

# Teoría y Práctica del Entrenamiento Deportivo

## VALIDEZ Y REPRODUCIBILIDAD DE LA VELOCIDAD DE DESPLAZAMIENTO DE LAS CARGAS COMO INDICADOR DEL CARÁCTER DEL ESFUERZO

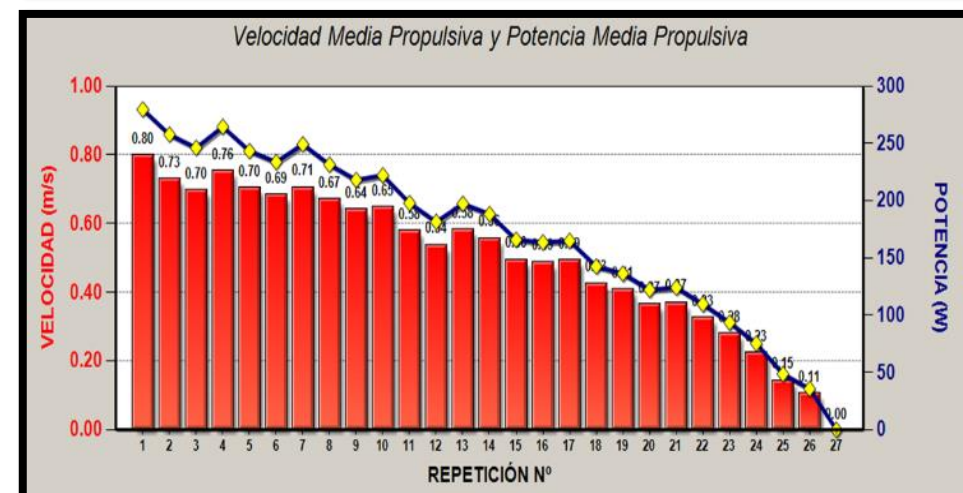
Autor:

**Alejandro Martínez Cava**  
**Ricardo Morán Navarro**

Facultad de Ciencias del Deporte  
Universidad de Murcia

# Índice de la sesión

1. Introducción
2. Objetivos e Hipótesis
3. Metodología
4. Resultados
5. Discusión
6. Conclusiones
7. Líneas de Investigación Futuras



# Introducción

# Introducción

“La carga de entrenamiento está considerada como el conjunto de exigencias mecánicas, biológicas y psicológicas, inducidas por las actividades de entrenamiento y competición, que provocan un estado de desequilibrio en el organismo del atleta” *González-Badillo & Ribas Serna, 2002.*

## PRINCIPALES COMPONENTES

Volumen

Intensidad

Densidad



# Introducción

## DESVENTAJAS

### VALORACIÓN DE LAS ADAPTACIONES AL ENTRENAMIENTO DE FUERZA

#### Históricamente

- a) Riesgo real de producir una lesión en el participante por la ejecución de este protocolo, especialmente ante ejercicios poliarticulares de gran cadena cinética como la cargada, la arrancada o la sentadilla completa;
  - b) La necesidad de detener el proceso de entrenamiento, o al menos realizar importantes ajustes, 24 h ó 48 h antes de la realización del test para garantizar una adecuada recuperación y tener confianza en los resultados.
- ✓ Medir un valor de rendimiento máximo o fuerza dinámica máxima (i.e., Test 1RM)

#### "Gold Standard"

(CV intrasujeto = 2.2 - 10.1 %)



