva de rendimiento del deportista.</p> <p>¿Dónde se hace? En los lugares de entrenamiento acondicionados para la práctica del deporte de halterofilia, en el cual se realizará y se ejecutará de dicho movimiento</p> <p>¿Por qué se hace allí? Porque las instalaciones cuentan con el equipo necesario para el desarrollo de la práctica de dicho deporte</p> <p>Cuándo se hace? Se realiza dependiendo de las jornadas de entrenamiento descritas por el entrenador encargado</p>	<p>¿Quién debe hacerlo? Un entrenador deportivo.</p> <p>¿Qué debe hacerse? Debe mejorarse la forma de evaluar al deportista, considerando parámetros como la trayectoria de la barra cuando se ejecuta el movimiento, complementado con información sobre la velocidad, aceleración y fuerza. Esto permite tener una visión más completa del estado deportivo del atleta.</p> <p>¿Dónde debe hacerse? En sitios acondicionados para la práctica de dicho deporte el cual cuente con plataformas, discos, barras, en fin indumentaria para evitar posibles lesiones que puedan afectar de manera significativa al deportista</p> <p>¿Cuándo debe hacerse? Dependiendo de los requerimientos y deficiencias que pueden estar agobiando al deportista y el entrenador de alguna manera no puede determinar la raíz o causa de dicha deficiencia por lo cual un diagnóstico tecnológico llevado de la mano con el criterio del entrenador podrá dar solución a muchas de las dudas y aclaración del por qué el deportista está fallando con su progreso</p>

<p>¿Por qué se hace entonces? Para mejorar la eficiencia de los ejercicios principales, aumentar la curva de rendimiento, superar marcas personales</p> <p>¿Cómo se hace? a simple inspección por parte del entrenador</p> <p>¿Por qué se hace de esta manera? Porque no se cuenta con los recursos necesarios para la implementación de tecnología enfocada al deporte de manera que se puedan visualizar diferentes patrones del movimiento o gesto deportivo.</p>	<p>¿Cómo debe hacerse? Por medio de un instrumento que permita medir cualitativamente el gesto deportivo en la modalidad de arranque del halterófilo en específico, proporcionando las condiciones necesarias para la evaluación crítica del gesto deportivo.</p>
---	--

En este tipo de diseños es importante conocer el funcionamiento de sistemas anteriores con el fin de identificar posibles deficiencias para tratar de corregirlas en las propuestas posteriores y nuevos diseños. En la Tabla 2, se resume el estudio del sistema existente, frente a las características del sistema propuesto.

El dispositivo al ser pensado como un sistema embebido, incluye dos modos de funcionamiento: modo captura, en el cual el deportista obtiene el registro en video de sus movimientos, y modo análisis, en donde el entrenador, realiza un estudio cinemático del ejercicio realizado por el deportista.

Como se observa en la tabla 2 el modelo propuesto es similar al existente en cuanto a los roles de los usuarios, sin embargo, en el modelo propuesto se incluye el uso instrumentación electrónica que permita estudiar cuantitativamente los gestos deportivos, para así evitar ambigüedades y facilitar la detección de deficiencias en la técnica de los atletas. En la Tabla 3 y Tabla 4, se detallan los casos de uso en modo captura y modo análisis respectivamente.

Plataforma

La plataforma elegida es la Raspberry Pi porque es una placa de desarrollo de bajo costo en comparación con otras disponibles en el mercado (Beagle Board y Beagle Bone), al revisar la lista de requerimientos, satisface las necesidades básicas (reproducción y captura de video sin inconvenientes) al no ser indispensable realizar en tiempo real, los cálculos de velocidad, aceleración y estimación de trayectoria. Sin embargo, existen pruebas de la raspberry realizando tareas en tiempo real utilizando OpenCV [6], por lo que se asegura el cumplimiento de los criterios de funcionalidad sin sobre-dimensionar el sistema propuesto.

