

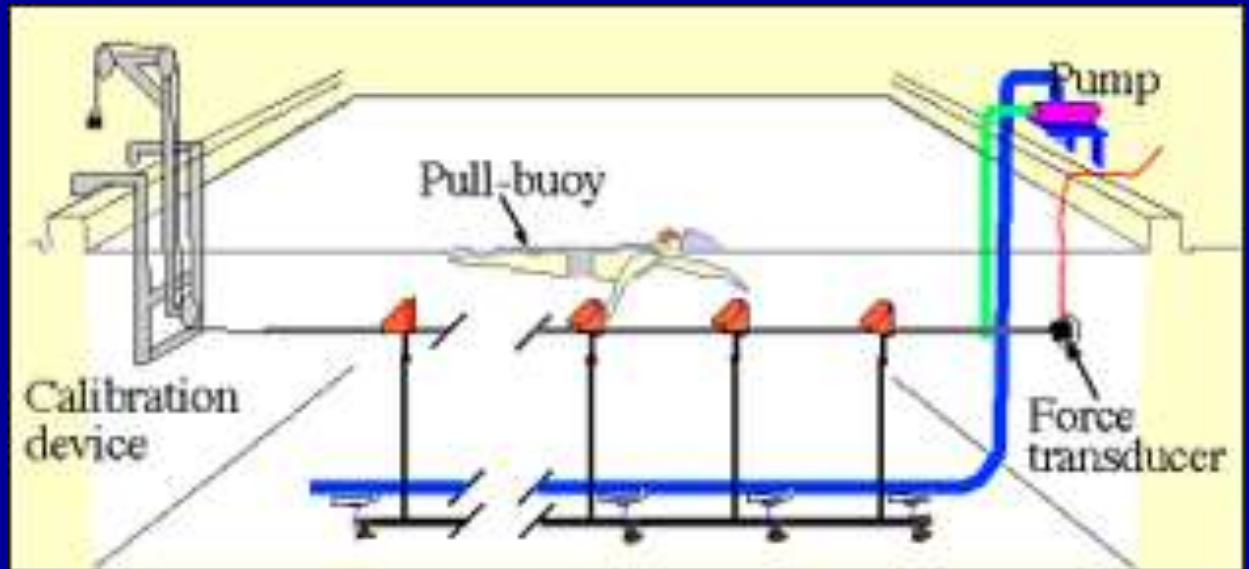
FUNDAMENTACIÓN BIOMECÁNICA DE LOS DIFERENTES ESTILOS EN NATACIÓN

**Dr. José Acero Ms. Sc. & Sci.
Director Científico**



INSTITUTO DE
INVESTIGACIONES
& SOLUCIONES
BIOMECÁNICAS

BIOMECÁNICAS
& SOLUCIONES
INVESTIGACIONES
INSTITUTO DE



Desde la estructura hasta la Dinámica Humana

Calle 49 N No. 4AN28- Cali- COLOMBIA
Tel. (2) 3703414 Cel. 3104645367
jacero5@telmex.net.co

TEMATICA

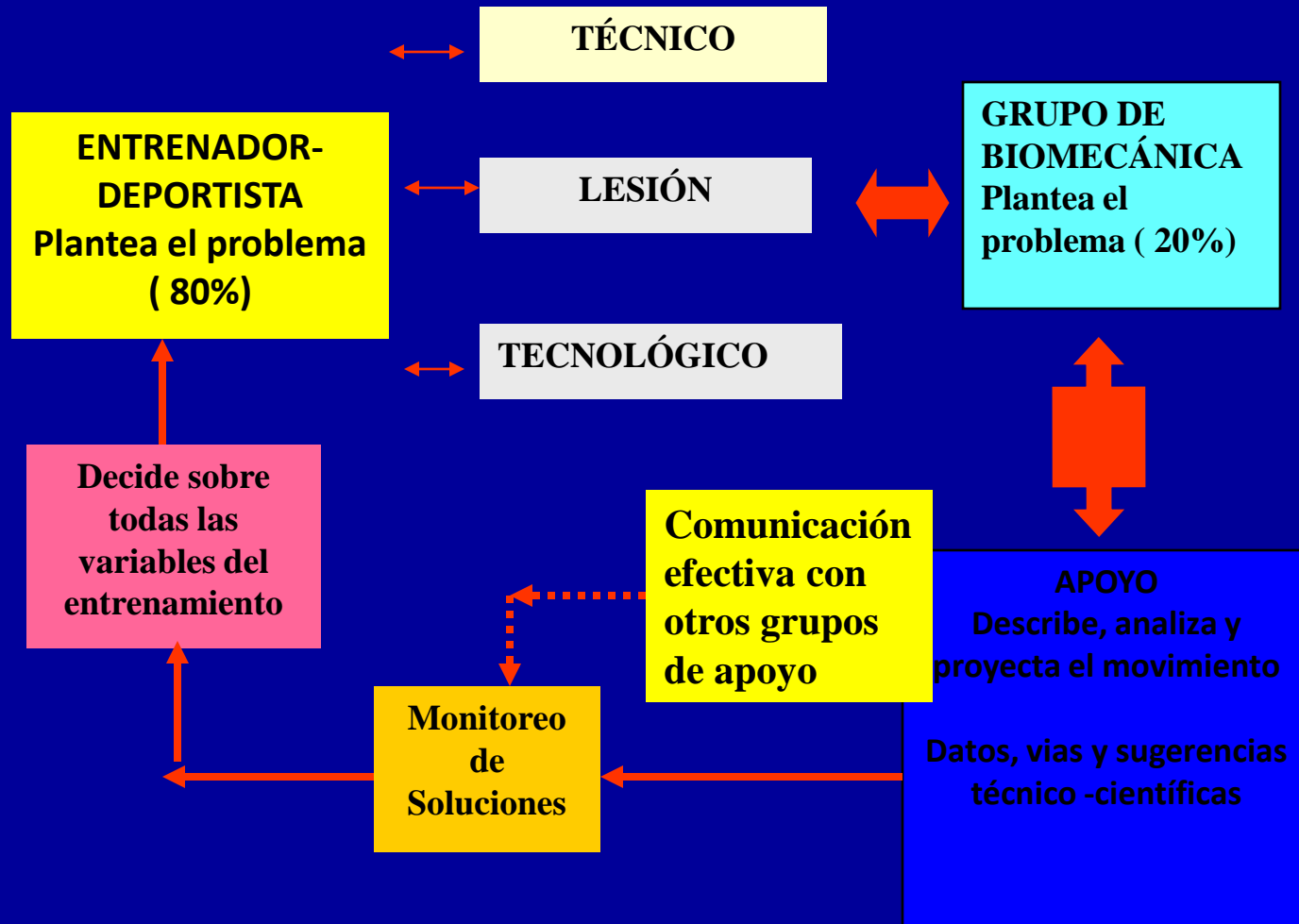
1. ¿Cuál es el proceso de un análisis biomecánico?
2. ¿Como se aplican los principios biomecánicos en la entrenabilidad de la técnica de la salida?
3. ¿Cuales son las recomendaciones biomecánicas para el entrenamiento de la técnica de recorrido?
4. ¿Que recomendaciones se generaran a partir de los factores biomecánicos para la entrenabilidad de la técnica de los volteos ?

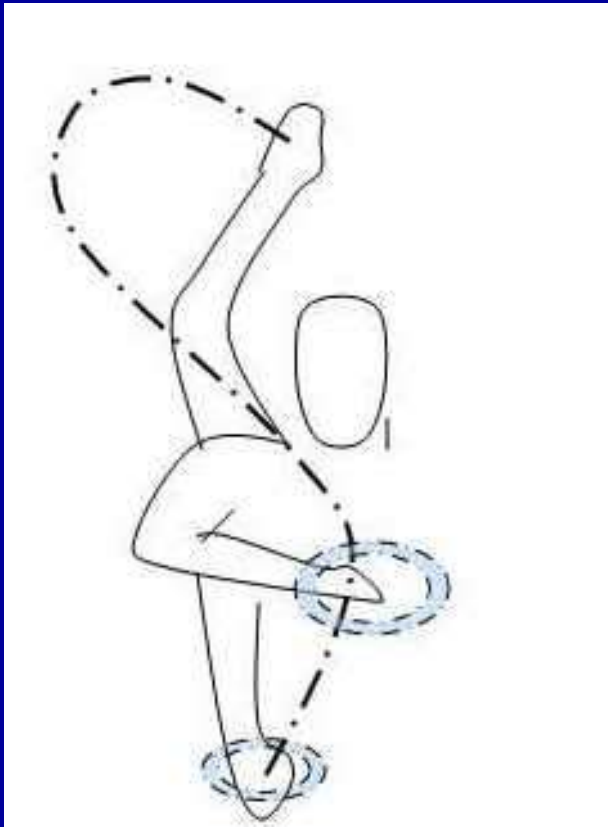
1. ¿Cuál es el proceso de un análisis biomecánico?

