



# IV CAIM 2014

Cuarto Congreso Argentino de Ingeniería Mecánica



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL NORDESTE  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
Resistencia Chaco - Rep. Argentina

FORO  
DOCENTE  
DEL AREA  
MECANICA  
DE LAS  
INGENIERIAS

FoDAMI

## ANALISIS COMPARATIVO DE LA BIOMECANICA DE LA REMADA PRODUCIDA EN UN SIMULADOR DE REMO Y EN UN BOTE EN FLOTACION

**Martínez Gonzalo Eduardo** <sup>1</sup>

<sup>1</sup>Facultad de Ingeniería – Universidad Nacional de Río Cuarto  
Ruta 36 Km 601, Río Cuarto, Córdoba, Argentina  
gmartinez@ing.unrc.edu.ar

### RESUMEN

El presente trabajo muestra un análisis comparativo de la biomecánica de la remada llevada a cabo en un simulador de barras que utiliza el propio peso del usuario como fuerza de resistencia a vencer y la realizada en un bote en flotación a nivel profesional de alta competencia.

La mecánica de estudio es comparar los fotogramas en tiempos similares del ciclo de remado para poder cuantificar ángulos claves en una técnica de remado óptima. El trabajo de análisis de los fotogramas del remo profesional fue llevado a cabo por un grupo de estudiantes de la Universidad Pública de Navarra en el marco de una Maestría en Ingeniería Biomédica, Biomecánica y Biomateriales; mientras que el análisis de los fotogramas del simulador es realizado utilizando los mismos tiempos de análisis del anterior estudio para que puedan ser comparativos los resultados.

En este estudio el análisis es realizado sobre la fase de la pasada, comparando con el simulador aspectos geométricos claves para una buena técnica en la práctica del ejercicio de remo.

Del estudio biomecánico se concluye que la biomecánica de la remada para este simulador es semejante a la obtenida en un remo en flotación a nivel profesional, y que las diferencias radican en haberle dado una leve inclinación al carril propia del diseño. Se resalta que el dispositivo fue concebido para un público general el cual puede o no conocer la técnica de la remada realizada por un remero profesional, con lo cual la inclinación de la corredera mencionada hace más natural la fase de la recuperación en el ciclo.

**Palabras Claves:** *Análisis, Biomecánica, Remo.*



# IV CAIM 2014

Cuarto Congreso Argentino de Ingeniería Mecánica



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL NORDESTE  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
Resistencia Chaco - Rep. Argentina

FORO  
DOCENTE  
DEL ÁREA  
MECÁNICA  
DE LAS  
INGENIERÍAS

FoDAMI

## 1. INTRODUCCIÓN

El presente trabajo presenta un análisis comparativo de la biomecánica de remado en el simulador y la llevada a cabo en un bote en flotación a nivel profesional de alta competencia. La mecánica de estudio es comparar los fotogramas en tiempos similares del ciclo de remado para poder cuantificar ángulos claves en una técnica de remado óptima. El trabajo de análisis de los fotogramas del remo profesional fue llevado a cabo por un grupo de estudiantes de la Universidad Pública de Navarra en el marco de una Maestría en Ingeniería Biomédica, Biomecánica y Biomateriales. En el mismo se analiza a través de fotogramas la importancia de la técnica de remo para aumentar el nivel de rendimiento ya que la fuerza propulsora viene determinada por la capacidad física del deportista y el nivel de destreza técnica [3].

En el remo profesional el ciclo completo se divide según las fases de la palada. La fase acuática se denomina pasada y en la misma la fuerza del remero, a través de la pala, es transmitida al agua. La otra fase del ciclo es aérea denominándose recuperación, en ella se vuelve a la posición de inicio para el próximo ciclo. Ambas fases se enlazan con el ataque y la sacada de pala [4].

En este estudio el análisis es realizado precisamente sobre la primera fase, comparando ambos movimientos (remo profesional vs simulador) aspectos geométricos claves para una correcta técnica en la práctica del ejercicio de remo. El ciclo completo para este caso tiene una duración de 1.68 seg. mientras que el ciclo completo para el simulador en estudio es de 1.74 seg. presentando una concordancia bastante exacta para el estudio de los fotogramas en los mismos lapsos de tiempo. La duración de la fase de la pasada es de 0.96 seg. para el remo en flotación de aquí en adelante RF y 0.88 seg. para el simulador de aquí en adelante S.