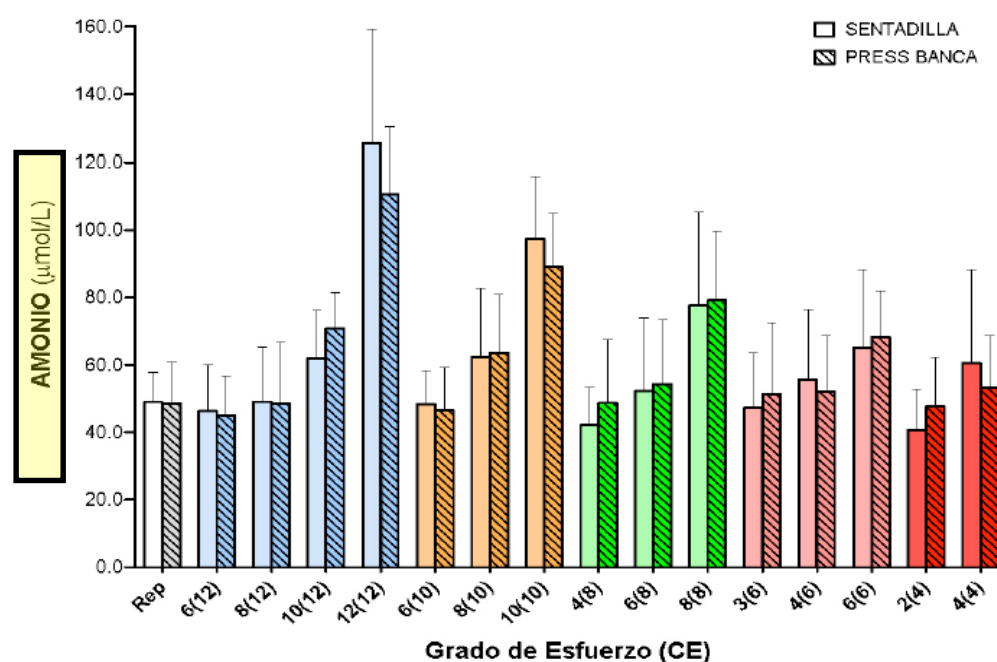
aunque siempre empleemos la misma ecuación, los índices de validez y reproducibilidad de estos algoritmos de estimación del 1RM están muy condicionados por el protocolo de medida utilizado:

- a) Participación del ciclo estímulo-acortamiento o "rebote" al no separar convenientemente la fase excéntrica y concéntrica del movimiento.
- b) Capacidad de sufrimiento y experiencia del participante ante un test de repeticiones hasta el fallo muscular.
- c) Valores de reproducibilidad y validez limitados.
- d) Extrema fatiga mecánica y metabólica que genera la realización de repeticiones hasta el fallo muscular