CONSTRUCTO: Estructura del Modelo de Rendimiento



PROCESOS DE VALORACIÓN E / O INVESTIGACIÓN BIOMECÁNICA





BIOMECANICA DEPORTIVA

1. Repetición idéntica
 2. La existencia de un movimiento óptimo o ideal
-
1. Una muestra de técnicas son la realidad del movimiento
 2. Acercamiento determinístico (lineal) para establecer las variables del rendimiento



Valores normativos que operan como claves en el rendimiento



Flujograma de la Metodología Biomecánica

Acero, 2009



1. Observación directa o indirecta de los movimientos ejecutados de los deportistas

Acero, 2009



Fases

1. Preparados
2. Tirón o desequilibrio
3. Impulso o despegue
4. Vuelo
5. Entrada
6. Deslizamiento
7. Propulsión
8. Salida a la superficie

2. Comparación de sus técnicas de movimiento con las de los deportistas “superiores” tomadas como el modelo a mejorar y a optimizar

Hernández, A. 2007
i-Natación.com



Periodo	Fases	Eventos Criticos
Empuje y Vuelo	1. Reacción & Pre flexión 2. Empuje 3. Vuelo	Tiempo mínimo de reacción (ms) Maxima potencia (W) Balance V y H (m)
Deslizamiento	4. Entrada y deslizamiento 5. Pateo subacuático	Angulo Incidencia (θ) Frecuencia ondulatoria (P/s)
Emersión	6. Salida & Primera brazada y segunda brazada	Cuerpo sale a la superficie al final de la primera brazada

Haljand, R. 2007

Salida para Libre		H		M	
RESULTADOS Haljand, R. 2007		X	MEJOR	X	MEJOR
Tiempo de reacción con pre-flexión (s)		0.6	0.5	0.6	0.5
Tiempo de empuje (s)		0.2	0.1	0.2	0.12
Velocidad de la cabeza durante el empuje (m/s)		4.2	5.55	4	4.7
Velocidad corporal durante el vuelo (m/s)		4.25	4.8	4	4.33
Longitud horizontal de entrada de la cabeza (m)		2.8	3.41	2.5	3.02
Velocidad de las manos durante la entrada(m/s)		4.8	5.34	4.5	5.07
Velocidad del Cm despues de la entrada (m/s)		3	3.59	3	4.48
Velocidad durante el pateo subacuatico(m/s)		2.1	2.4	1.8	2.2
Duración del pateo subacuatico(s)		1.2	3.18	1.2	3.1
Velocidad en la 1a brazada (m/s)		1.9	2.06	1.7	1.91
Velocidad en la 2a brazada (m/s)		1.9	2.25	1.7	1.96
Velocidad despues de la 2a brazada (m/s)		1.9	2.12	1.7	1.9
Duración total en 15m (sec)		6.8	5.7	7.1	6.6

Haljand, R. 2007

LIBRE-PECHO-MARIPOSA-ESPALDA

SALIDA

5-8%

Contramovimiento
Impulso
Despegue
Vuelo
Entrada
Deslizamiento

DH V, DHDezl.

RECORRIDO

55-60%

Entrada
Propulsión I
Propulsión II
Salida
Recobro aéreo

F C, DC , Resistencia
(Drag)

VUELTA

33%

Acercamiento
Rotación
Contacto
Impulsión
Deslizamiento
Pre-brazada

Vel. Imp.
Φ Imp. Distancia

LLEGADA

1-3%

Acercamiento
Contacto

Velocidad final

Acero, 2007

2. ¿Como se aplican los principios biomecánicos en la entrenabilidad de la técnica de la salida?



Agarre



Velocista



Agarradera

Fotografías de Blanksby et al, 2001



Agarre

- Permite que el CM este mas adelante
- Reduce el tiempo requerido para obtener la posición donde se pueda aplicar la fuerza horizontal al movimiento



- Es una variante de la salida de agarre
- Un pie mas adelantado que el otro
- Dos variantes : masa corporal adelantada y masa atrasada

Velocista



Agarradera

- Relacionado con el “ Súper Partidor Anti Choque”
- Permiten colocar el CM mucho mas adelante utilizando un manillar sobre la superficie del partidor

Table 1. Summary of average start reaction and start efficiency for two start modes - men

	Start reaction ,s		Start efficiency (15 m time), s	
	GS	TS	GS	TS
50 free	0.81 (0.05) (n=8)	0.71 (0.04)* (n=8)	5.84 (0.12)	5.78 (0.11)
100 free	0.82 (0.03) (n=8)	0.76 (0.03)* (n=8)	5.98 (0.08)	5.98 (0.18)
200 free	0.82 (0.05) (n=11)	0.75 (0.07)* (n=5)	6.28 (0.14)	6.24 (0.30)
400 free	0.87 (0.02) (n=3)	0.80 (0.02)* (n=5)	6.86 (0.34)	6.55 (0.35)
1500 free	0.89 (0.06) (n=4)	0.79 (0.08) (n=4)	6.97 (0.26)	6.74 (0.38)
100 breaststroke	0.79 (0.04) (n=12)	0.72 (0.03)* (n=4)	7.06 (0.19)	6.90 (0.27)
200 breaststroke	0.83 (0.04) (n=12)	0.75 (0.06)* (n=4)	7.38 (0.17)	7.35 (0.18)
100 fly	0.81 (0.05) (n=9)	0.75 (0.04)* (n=7)	6.13 (0.17)	5.96 (0.17)
200 fly	0.80 (0.04) (n=12)	0.75 (0.05)* (n=4)	6.34 (0.26)	6.53 (0.19)
200 IM	0.80 (0.05) (n=12)	0.73 (0.10) (n=4)	6.54 (0.21)	6.49 (0.12)
400 IM	0.84 (0.05) (n=5)	0.72 (0.06)* (n=3)	6.85 (0.27)	6.63 (0.22)

Issurin & Verbitsky, 2002

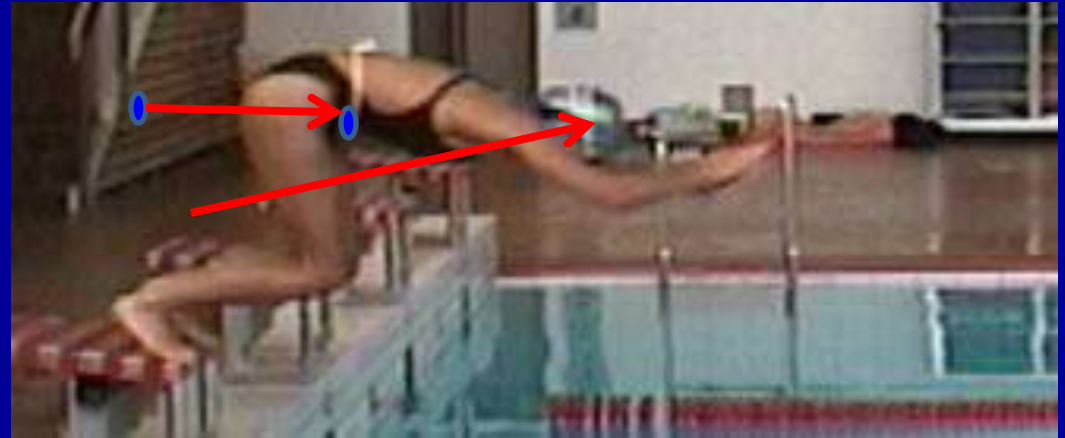
1. El tiempo de reacción (TR) fue menor y significativa en la salida de “ **velocista**” en la mayoría de los eventos
2. La Eficiencia de la salida (ES) tiende a ser mas alta en la salida de “ **velocista**”