En la Figura 01 se muestra el sistema con la plataforma Raspberry Pi y la PiCam, utilizadas para la captura y procesamiento de las imágenes y videos. Esta targeta cuentan con 512 MB de memoria, además con una salida de vídeo y audio a través de un conector HDMI, con lo que se consigue conectar la tarjeta tanto a televisores como a monitores de alta defincion. En cuanto a vídeo se refiere, también cuenta con una salida de vídeo compuesto y una salida de audio a través de un minijack. Posee una conexión ethernet 10/100 y, en caso tal que. A pesar que este ordenador no cuenta con ningún tipo de almacenamiento. Pero en su parte inferior cuenta con un lector de tarjetas SD, lo que abarata enormemente su precio y da la posibilidad de instalar un sistema operativo en una tarjeta de memoria de 1 GB o más. De esta forma tenemos también la posibilidad de minimizar el espacio que puede resultar importante en el diseño de un dispositivo móvil, o de fácil transporte e instalación [7].

Tabla 3. Caso de uso para el sistema en modo captura.

Nombre del Caso de Uso	Captura de video
Actor	Deportista
Descripción	El deportista configura el dispositivo para capturar varios videos de las ejecuciones del movimiento (los que considere necesarios o los que indique el entrenador)
Successful Completion:	<ol style="list-style-type: none"> 1. El usuario elige “Nueva Configuración” 2. Después se ubica en la opción “Número de Capturas” y selecciona la cantidad de videos que desea grabar (se supone que es un video por movimiento) 3. Selecciona “Tiempo entre capturas” y elige el tiempo entre una lista donde los valores se incrementan de a cinco segundos. 4. Luego elige la opción “Máxima duración” donde se especifica la cantidad de segundos máxima de cada video. 5. Finalmente escoge una resolución adecuada en la opción “Resolución”. A mayor resolución, mayor cantidad de fotogramas por segundo, lo que implica mayor precisión en la estimación cinemática de los movimientos. 6. Inicia captura.
Alternativa	<ol style="list-style-type: none"> 1. El usuario elige “Configuración por defecto” 2. Inicia captura.
Pre-Condición	El deportista ha ubicado el dispositivo correctamente sobre la base, de forma tal que haya un buen encuadre.
Post-Condición	El deportista debe ubicarse sobre la plataforma para realizar los movimientos de arrancada.

Tabla 4. Caso de uso para el sistema en modo Análisis.

Nombre del Caso de Uso	Análisis Cinemático
Actor	Entrenador
Descripción	El Entrenador ubica puntos de referencia sobre los videos capturados previamente por el deportista para determinar la trayectoria, velocidades y aceleraciones de la palanqueta u otras partes del cuerpo.
Successful Completion:	<ol style="list-style-type: none"> 1. Ubica la línea perpendicular de referencia. 2. El entrenador ubica los puntos de referencia sobre el video. (añade la cantidad de puntos que considere necesario) 3. Selecciona puntos de interés, sobre los cuales quiere ver la trayectoria en el video y gráficas con información cinemática.

Pre-Condición	-El deportista ha realizado el proceso de ‘Captura de video’ o existe un video en el cual se visualice el gesto deportivo. -Se ha conectado al dispositivo una pantalla o monitor y un teclado usb.
Post-Condición	El Entrenador guarda la sesión para futuras referencias.
Suposiciones	El Entrenador tiene conocimientos básicos de interfaces gráficas.

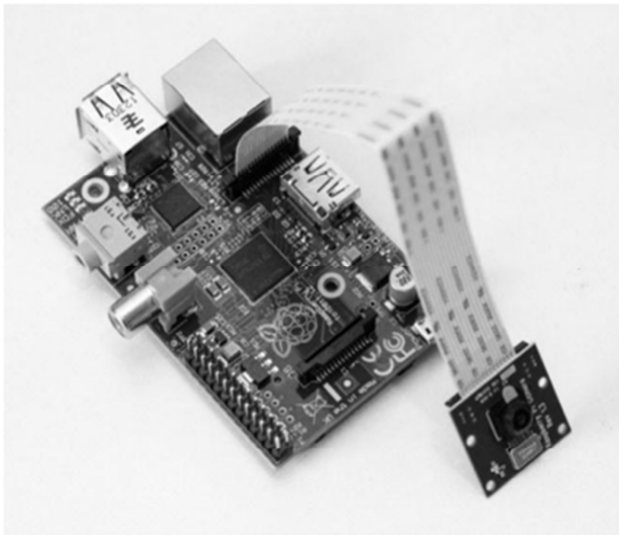


Figura 01. Plataforma Raspberry Pi con PiCam.