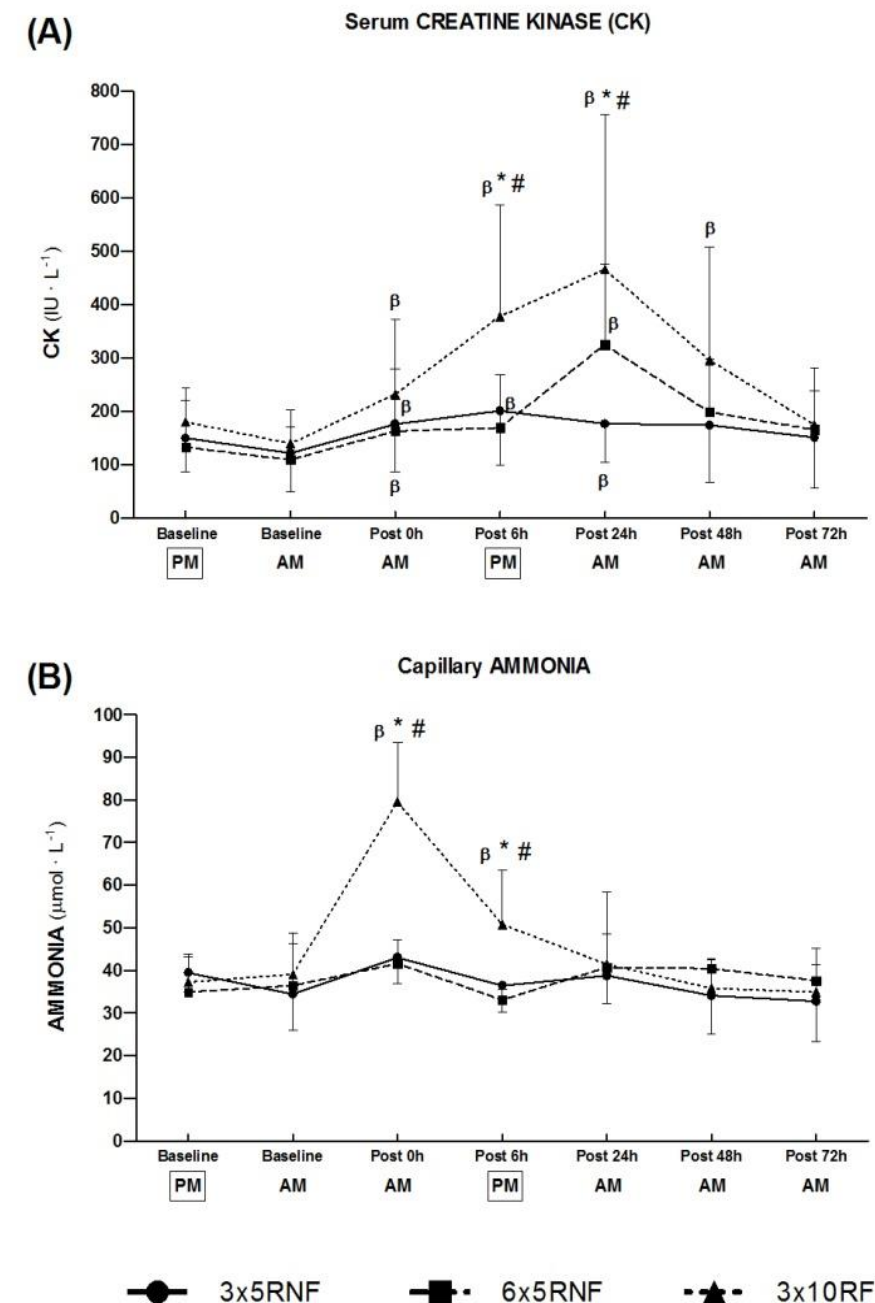
# Introducción

## REPETICIÓN HASTA EL FALLO MUSCULAR.

- El entrenamiento de fuerza **evitando alcanzar el fallo muscular** en cada serie de repeticiones (i.e., CE submáximo) se ha mostrado recientemente como la **estrategia más adecuada** de entrenamiento para conseguir **adaptaciones** neuromusculares y morfológicas positivas (Izquierdo-Gabarrén et al., 2010; Folland et al., 2002; Sanborn et al., 2000), e incluso para optimizar el **rendimiento específico** del deportista (Izquierdo-Gabarrén et al., 2010; García-Pallarés et al., 2009; García-Pallarés et al., 2010).
- Posible **mecanismo** que subyace - **reducción notable del tiempo de recuperación** entre sesiones de entrenamiento (Pallarés et al., 2012).



Concentración de amonio en sangre capilar. Tomado de Sánchez-Medina (2010).

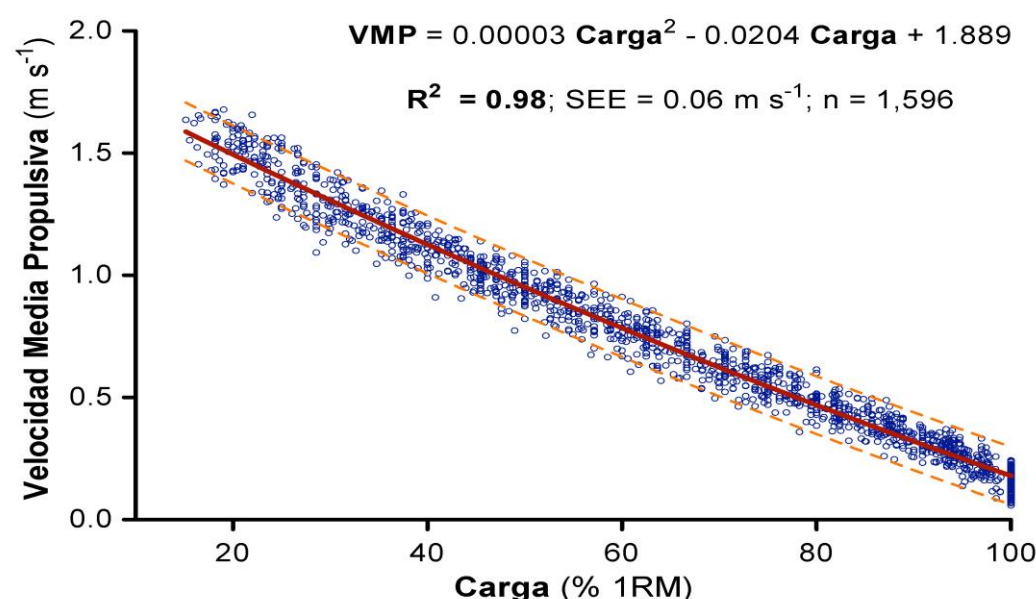


Evolución de la recuperación de los marcadores bioquímicos del estado de fatiga en función del carácter del esfuerzo realizado. Tomado de Pallarés et al. (2012).