## 2. DESARROLLO

El análisis de movimiento para el simulador fue realizado analizando los fotogramas tomados con una cámara de alta resolución, siguiendo un protocolo de trabajo a fin de normalizar los datos obtenidos:

Se montó la cámara sobre un trípode de forma de captar todo el movimiento a estudiar (en el caso de filmaciones con análisis de movimiento en el plano una cámara es suficiente para llevar a cabo el estudio [5], [6]).

Se colocaron marcadores adhesivos fluorescentes circulares de color naranja en los siguientes puntos articulares que pueden ser observados en la Figura 1:



# IV CAIM 2014

Cuarto Congreso Argentino de Ingeniería Mecánica



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL NORDESTE  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
Resistencia Chaco - Rep. Argentina

FORO  
DOCENTE  
DEL AREA  
MECANICA  
DE LAS  
INGENIERIAS

FoDAMI

- Centro articular del hombro tubérculo mayor del humero.
- Centro articular del codo (epicóndilo externo del húmero).
- Centro articular de la muñeca (hueso escafoides).
- Centro articular de la cadera (trocante mayor del fémur).
- Centro articular de la rodilla cóndilo externo del fémur.
- Centro articular del tobillo (maléolo peroneo).
- Talón (hueso calcáneo).
- Punta del pie (falange distal del tercer dedo)

Dichos puntos serán utilizados en el análisis biomecánico del movimiento del usuario.

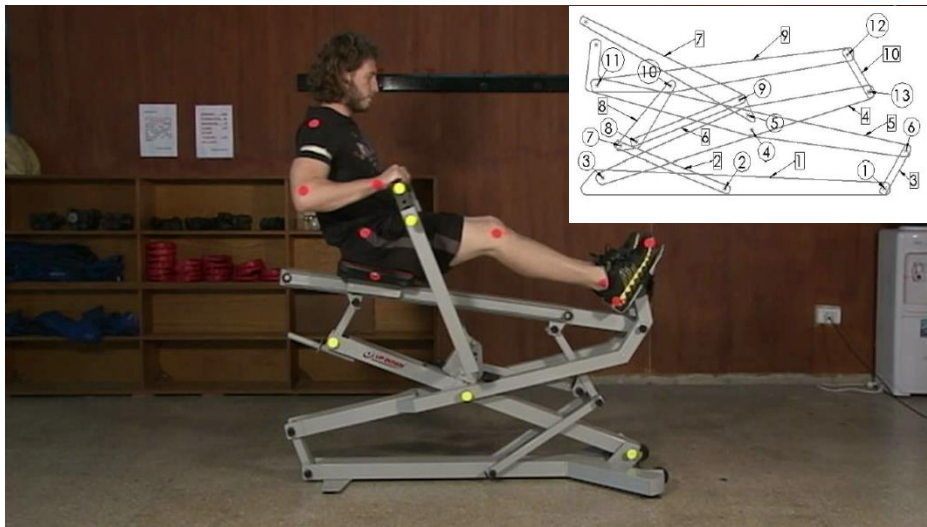


Figura 1: Puntos articulares de estudio y nodos del cinematismo.

También se colocaron otros marcadores adhesivos fluorescentes circulares de color amarillo en nodos y puntos extremos al brazo de palanca:

Nodo 4, eje articular de las barras N° 4 y N° 5.

Nodo 3 y 13, extremo inferior y superior de la barra N° 4.

2 puntos de referencia en extremo superior barra N° 7.

Los mismos serán utilizados para el análisis de los fotogramas que nos proporcionaran las velocidades del dispositivo.