Fase 1. Reacción & Pre -Flexión



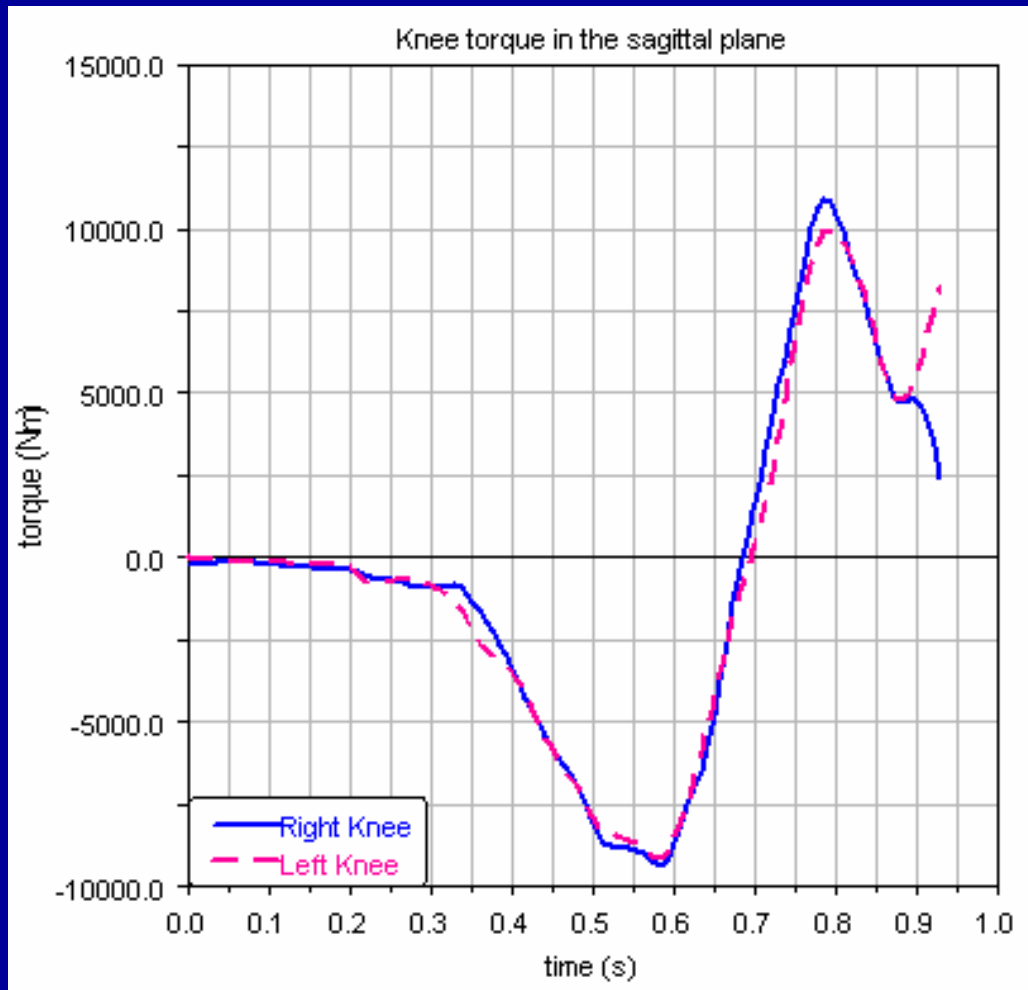
- Tiempo de reacción en ms
- Localización del Centro de masa (3P) en cm
- Angulo muslo –pierna
- Angulo tronco- muslo
- Anchura interna de los pies

Fase 2. Empuje



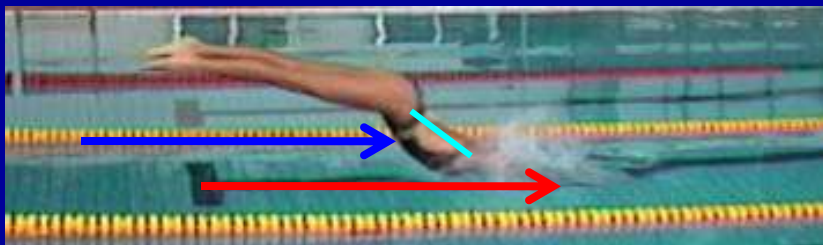
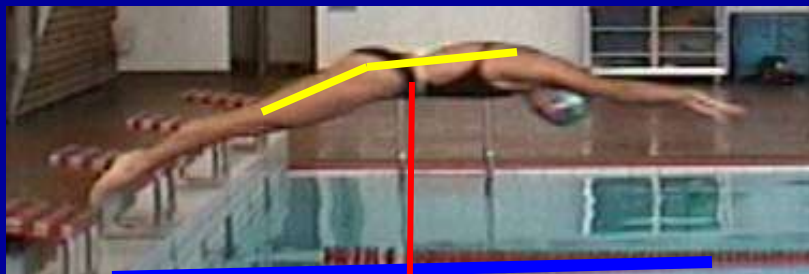
- Duración fuerza excéntrica, concéntrica y total (ms)
- Historia de la fuerza x,y, z(Nw)
- Velocidad de la cabeza (m/s)
- Velocidad Corporal en el CM (m/s)