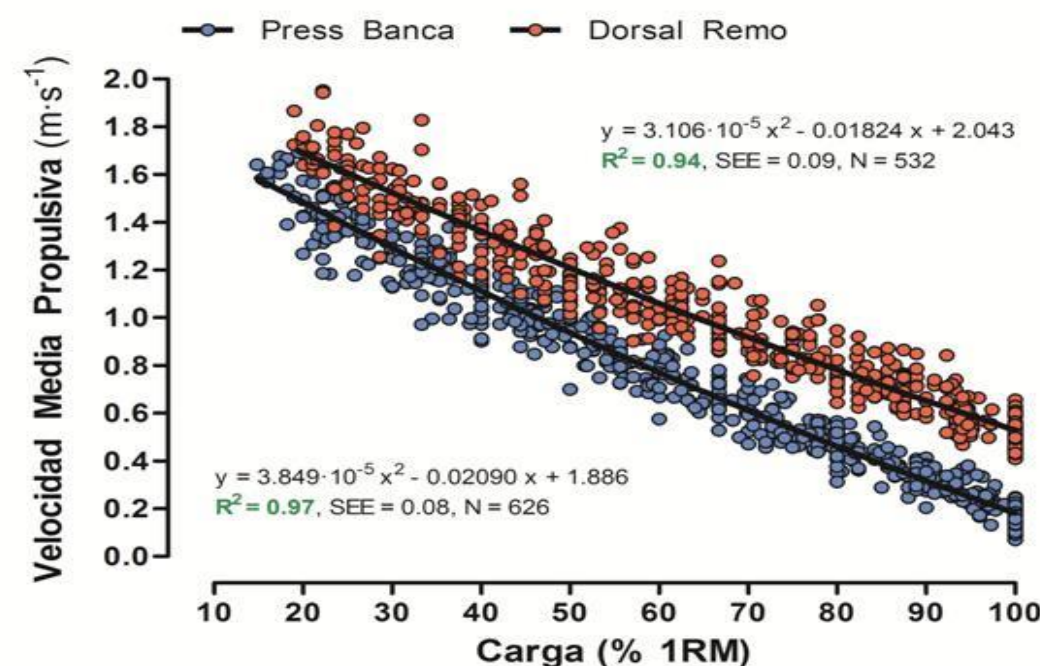
# Introducción

## MONITORIZACIÓN DE LA VELOCIDAD DE DESPLAZAMIENTO DE LAS CARGAS EN EL ENTRENAMIENTO DE FUERZA.

- Se fundamenta en la íntima relación que existe entre la velocidad a la que un individuo es capaz de desplazar una determinada carga y la intensidad relativa que le supone esa resistencia



Relación entre la carga relativa (% 1RM) y la velocidad media propulsiva (VMP). La línea continua muestra la curva de ajuste cuadrático, y las líneas discontinuas indican los límites dentro de los cuales estaría el 95% de las predicciones. Tomado de Sánchez-Medina (2010).