# IV CAIM 2014

Cuarto Congreso Argentino de Ingeniería Mecánica



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL NORDESTE  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
Resistencia Chaco - Rep. Argentina

FORO  
DOCENTE  
DEL AREA  
MECANICA  
DE LAS  
INGENIERIAS

FoDAMI

La cámara utilizada fue una del tipo profesional SONY HXR-NX5N HD RESOLUCION - 1080x1920 ubicada a una altura del piso de 1.1mts. y a una distancia del foco de 3.8mts. Las filmaciones fueron realizadas en alta resolución (6 seg. de filmación son estirados a 24 seg.) por lo que el números de fotogramas por segundo se duplica al de una filmación estándar, de 50 fotogramas por seg. a 100 fotogramas por seg.

Los ángulos de las articulaciones estudiados en la etapa de la pasada de la remada fueron:

- Ángulo de apertura en piernas.
- Ángulo de apertura entre el brazo y el antebrazo.
- Ángulo de apertura entre el tronco y las piernas.
- Ángulo de apertura entre el tronco y la horizontal.

Posición 1: 0.12 seg. - Posición de ataque

Ángulos piernas RF 52.2° S 54°

Tronco-piernas RF 30.73° S 39°

Brazo-antebrazo RF 165.17° S 163°

Tronco-horizontal RF 63.65° S 88°

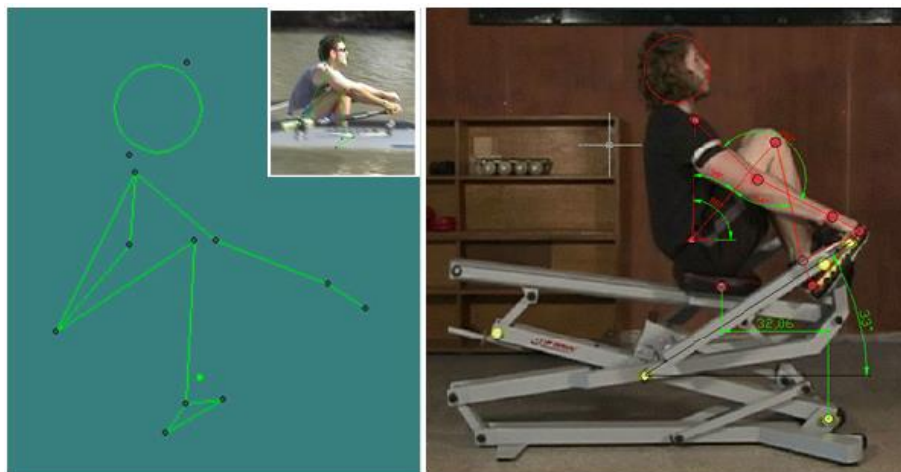


Figura 2: 0.12 seg. - Posición de ataque.



# IV CAIM 2014

Cuarto Congreso Argentino de Ingeniería Mecánica



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL NORDESTE  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
Resistencia Chaco - Rep. Argentina

FORO  
DOCENTE  
DEL AREA  
MECANICA  
DE LAS  
INGENIERIAS

# FoDAMI

Posición 2: 0.24 seg. Pasada de piernas.

Ángulos piernas RF 73.74° S 68°

Tronco-piernas RF 36.7° S 50°

Brazo-antebrazo RF 172.28° S 160°

Tronco-horizontal RF 63.24° S 93°

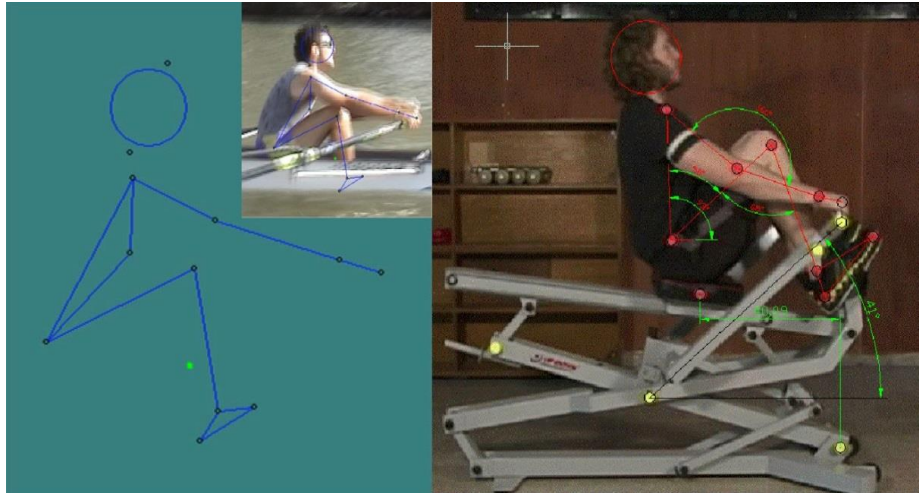


Figura 3: 0.24 seg. Pasada de piernas.