Fase 2. Empuje



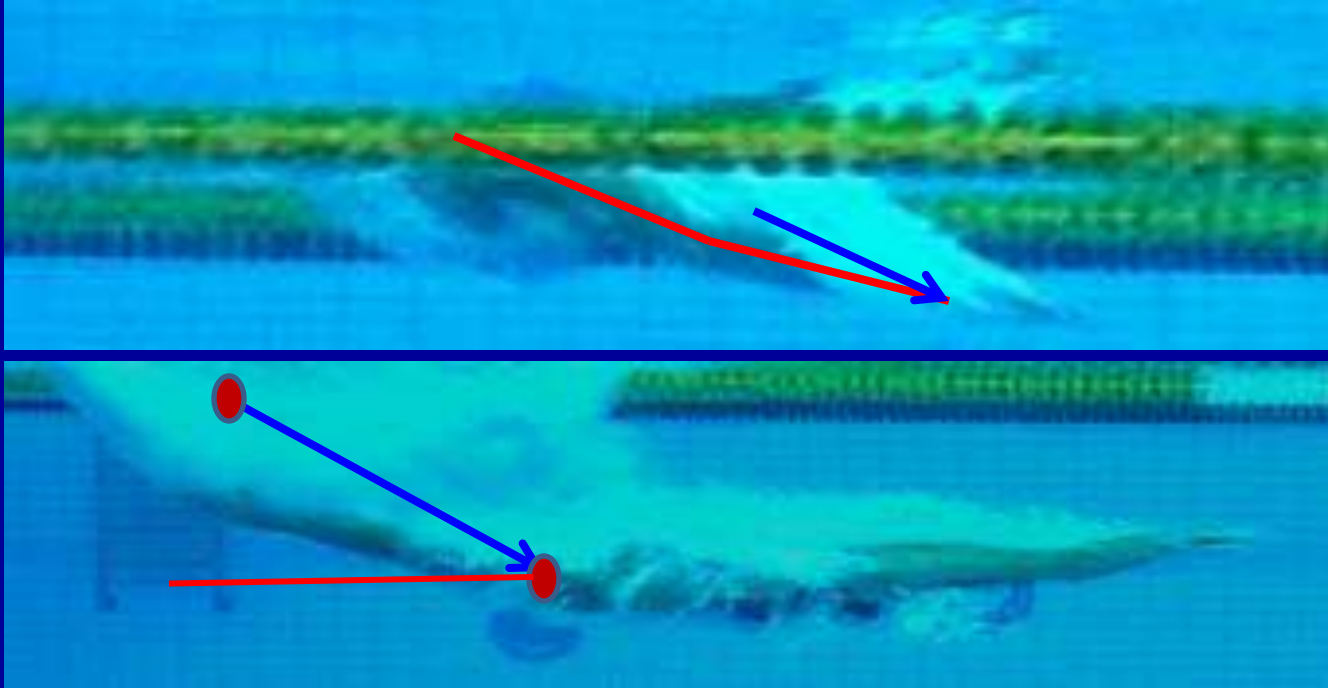
Agnesina et al, 2006

Fase 3. Vuelo



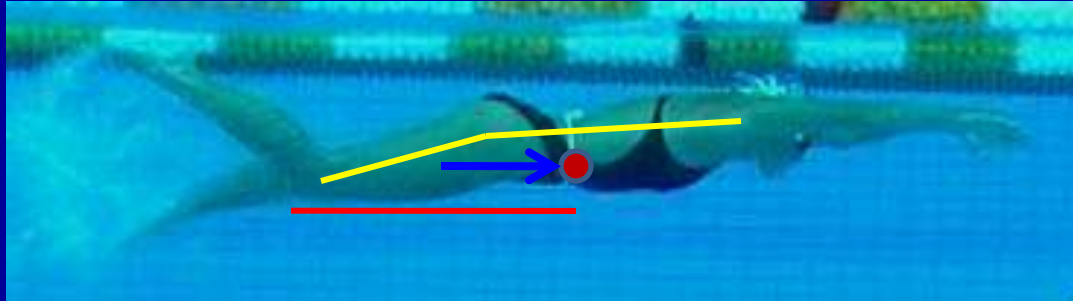
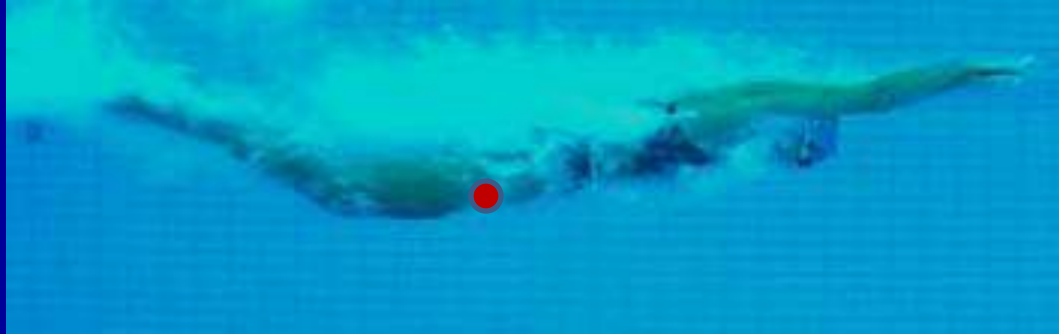
- Tiempo total de vuelo (ms)
- Velocidad corporal de vuelo (m/s)
- Distancia horizontal de la cabeza (m)
- Distancia horizontal del centro de masa (m)
- Altura máxima del CM (m) relativa a la horizontal del agua
- Angulo tronco- muslo a la altura máxima
- Angulo brazo -tronco a la entrada

Fase 4. Entrada y Deslizamiento



- Angulo brazo-tronco (θ)
- Velocidad de las manos (m/s)
- Velocidad del CM (m/s)
- Distancia horizontal del centro de masa (m)

Fase 5. Pateo Sub- acuático



- **Velocidad del CM (m/s)**
- **Angulo tronco-muslo (θ)**
- **Distancia horizontal del centro de masa (m)**
- **Frecuencia (P/s) y duración**

Fase 6. Salida & 1B+2B



- Velocidad del CM (m/s) durante la 1^a brazada
- Velocidad del CM (m/s) durante la 2^a brazada
- Velocidad después de la 2^a brazada
- Tiempo total de salida
- Total de distancia recorrida en la salida

Salida para Libre

H

M

RESULTADOS Haljand, R. 2007

	X	MEJOR	X	MEJOR
Tiempo de reacción con pre-flexión (s)	0.6	0.5	0.6	0.5
Tiempo de empuje (s)	0.2	0.1	0.2	0.12
Velocidad de la cabeza durante el empuje (m/s)	4.2	5.55	4	4.7
Velocidad corporal durante el vuelo (m/s)	4.25	4.8	4	4.33
Longitud horizontal de entrada de la cabeza (m)	2.8	3.41	2.5	3.02
Velocidad de las manos durante la entrada(m/s)	4.8	5.34	4.5	5.07
Velocidad del Cm despues de la entrada (m/s)	3	3.59	3	4.48
Velocidad durante el pateo subacuatico(m/s)	2.1	2.4	1.8	2.2
Duración del pateo subacuatico(s)	1.2	3.18	1.2	3.1
Velocidad en la 1a brazada (m/s)	1.9	2.06	1.7	1.91
Velocidad en la 2a brazada (m/s)	1.9	2.25	1.7	1.96
Velocidad despues de la 2a brazada (m/s)	1.9	2.12	1.7	1.9
Duración total en 15m (sec)	6.8	5.7	7.1	6.6

Salida para Mariposa

H

M

RESULTADOS Haljand, R. 2007

X

MEJOR

X

MEJOR

Tiempo de reacción con pre-flexión (s)

0.60 0.5 0.60 0.54

Tiempo de empuje (s)

0.20 0.12 0.20 0.12

Velocidad de la cabeza durante el empuje (m/s)

4.2 6.03 4 4.73

Velocidad corporal durante el vuelo (m/s)

4.25 5.31 4 4.27

Longitud horizontal de entrada de la cabeza (m)

2.8 3.27 2.5 3.02

Velocidad de las manos durante la entrada(m/s)

4.8 5.32 4.5 4.9

Velocidad del Cm después de la entrada (m/s)

3 4.09 3 3.58

Velocidad durante el pateo subacuático(m/s)

2 2.2 1.7 1.99

Duración del pateo subacuático(s)

2.5 4.76 2 3.9

Velocidad en la 1ª brazada bilateral (ataque) (m/s)

1.9 2.27 1.7 1.97

Velocidad en la 1ª brazada bilateral (Recobro) (m/s)

1.7 2.07 1.5 1.76

Velocidad después del recobro (m/s)

1.7 1.93 1.6 1.65

Duración total en 15m (sec)