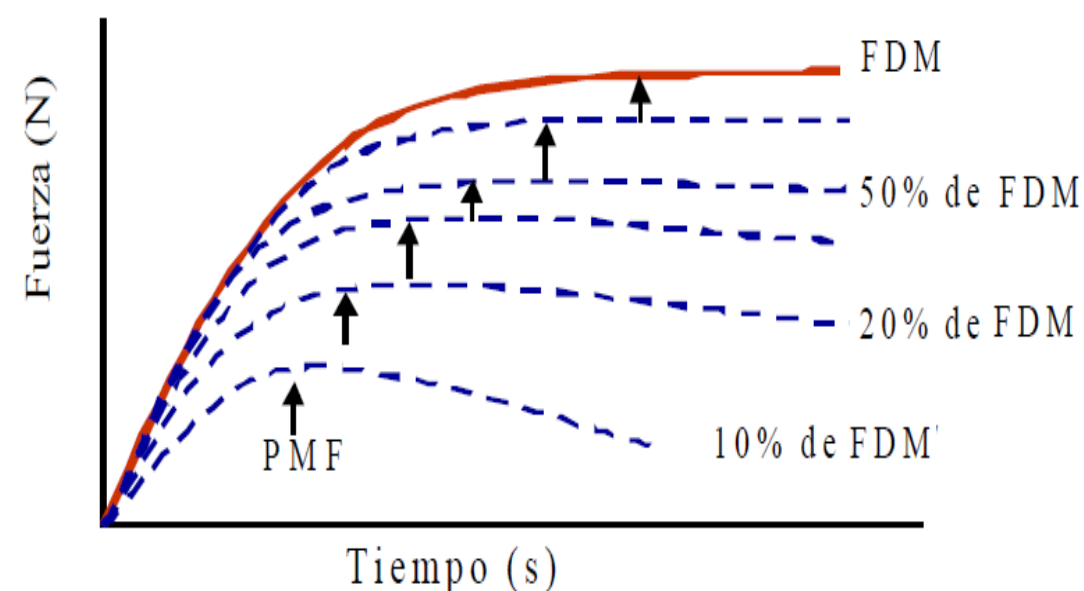
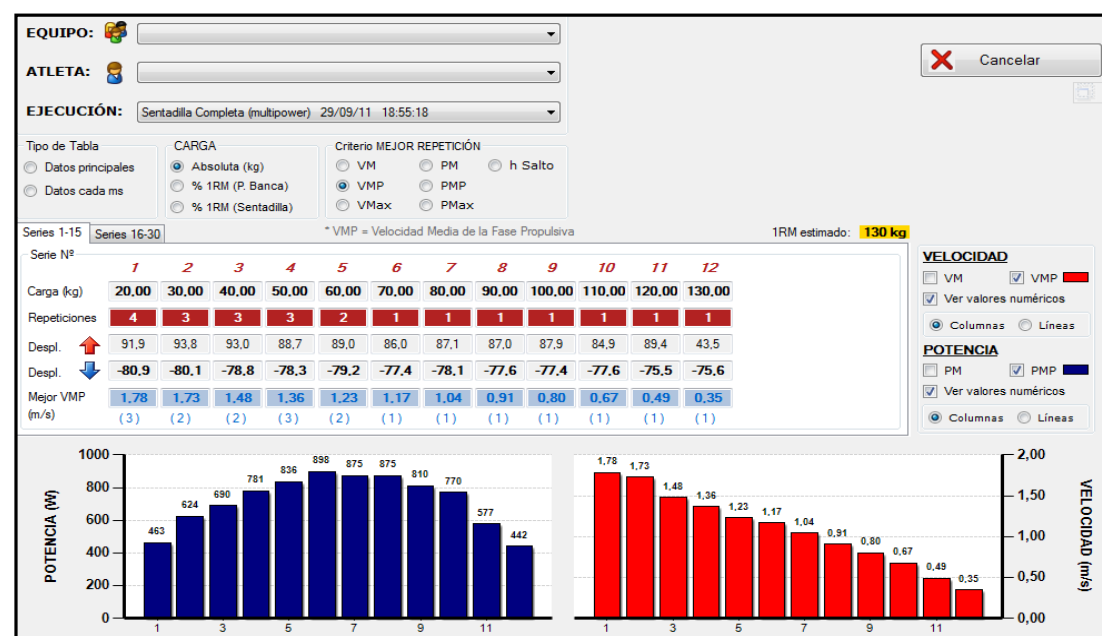
Ejemplo de la relación Carga (% 1RM) y Velocidad Media Propulsiva en los ejercicios de Press Banca (rojo) y Dorsal Remo (azul). Tomado de Sánchez-Medina et al. (2013).

- Las nuevas tecnologías y los recientes avances en investigación nos permiten valorar no solo la fuerza máxima, sino también la submáxima, de forma válida, reproducible, práctica, económica y segura, mediante la monitorización de la velocidad de desplazamiento de la carga (González-Badillo y Sánchez-Medina, 2010; Sánchez-Medina et al., 2014; Pallarés et al., 2014). (ICC > 0.955)

# Introducción

## MONITORIZACIÓN DE LA VELOCIDAD DE DESPLAZAMIENTO DE LAS CARGAS EN EL ENTRENAMIENTO DE FUERZA.

- Evaluar la Fuerza Útil
- Medir la evolución de la Fuerza Explosiva o RFD
- Evaluar la progresión del Déficit de Fuerza
- Estudiar la Curva Carga-Potencia en cada ejercicio, pudiendo localizar entre otras variables la carga (% 1RM) que maximiza la potencia mecánica (W)



# Introducción

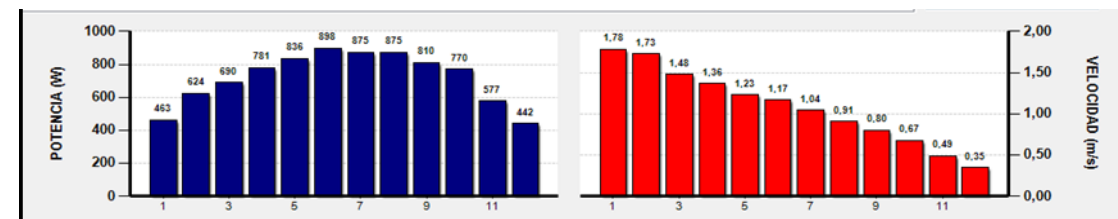
## MONITORIZACIÓN DE LA VELOCIDAD DE DESPLAZAMIENTO DE LAS CARGAS EN EL ENTRENAMIENTO DE FUERZA.