Posición 3: 0.36 seg. - Pasada de piernas.

Ángulos piernas RF 92.68° S 88°

Tronco-piernas RF 45.66° S 66°

Brazo-antebrazo RF 162.52° S 153°

Tronco-horizontal RF 68.44° S 97°

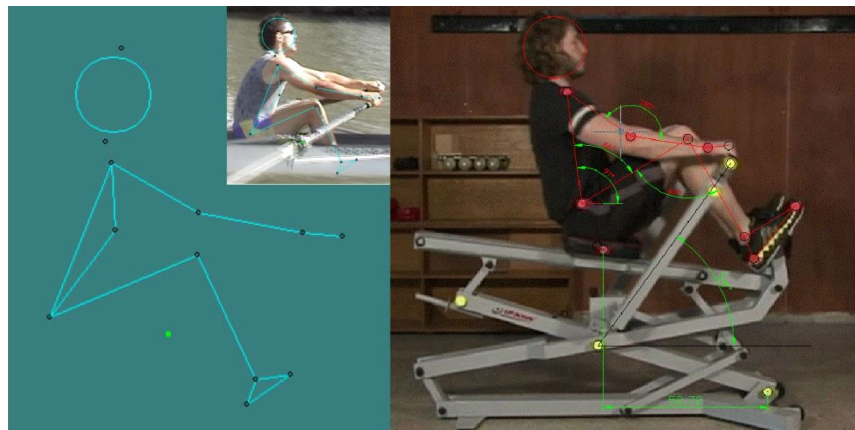


Figura 4: 0.36 seg. - Pasada de piernas.



# IV CAIM 2014

Cuarto Congreso Argentino de Ingeniería Mecánica



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL NORDESTE  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
Resistencia Chaco - Rep. Argentina

FORO  
DOCENTE  
DEL AREA  
MECANICA  
DE LAS  
INGENIERIAS

# FoDAMI

Posición 4: 0.48 seg. - Pasada de piernas.

Ángulos piernas RF 113.62° S 112°

Tronco-piernas RF 68.41° S 82°

Brazo-antebrazo RF 157.28° S 138°

Tronco-horizontal RF 80.19° S 102°

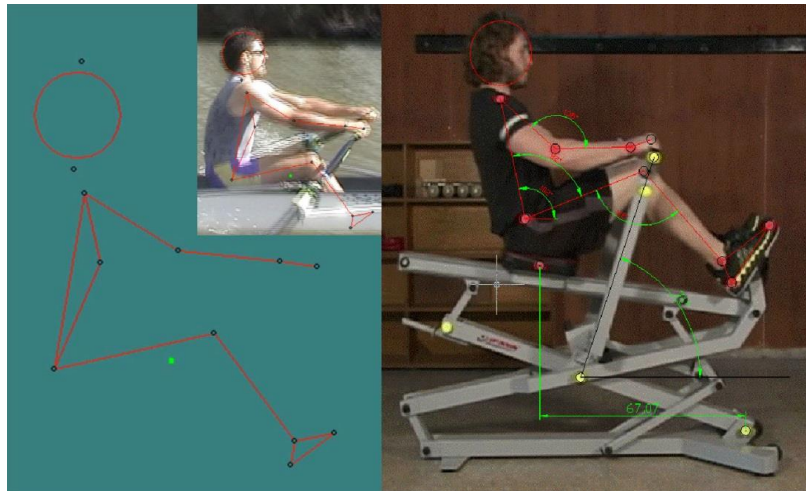


Figura 5: 0.48 seg. - Pasada de piernas.