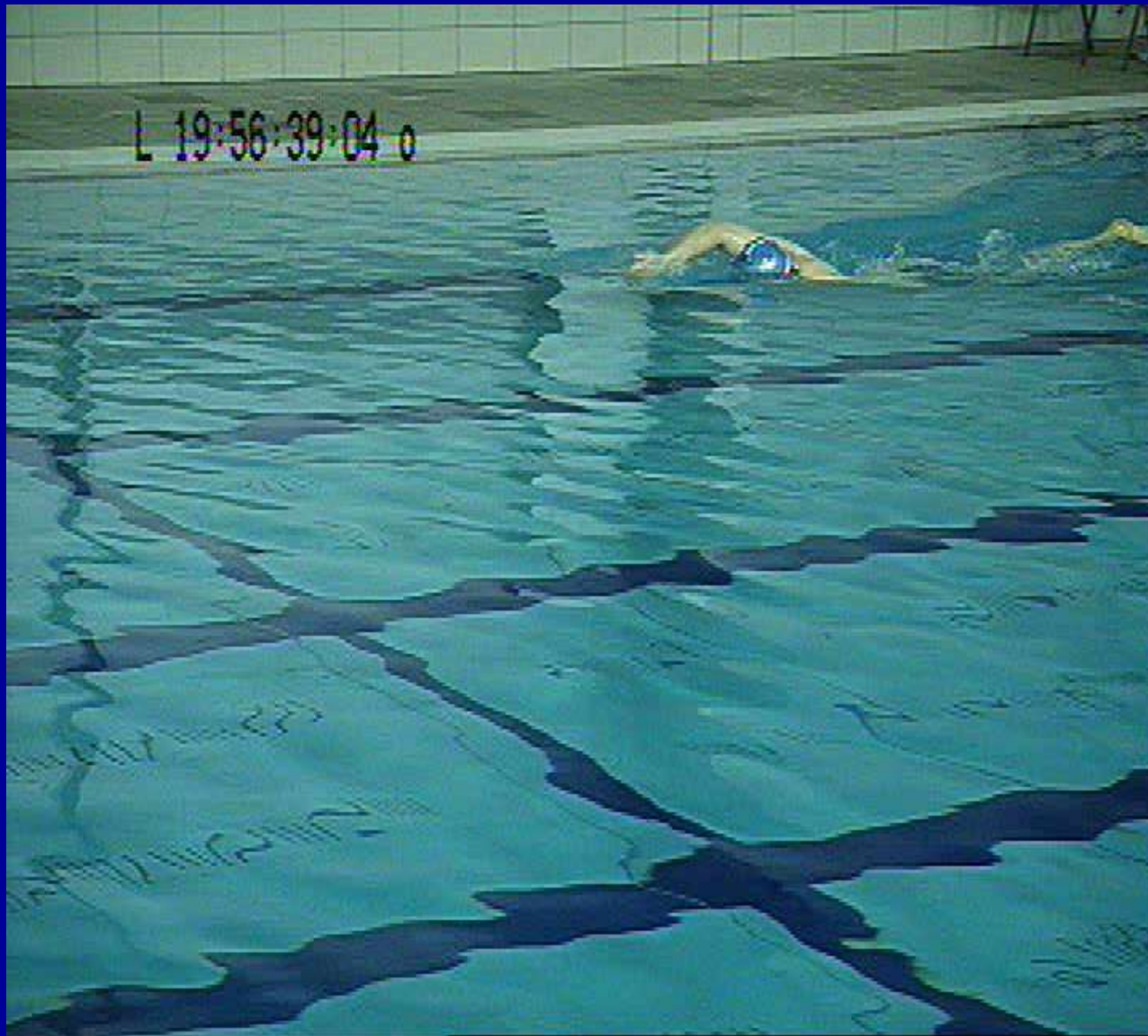
6.46 5.84 7.50 6.90

Salida para Pecho

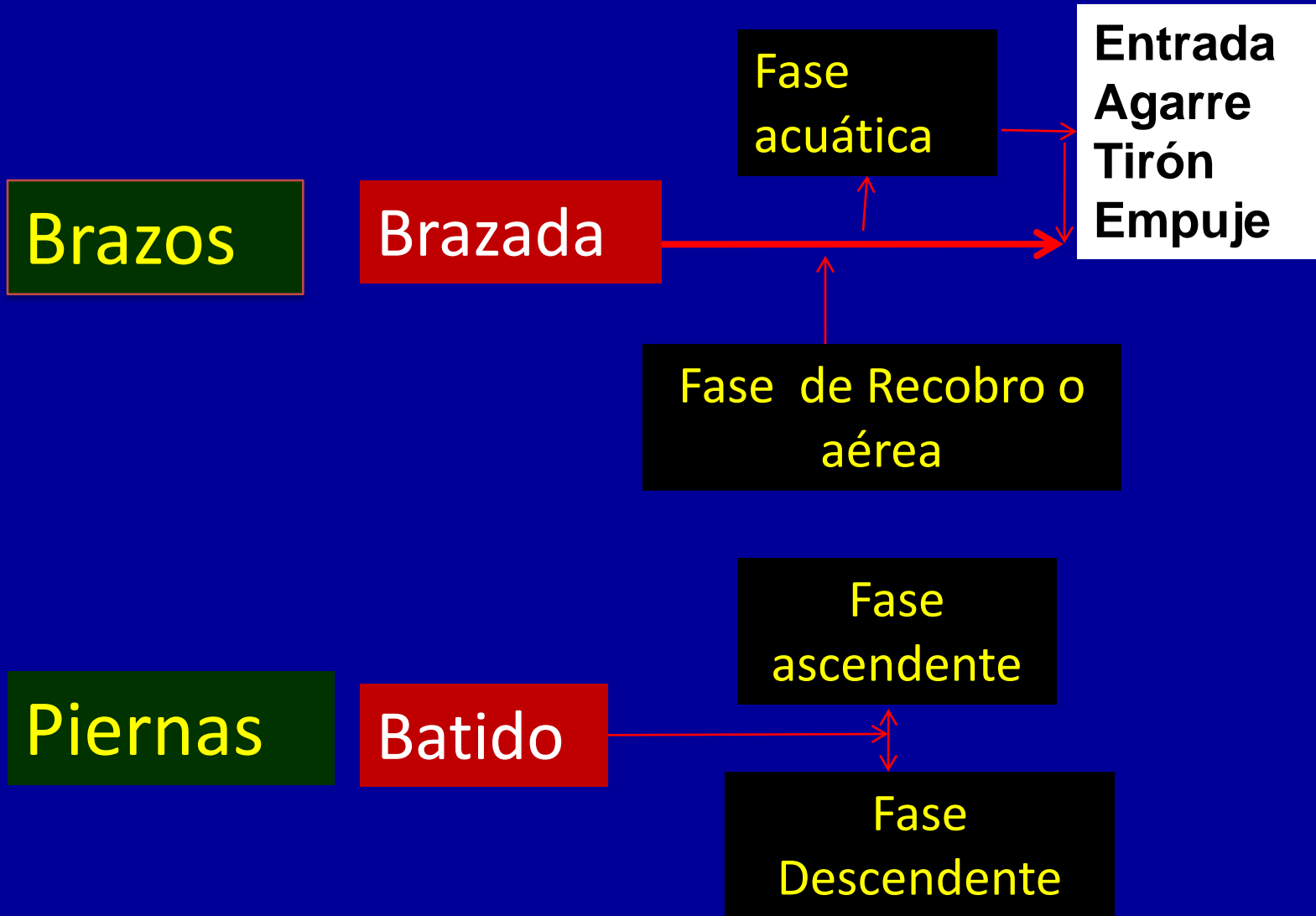
H**M****RESULTADOS** Haljand, R. 2007**X****MEJOR****X****MEJOR**

Tiempo de reacción con pre-flexión (s)	0.6	0.56	0.6	0.5
Tiempo de empuje (s)	0.2	0.14	0.2	0.14
Velocidad de la cabeza durante el empuje (m/s)	4.2	5.06	4	4.5
Velocidad corporal durante el vuelo (m/s)	4.2	5.07	4	4.33
Longitud horizontal de entrada de la cabeza (m)	2.8	3.27	2.5	2.97
Velocidad de las manos durante la entrada (m/s)	4.8	5.33	4.5	5.08
Velocidad del Cm en el 1er deslizamiento (m/s)	2.35	2.76	2.2	2.75
Duración del 1er deslizamiento (s)	1.25	1	1.25	0.78
Velocidad durante el empuje largo (m/s)	1.9	2.2	1.8	2.16
Velocidad del CM durante el segundo deslizamiento (m/s)	1.6	2.02	1.5	1.77
Velocidad del CM durante el recobro (m/s)	0.75	1.04	0.6	0.97
Velocidad del CM durante la 1a brazada BL (m/s)	1.25	1.45	1.15	1.35
Velocidad después de la primera brazada BL (m/s)	1.4	1.62	1.2	1.37
Duración total en 15m (sec)	7.4	6.3	8.6	7.9

3. ¿Cuales son las recomendaciones biomecánicas para el entrenamiento de la técnica de recorrido (Libre)?



Mapa de la Técnica de Libre



Mapa de la Técnica de Libre

Acero J. (2007)

Fase acuática : Entrada de la mano



Fase acuática : El agarre



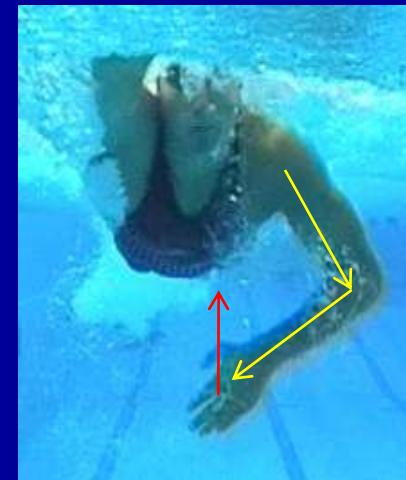
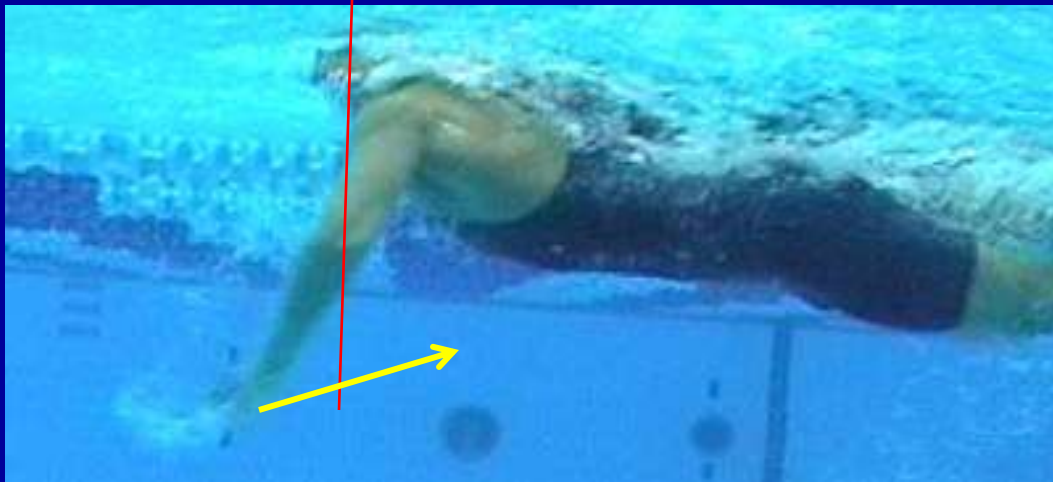
Mapa de la Técnica de Libre