Interfaz de Usuario

Diseño de la interfaz de usuario es la primera tarea en la fase de diseño de sistemas. El diseño de la interfaz es sumamente importante, porque todo el mundo quiere un sistema que es fácil de aprender y usar. Principios de la interfaz de usuario se aplican a la entrada del usuario en general, pero la entrada de datos repetitivos merece especial atención.

Desde el punto de vista de un usuario, la interfaz es la parte más crítica del diseño del sistema, ya que es donde él o ella interactúan con el sistema - tal vez por muchas horas al día. Es esencial para la construcción de modelos y prototipos para la aprobación del usuario. La interfaz de usuario debe incluir todas las tareas, comandos y comunicaciones entre los usuarios y el sistema de información. A menudo, una estrategia eficaz es presentar la opción más común como un defecto, pero permitir al usuario seleccionar otras op-

ciones.

Un buen diseño de interfaz de usuario se basa en una combinación de la ergonomía, la estética y la tecnología de interfaz. Ergonomía describe la forma de trabajar, aprender e interactuar con las computadoras; estética se centra en cómo una interfaz se puede hacer atractiva y fácil de usar, y la tecnología de interfaz proporciona la estructura operativa necesaria para llevar a cabo los objetivos de diseño. [5].

Para la creación de la interfaz gráfica se utiliza la librería wxWidgets, debido a su tipo de licencia, la cual es muy justa para su uso comercial y no comercial. Permite darle a las aplicaciones una apariencia nativa (no emulación), además de requerir menos recursos como otras librerías, tiene buena documentación y una comunidad importante. Estos factores, sumados a la relativamente fácil instalación y existencia de proyectos para graficar datos fueron tenidos en cuenta para elegir esta herramienta. [8]

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

A continuación se hace una descripción cinemática del movimiento de la palanqueta ejecutada por un deportista en una sesión de entrenamiento, luego se analizaran las trayectorias obtenidas para compararlas con algunos de los 3 patrones de ejecución del movimiento.