Posición 5: 0.60 seg. - Pasada de tronco.

Ángulos piernas RF 142.69° S 138°

Tronco-piernas RF 93.74° S 99°

Brazo-antebrazo RF 137.22° S 115°

Tronco-horizontal RF 95.83° S 107°

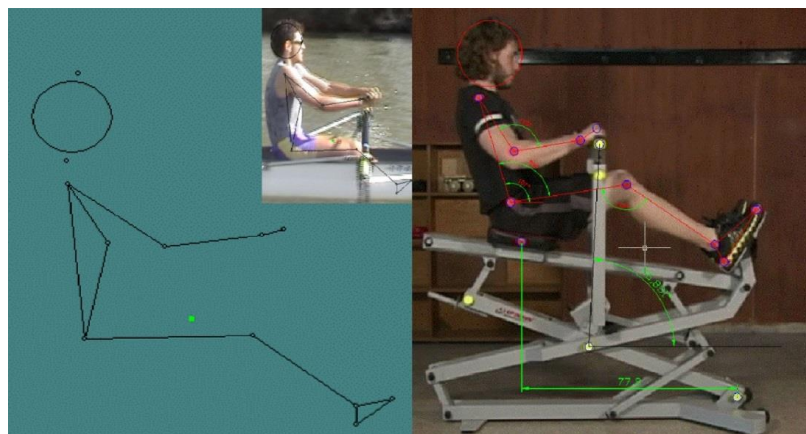


Figura 6: 0.60 seg. - Pasada de tronco.



# IV CAIM 2014

Cuarto Congreso Argentino de Ingeniería Mecánica



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL NORDESTE  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
Resistencia Chaco - Rep. Argentina

FORO  
DOCENTE  
DEL AREA  
MECANICA  
DE LAS  
INGENIERIAS

# FoDAMI

Posición 6: 0.72 seg. - Pasada de brazos.

Ángulos piernas RF 157.56° S 162°

Tronco-piernas RF 109.56° S 116°

Brazo-antebrazo RF 105.19° S 90°

Tronco-horizontal RF 104.44° S 113°

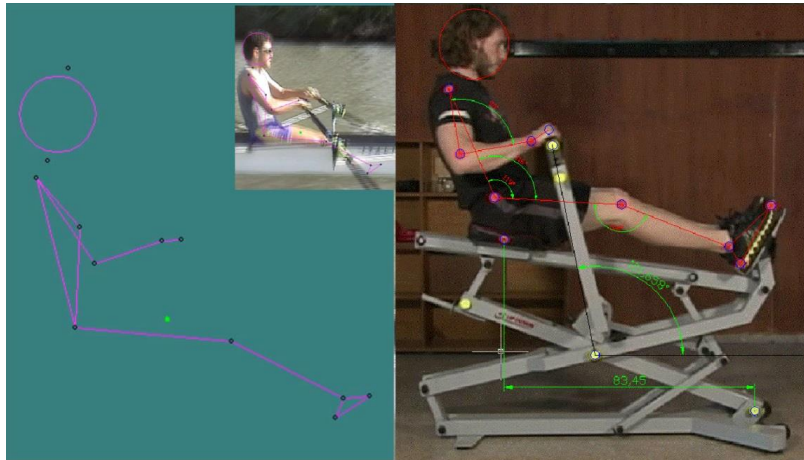


Figura 7: 0.72 seg. - Pasada de brazos.

Posición 7: 0.84 seg. – Posición final.