Acero J. (2007)

Fase acuática : Tirón hacia abajo

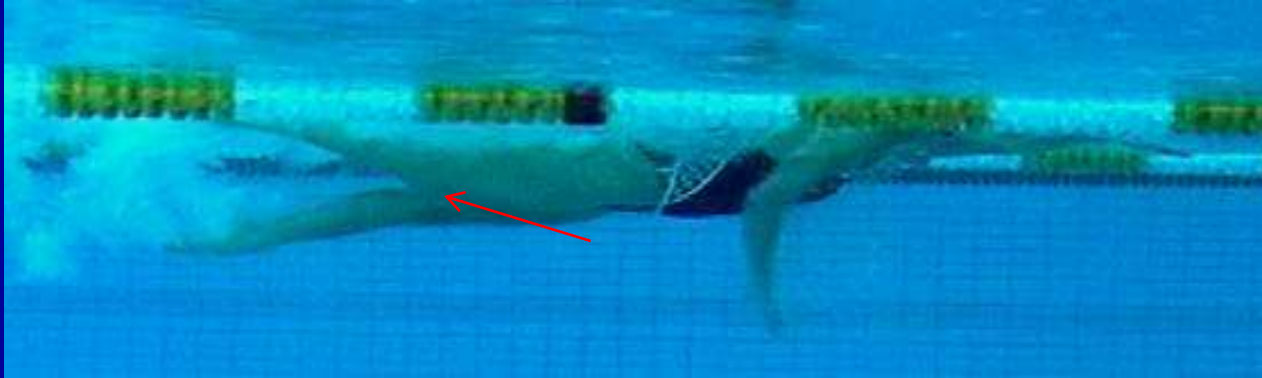


Fase acuática : Tirón hacia dentro



Mapa de la Técnica de Libre

Fase acuática : Empuje (barrido hacia arriba)



Acero J. (2007)

Mapa de la Técnica de Libre

Fase Aérea : Recobro



Acero J. (2007)

Mapa de la Técnica de Libre

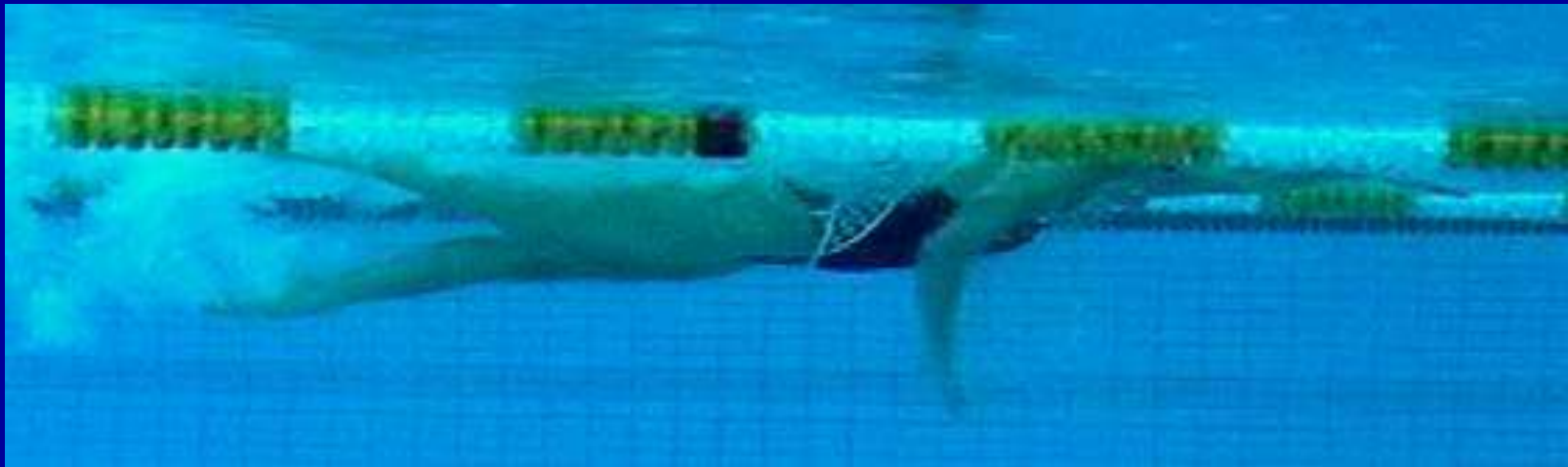
Piernas : ciclo de Batida



Acero J. (2007)

Mapa de la Técnica de Libre

Posición corporal : Alineación Horizontal



Acero J. (2007)

Mapa de la Técnica de Libre

Posición corporal : Rotación del cuerpo



Acero J. (2007)

Factores cinemáticos en estilo libre	Hombres		Mujeres	
	Promedio	Mejor resultado	Promedio	Mejor resultado
Velocidad Cm durante el tiron del brazo Izquierdo (m/s)	1.7	2.03	1.5	1.84
Velocidad Cm durante el empuje del brazo Izquierdo (m/s)	1.8	2.33	1.6	2.16
Deslizamiento de la mano Izq. durante el tiron (m)	0.1	0.45	0.1	0.36
Deslizamiento de la mano Izq. durante el empuje (m)	-0.45	-0.35	-0.4	-0.21
Velocidad de la mano Izquierda hacia atrás (m/sec)	-0.6	-0.04	-0.5	-0.2
Distancia recorrida durante la brazada Izquierda (m)	1.1	1.59	1	1.27
Velocidad Cm durante el tiron del brazo derecho (m/s)	1.7	2.03	1.5	1.84
Velocidad Cm durante el empuje del brazo derecho (m/s)	1.8	2.33	1.6	2.16
Deslizamiento de la mano Der. durante el tiron (m)	0.1	0.45	0.1	0.36
Deslizamiento de la mano Der. durante el empuje (m)	-0.45	-0.35	-0.4	-0.21
Velocidad de la mano derecha hacia atrás (m/sec)	-0.6	-0.04	-0.5	-0.2
Distancia recorrida durante la brazada derecha (m)	1.1	1.59	1	1.27
Frecuencia (ciclo/min)	0.45	0.35	0.47	0.35
Longitud de brazada (m)	2.3	3	2	2.5
Velocidad promedio (m/sec)	1.7	2.01	1.6	1.8