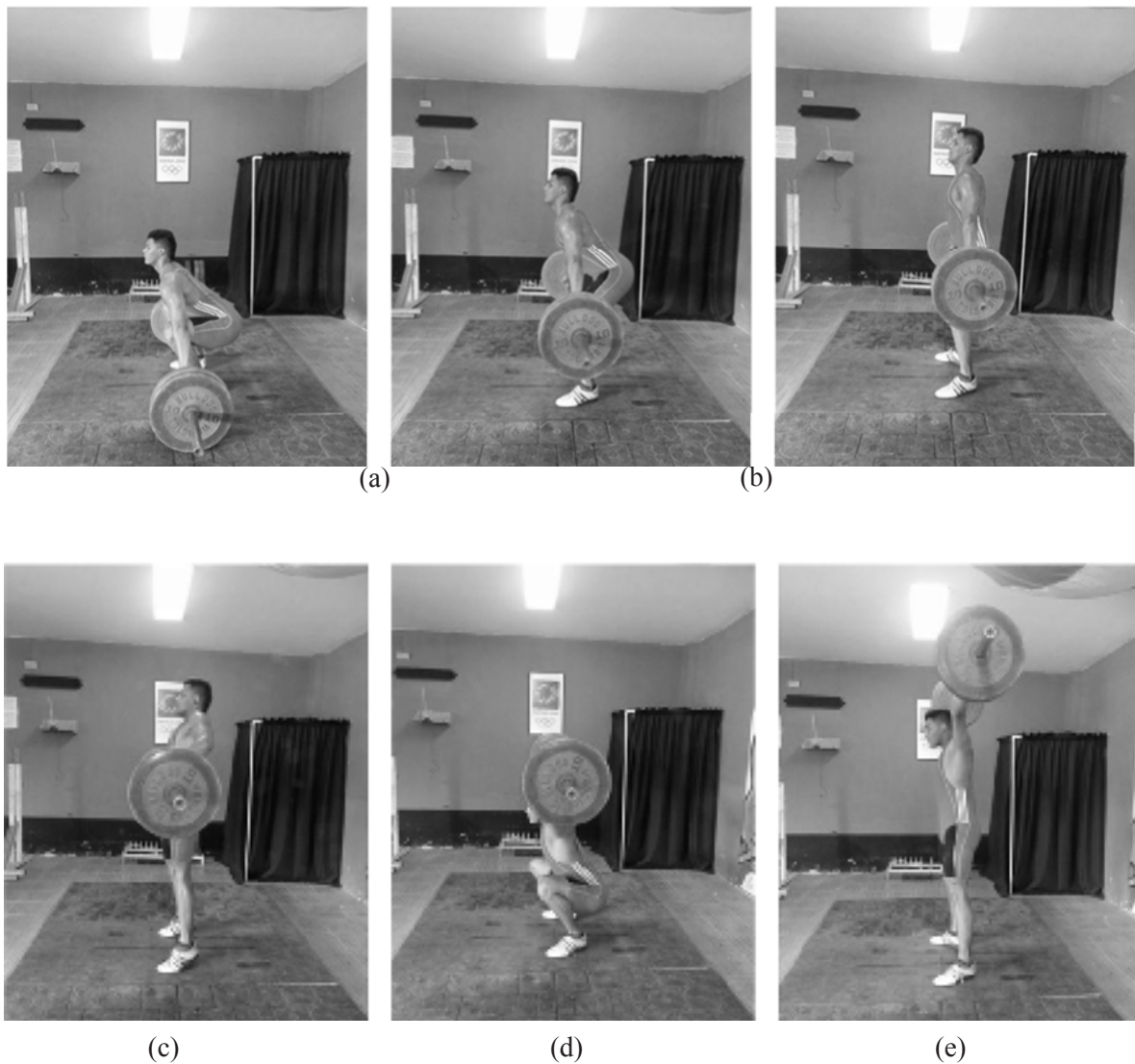


Figura 02. Fases del movimiento de arranque

En la Primera Fase del halón el análisis técnico del levantador se ha realizado de acuerdo a las siguientes trayectorias:

- La palanqueta se acerca al atleta (trayectoria racional).
- La palanqueta se aleja por delante de la vertical, para cruzarla posteriormente y acercarse al levantador (Figura 2 (a)). Es una trayectoria menos adecuada y se produce cuando la palanqueta en el inicio se proyecta cerca de la articulación del tobillo; el tronco debe adelantarse excesivamente para compensar el desplazamiento del centro de gravedad hacia atrás; se producen condiciones desventajosas para la producción de la fuerza.
- La palanqueta sigue la vertical durante unos centímetros, luego se acerca al levantador. En la Segunda Fase del halón (Figura 2 (b)) y en función del ángulo de salida después del máximo acercamiento de la palanqueta hacia el atleta, se pueden estudiar los siguientes casos:
- La palanqueta cruza la vertical con un ángulo de 30° o menos (ideal).
- La palanqueta sale bruscamente con un ángulo mayor de 30° (cuando es golpeada por los muslos y caderas; el gasto energético y la fuerza vertical no beneficia un buen resultado).
- La palanqueta sigue casi paralela a la vertical, sin cruzarla o se aleja de ella (se debe al poco

adelantamiento de los hombros y por atrasarlos muy pronto; la disposición de los ángulos de las rodillas y caderas en el máximo esfuerzo no son adecuados para aprovechar la fuerza del sujeto; el centro de gravedad se desplaza hacia los talones y la palanqueta se desvía hacia atrás en la entrada definitiva).

En el recorrido de la palanqueta después de adquirir la máxima velocidad se pueden distinguir:

- Trayectoria vertical hasta que inicia la curva de descenso; puede coincidir con la vertical de la salida o por delante de ella (Figura 2 (c)).
- La palanqueta describe una trayectoria curva, con un significativo componente horizontal, lo que empeora la altura máxima alcanzada y el equilibrio.
- La diferencia entre las alturas que alcanza la barra entre su posición máxima y de Encaje constituye uno de los criterios de eficacia más relevantes (Isakay col, 1996). En el modelo teórico de ejecución se plantea que esta diferencia debe ser mínima. El éxito en el levantamiento consiste en acelerar la barra para que alcance la altura suficiente para permitir que el levantador se sitúe por debajo de la misma hasta conseguir la posición de Encaje.