Ángulos piernas RF 174.128° S 171°

Tronco-piernas RF 122.04° S 125°

Brazo-antebrazo RF 78.82° S 73°

Tronco-horizontal RF 111.13° S 117°

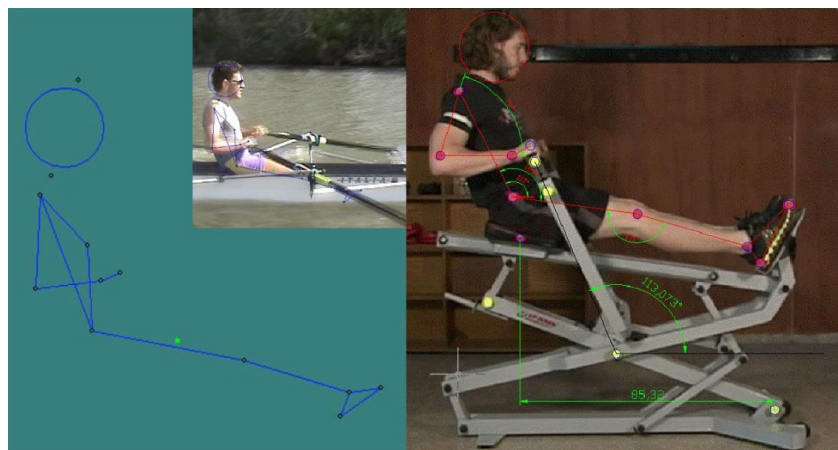


Figura 8: 0.84 seg. – Posición final.



# IV CAIM 2014

Cuarto Congreso Argentino de Ingeniería Mecánica



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL NORDESTE  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
Resistencia Chaco - Rep. Argentina

FORO  
DOCENTE  
DEL AREA  
MECANICA  
DE LAS  
INGENIERIAS

FoDAMI

Posición 8: 0.96 seg. – Posición de sacada.

Ángulos piernas RF 170.4° S 160°

Tronco-piernas RF 117.79° S 118°

Brazo-antebrazo RF 91.94° S 73°

Tronco-horizontal RF 110.71° S 115°

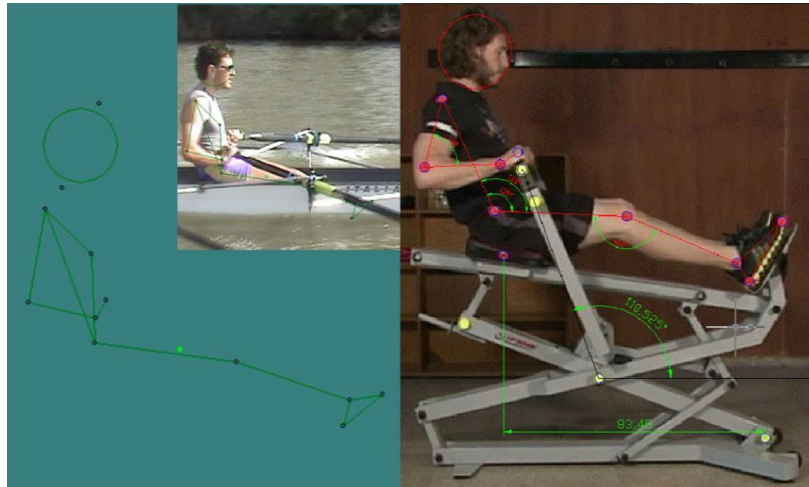


Figura 9: 0.96 seg. – Posición de sacada.

### 3. ANALISIS DE LOS RESULTADOS

Si analizamos la Figura 2 a la Figura 9 podemos sacar las siguientes conclusiones:

El ángulo de las piernas medido en el simulador se encuentra en perfecta concordancia con el relevado en el remo en flotación a lo largo del semiciclo (ver Figura 10).

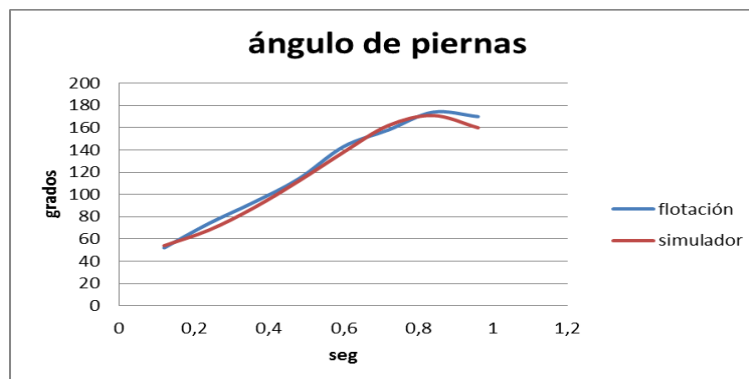


Figura 10: Angulo de apertura de piernas en la fase de la pasada



# IV CAIM 2014

Cuarto Congreso Argentino de Ingeniería Mecánica



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL NORDESTE  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
Resistencia Chaco - Rep. Argentina