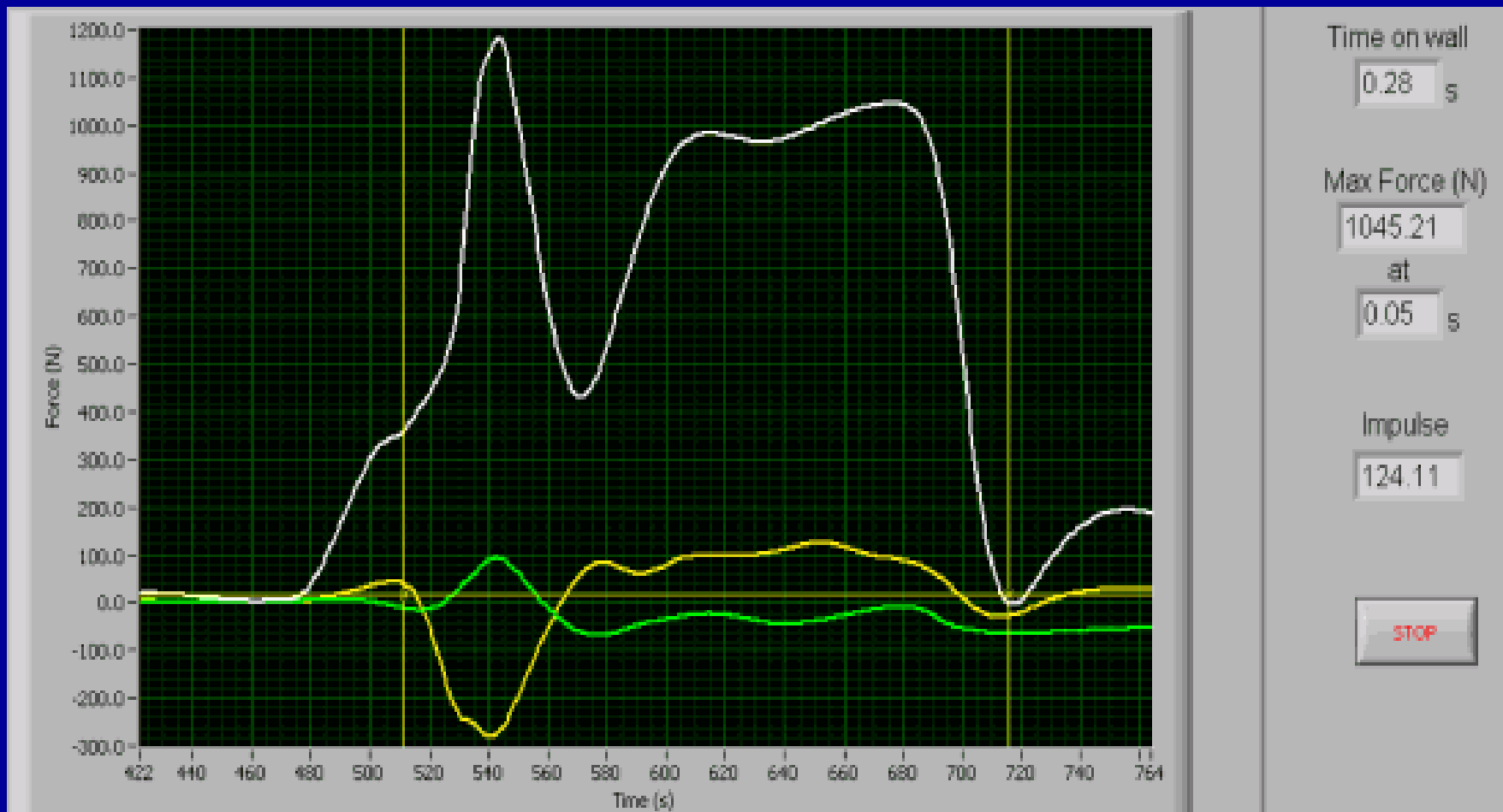
Rein Haljand, 2007

<http://www.swim.ee/technique/>

Veamos una aplicación con el software biomecánico (2D) SC-PRO

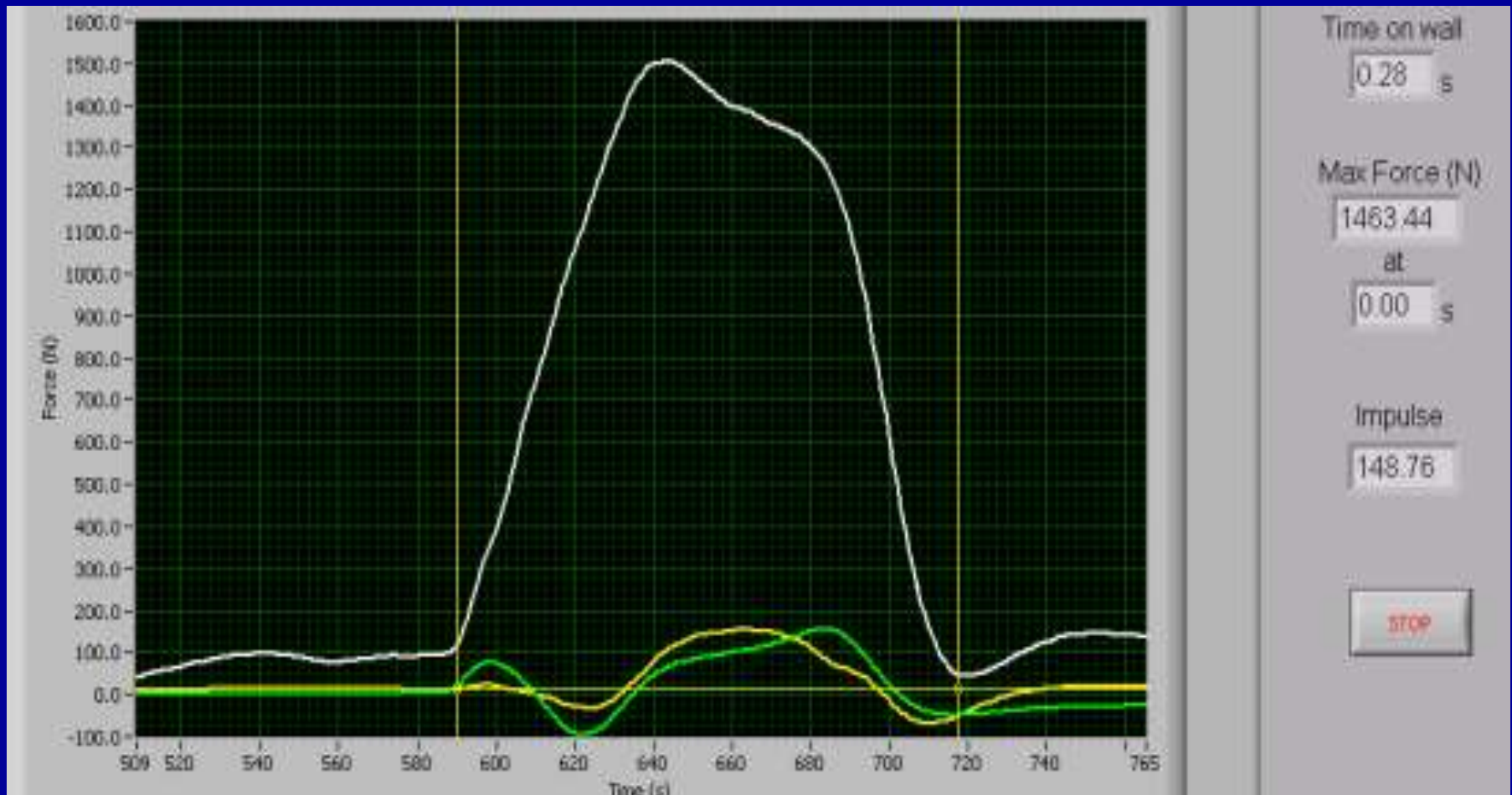
4. ¿Que recomendaciones se generaran a partir de los factores biomecánicos para la entrenabilidad de la técnica de los volteos ?