En el Momento de Tránsito del Movimiento Ascendente al Descendente (gancho):

- Angulo de salida a 30° o menos y trayectoria cercana a la vertical, el punto de máxima elevación coincide con la vertical imaginaria de la salida o cercano a ella; el arco descrito es muy cerrado y la fijación se hace ligeramente detrás de la vertical; los pies no se desplazan hacia atrás o lo hacen en poca medida (considerado positivo) (Figura 2 (d)).
- Si la palanqueta sale hacia al frente bruscamente y la entrada se hace por delante de la vertical de salida, el atleta debe dar un salto al frente para poder fijar la palanqueta y en cierta medida es desfavorable para la recuperación del movimiento.
- Si la palanqueta no llega a la vertical de la salida, la máxima elevación y la entrada será por detrás

de ella; a mayor separación, menor racionalidad del movimiento; el levantador tendrá que desplazarse hacia atrás.

Tipos de Trayectorias

En esta sección se discute los tipos de trayectoria reportadas en la literatura, sus principales características y su forma típica. En la Figura 3, se pueden apreciar los esquemas de tales trayectorias típicas.

La trayectoria "A" define: la palanqueta se mueve inicialmente hacia el atleta durante el primer halón y se aleja del atleta en el segundo halón. Durante esta porción, la palanqueta intersecta la línea a imaginaria vertical que se puede trazar desde el punto de inicio del halón. La recepción de la palanqueta en la entrada se hace con un movimiento hacia el levantador y, detrás, pero cercano, a la línea imaginaria.

La trayectoria "B" define: en el inicio y durante el primer halón, la palanqueta se mueve hacia el levantador. Durante el segundo halón la palanqueta se mueve ligeramente hacia delante, alejándose del atleta, pero en menor medida que en la trayectoria A, sin pasar la línea vertical imaginaria del punto de inicio. Al final del segundo halón y la entrada (desliz), la palanqueta se mueve nuevamente hacia el levantador y la recepción se hace a una distancia horizontal mayor que en el caso de la trayectoria A. En la trayectoria B, la palanqueta nunca intersecta la línea imaginaria vertical desde el punto de inicio del halón.

La trayectoria "C" define: en el inicio del primer halón, la palanqueta se aleja ligeramente del atleta, luego se dirige hacia el atleta intersectando la línea vertical imaginaria de referencia. Durante la segunda parte del halón la palanqueta se aleja nuevamente del atleta, al igual que en las trayectorias "A" y "B". La recepción se realiza frente a la línea vertical imaginaria de referencia debido al movimiento hacia delante en el principio del primer halón. [9][10][11]

Vorobyev (1978) considera que la trayectoria "A" es la más correcta; sin embargo, se ha observado que levantadores de diferentes niveles ejecutan los levantamientos con diferentes características. El mismo autor, en estudios con campeones mundiales y poseedores de records, ha encontrado que el 55% usan la trayectoria "A" y el 45%, la "B".