FORO  
DOCENTE  
DEL AREA  
MECANICA  
DE LAS  
INGENIERIAS

FoDAMI

Del estudio del menor ángulo comprendido entre el brazo y el antebrazo ver Figura 11, podemos observar que en el simulador existe una mayor contracción de la articulación (menor ángulo), pero en ninguno de los casos dicha contracción sobrepasa los 22 grados de diferencia con respecto al

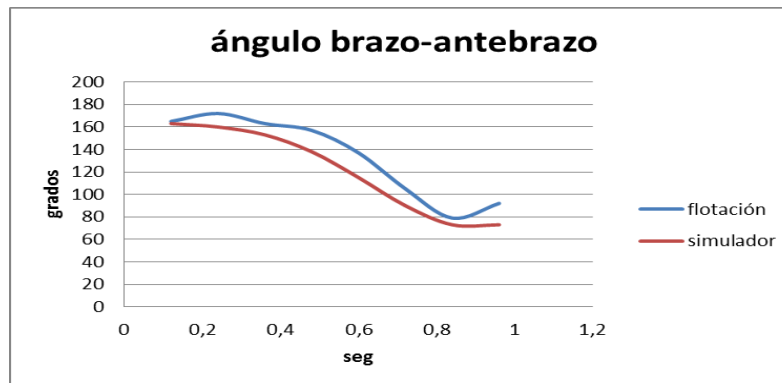


Figura 11: Ángulo de apertura entre el brazo y el antebrazo en la fase de la pasada.

remo en flotación. Tanto en el inicio como en el final del movimiento se puede observar que dicha diferencia es solo de algunos grados. Esta variable de estudio está influenciada por la técnica involucrada en el ejercicio. Si analizamos los primeros 3 fotogramas observamos que la mayor diferencia entre ángulo medido en el simulador y en el remo en flotación es de unos 12 grados. En el cuarto fotograma dicha diferencia asciende a unos 20 grados debido a una mayor contracción de brazos en el simulador que en el remo en flotación. Esto obedece también a la técnica llevada a cabo por el usuario que en este caso entra anticipadamente al pase del movimiento de remo. Dicho ángulo podría seguir perfectamente los mismos valores que en el remo en flotación si tan solo el usuario del simulador retrasa unos segundos la contracción brazo-antebrazo.

El ángulo comprendido entre el tronco y las piernas (Figura 12) presenta una diferencia que varía de 10 a unos 20 grados aproximadamente en la primera mitad del simiciclo, como así también se presenta esta variación en el análisis de ángulo comprendido entre el tronco y la horizontal (Figura 13). La misma se debe a la leve inclinación que presenta la corredera del simulador con respecto a la corredera horizontal del remo en flotación como así también a las diferencias de alturas medidas en forma vertical entre de los apoyos de los pies y el asiento. Para el caso de simulador la distancia es de unos 3 a 4 veces menor que la presentada en el remo en flotación.



# IV CAIM 2014

Cuarto Congreso Argentino de Ingeniería Mecánica



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL NORDESTE  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
Resistencia Chaco - Rep. Argentina

FORO  
DOCENTE  
DEL AREA  
MECANICA  
DE LAS  
INGENIERIAS

FoDAMI

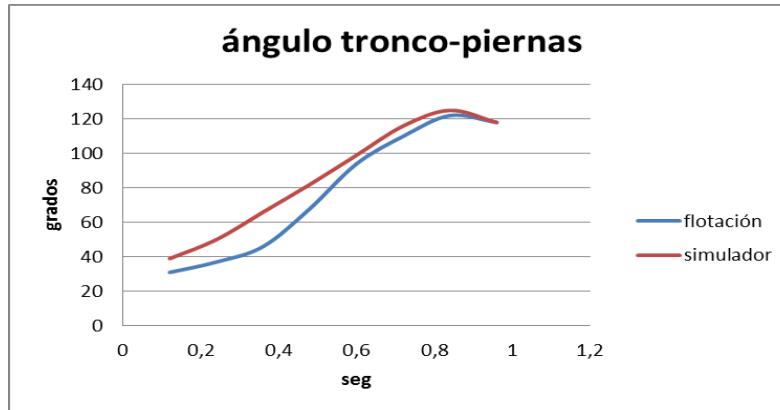


Figura 12: Angulo de apertura entre el tronco y las piernas en la fase de la pasada.