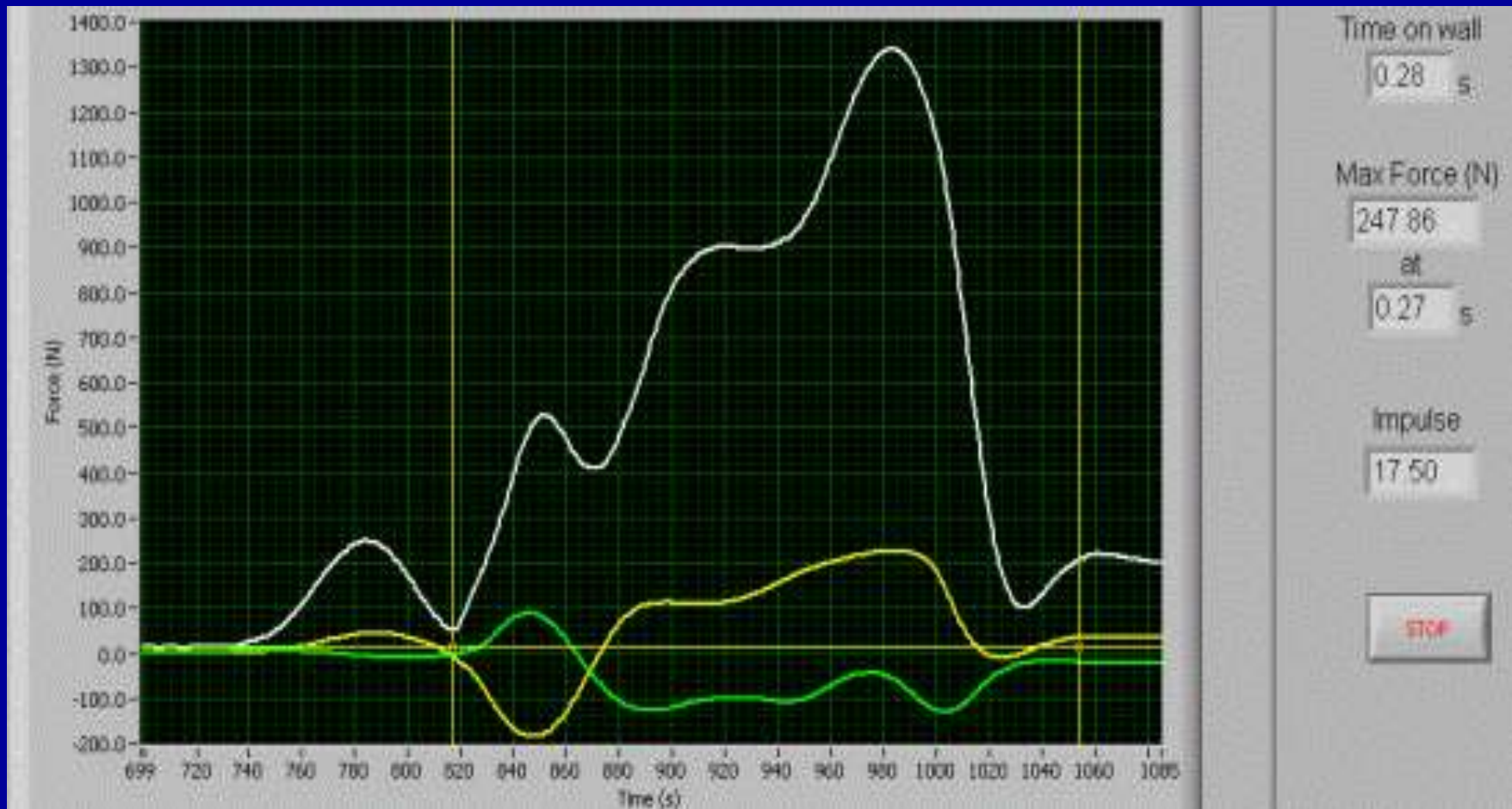
Empuje con alto impacto

University of Western Australia - Department of Human Movement and Exercise Science



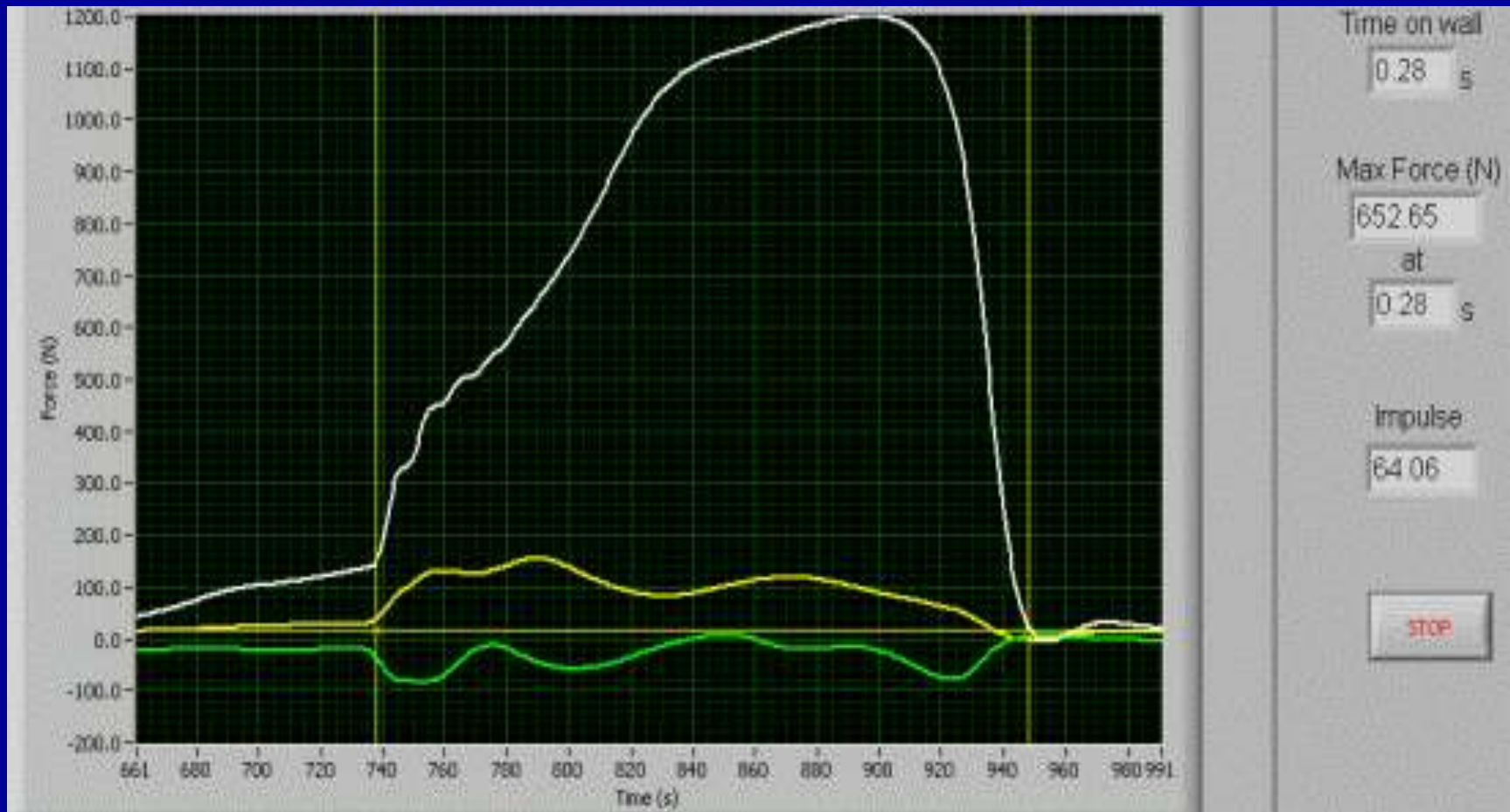
Empuje Temprano

University of Western Australia - Department
of Human Movement and Exercise Science



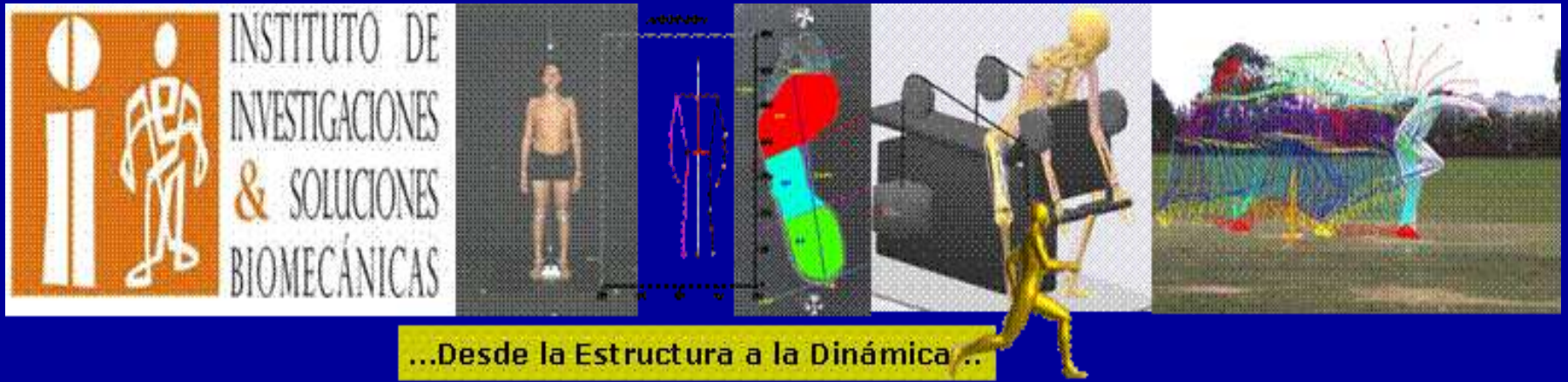
Empuje descoordinado

University of Western Australia - Department of Human Movement and Exercise Science



Empuje eficiente cercano al despegue

University of Western Australia - Department of Human Movement and Exercise Science



Muchas Gracias

jacero5@telmex.net.co