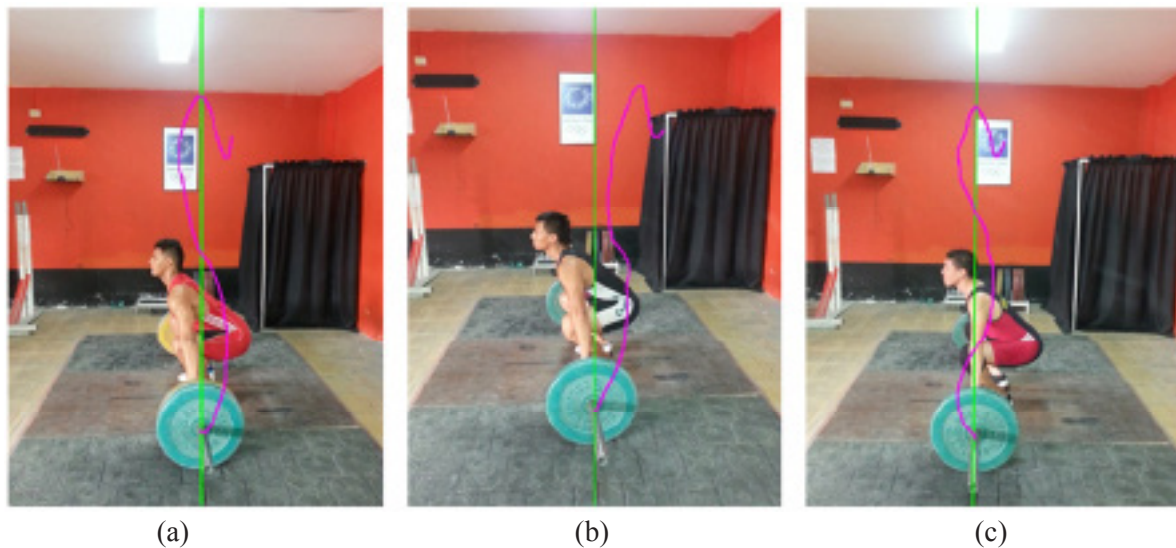


Figura 03. Diferentes trayectorias de la barra en la Arrancada

CONCLUSIONES

Los resultados del presente diseño presentan que levantadores de diferente nivel de rendimiento utilizan un patrón técnico diferenciado que influye en la trayectoria que describe la barra. Aunque se debe de reforzar la idea de que el entrenamiento debe orientarse desde una perspectiva abierta e individualizada para ayudar a los levantadores a construir un patrón individual lo más eficiente posible.

Los deportistas a los cuales se realizaron los estudios emplearon cada uno una técnica característica (trabajando con el 50% de la carga máxima) y su patrón de ejecución se diferencia uno del otro en el que la localización de los instantes de referencia temporal en la trayectoria de la barra, demarcaran según criterios por parte del entrenador que tan eficiente fue la técnica empleada durante la ejecución de su movimiento.

La plataforma Raspberry Pi es una alternativa viable (Eficiente y económica) para este tipo de diseños que involucran procesamiento digital de imágenes en sistemas embebidos, además de contar con un sistema operativo basado en Linux, lo que le permite soportar herramientas de desarrollo y librerías estándar tales como OpenCV y wxWidgets.

BIBLIOGRAFÍA

1. Historia de la Halterofilia. Consultado Julio 14,2013, en <http://www.fedehalter.org/revistas/revista6/historia.pdf>
2. Ubersense (2011). Ver cómo los atletas y entrenadores utilizan las Características del Software Ubersense para mejorar. Consultado Julio 15, 2013, en http://www.ubersense.com/learn_more
3. Características Software Dartfish. Consultado Julio 16, 2013, en <http://www.dartfish.tv/Features.aspx>
4. Hoja de Datos Software Kinovea. Consultado Julio 16,2013, en <http://www.kinovea.org/documents/Kinovea.0.8.15.en.pdf>
5. Gary B. Shelly, Harry J. Rosenblatt. (2012). System Analysis and Design 9th Edition - Shelly Cashman Series. Consultado Agosto 26, 2013, en http://books.google.com.co/books/about/Systems_Analysis_and_Design.html?id=XiJTWMPZi4C&redir_esc=y
6. Programmatic Ponderings (2013 febrero 09). Object Tracking on the Raspberry Pi with C++, OpenCV, and cvBlob. Consultado Enero 16, 2014, en <http://programmaticponderings.wordpress.com/2013/02/09/opencv-and-cvblob-with-raspberry-pi/>
7. Make: (2013 Marzo 28). How to Choose the Right Platform: Raspberry Pi or BeagleBone Black. Consultado Enero 20, 2014, en <http://makezine.com/magazine/how-to-choose-the-right-platform-raspberry-pi-or-beaglebone-black/>

8. "WxWidgets Compared To Other Toolkits". Consultado Enero 20,2014, en http://wiki.wxwidgets.org/WxWidgets_Compared_To_Other_Toolkits
9. José Campos Granell, Juan J. Rabadé Espinosa. (Segundo trimestre 2009). "Análisis cinemático de la trayectoria de la barra en la arrancada y su relación con el rendimiento". En Revista apunts EDUCACIÓ FISICA I ESPORTS, 59- 65.
10. J; Poletaev, P; Cuesta A; Pablos, C; & Tébar, J (2004). "Estudio del movimiento de arrancada en halterofilia durante ciclo de repeticiones de alta intensidad mediante análisis cinemático". En Revista motricidad, 39-45.
11. Covadonga López López, Humberto V. Arbona Lorenzo (2006). "Estudio de la técnica de la arrancada mediante fotogrametría vídeo tridimensional". En Revista científica de medicina del deporte, 3- 10.