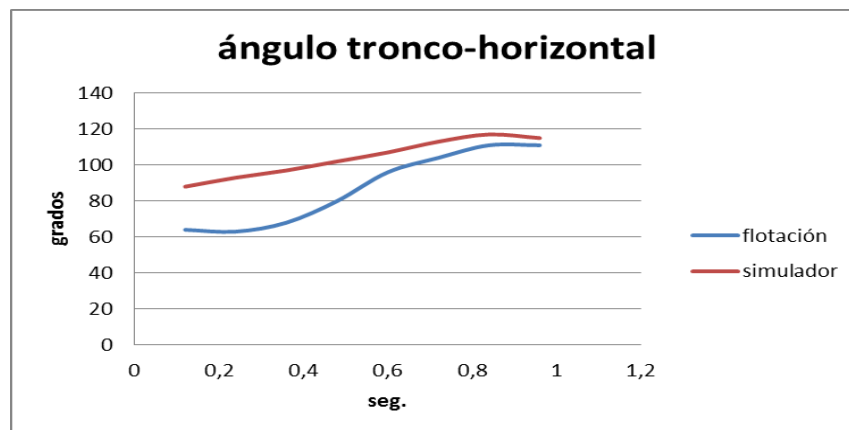


Figura 13: Angulo de apertura entre el tronco y la horizontal.

## 4. CONCLUSIONES

Del estudio realizado se concluye que la biomecánica del ejercicio llevada a cabo en el simulador se encuentra en perfecta concordancia con la llevada a cabo por un remero profesional, y que las leves diferencias que se presentan en los ángulos estudiados son debidas al grado de inclinación que presenta el carril en el simulador de remo a diferencia de uno horizontal que presentan todos los remos de flotación. Esta característica particular del diseño del simulador hace una mejor adaptación a la biomecánica de la remada por parte de un usuario sin conocimiento ni práctica de este deporte. Esta inclinación permite que de una forma natural, bajo el efecto de la gravedad, se



# IV CAIM 2014

Cuarto Congreso Argentino de Ingeniería Mecánica



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL NORDESTE  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
Resistencia Chaco - Rep. Argentina

FORO  
DOCENTE  
DEL AREA  
MECANICA  
DE LAS  
INGENIERIAS

FoDAMI

enlace el primer ciclo con el segundo, es decir el final con el descanso en términos técnicos de este deporte.

## 4. REFERENCIAS

[1] Martínez Gonzalo E., APARATO ESTATICO PARA LA PRACTICA DE REMO, Argentina Patente AR 042619B1, 03 09 2003.

[2] Martínez Gonzalo E., APARATO DE GIMNASIA, Numero de Solicitud: P-060103403, Fecha de Registro: 04/08/2006.

[3] J. J. P. Fernández, «Análisis Biomecánico del Movimiento Humano Mediante Técnicas de Visión Artificial». [4] R. L. Norton, "Síntesis y Análisis de Máquinas y Mecanismos", México: McGraw-Hill, 2005.

[4] T. Mazzone, «Quinesiología de la palada de remo,» NSCA, vol. 10, nº 2, 1988.

[5] L. C. P. Gámez, «ORIENTACIONES PARA REALIZAR ANÁLISIS DE MOVIMIENTO CON SISTEMA SAM 3.1- 3D2K1,» ACCION REVISTA CUBANA DE LA CULTURA FISICA, 2004.

[6] Donda Francisco; Romero Lorena; Canseco Javier; Cía Gonzalo, «Análisis Básico del Movimiento. Técnica de Remo.,» [En línea]. Available: <http://www.fnavremo.com/files>