- La valoración de la fuerza mediante el registro de la velocidad de desplazamiento de la carga evita la mayoría de los inconvenientes o desventajas que presentan los test 1RM y nRM:
  - No exige al individuo desplazar cargas próximas a la máxima e incluso la máxima (Test 1RM), con el consiguiente descenso del riesgo de lesión.
  - No requiere detener el proceso de entrenamiento antes de los test para garantizar una absoluta recuperación (1-2 sesiones de entrenamiento precedentes con carga reducida o inexistente).
  - Minimiza la fatiga mecánica y metabólica asociada al protocolo del test 1RM, o al esfuerzo extenuante que requiere la serie de repeticiones hasta el fallo muscular del test nRM, con la consiguiente ventaja para la programación del entrenamiento inmediatamente posterior a la realización del test (6-48h).
  - Estos protocolos de valoración presentan valores notablemente mejores de reproducibilidad en la medida ( $CV \sim 2.9 \%$ ) (Pallarés et al., 2014).

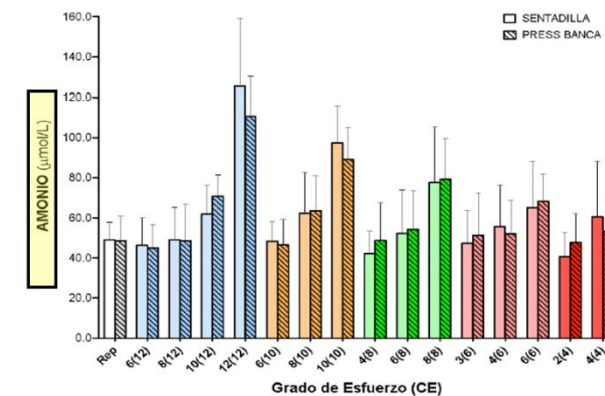
## VELOCIDAD DE DESPLAZAMIENTO COMO INDICADOR DEL CE.

Estando demostrado que:

- La velocidad de desplazamiento de la carga es un fiel indicador de la Intensidad que supone cada estímulo.



- Respetar un número importante de repeticiones, evitando el fallo muscular optimiza las adaptaciones.



Nos preguntamos si la velocidad de desplazamiento puede ser un indicador válido y preciso del CE que supone un estímulo en tiempo real.

# Objetivos e hipótesis

# Objetivos e Hipótesis

1. Determinar la reproducibilidad biológica inter e intra-sujeto del número de repeticiones hasta el fallo que se pueden realizar con las intensidades más habituales del entrenamiento de fuerza.

*A. Existe una alta reproducibilidad en el número de repeticiones hasta el fallo muscular que se puede completar con cada intensidad y ejercicio de entrenamiento de fuerza, aunque la variabilidad de la medida es sustancialmente mayor inter-sujeto.*

2. Determinar la validez y la reproducibilidad biológica inter e intra-sujeto de la pérdida de velocidad de desplazamiento de la carga durante una serie de repeticiones como indicador del carácter del esfuerzo.

*B. La pérdida de velocidad de desplazamiento de la carga durante una serie de repeticiones presenta elevados índices de validez y reproducibilidad inter e intra-sujeto para determinar el grado o carácter de esfuerzo que representa ese estímulo.*



# Metodología

# Metodología

## TIPO DE INVESTIGACIÓN

- Cuantitativo
- No experimental
- Descriptivo

## MUESTRA

15 varones jóvenes con experiencia en el entrenamiento de fuerza

- Poseer un valor de 1RM en el ejercicio de PB relativo a su masa corporal superior a 1.0.
- Estar familiarizado con los ejercicios de fuerza sometidos a estudio.
- No padecer ninguna enfermedad o limitación física que pueda afectar al estudio.
- No realizar otro tipo de entrenamiento de fuerza ni de ejercicio físico intenso las 48 horas previas a la toma de datos.

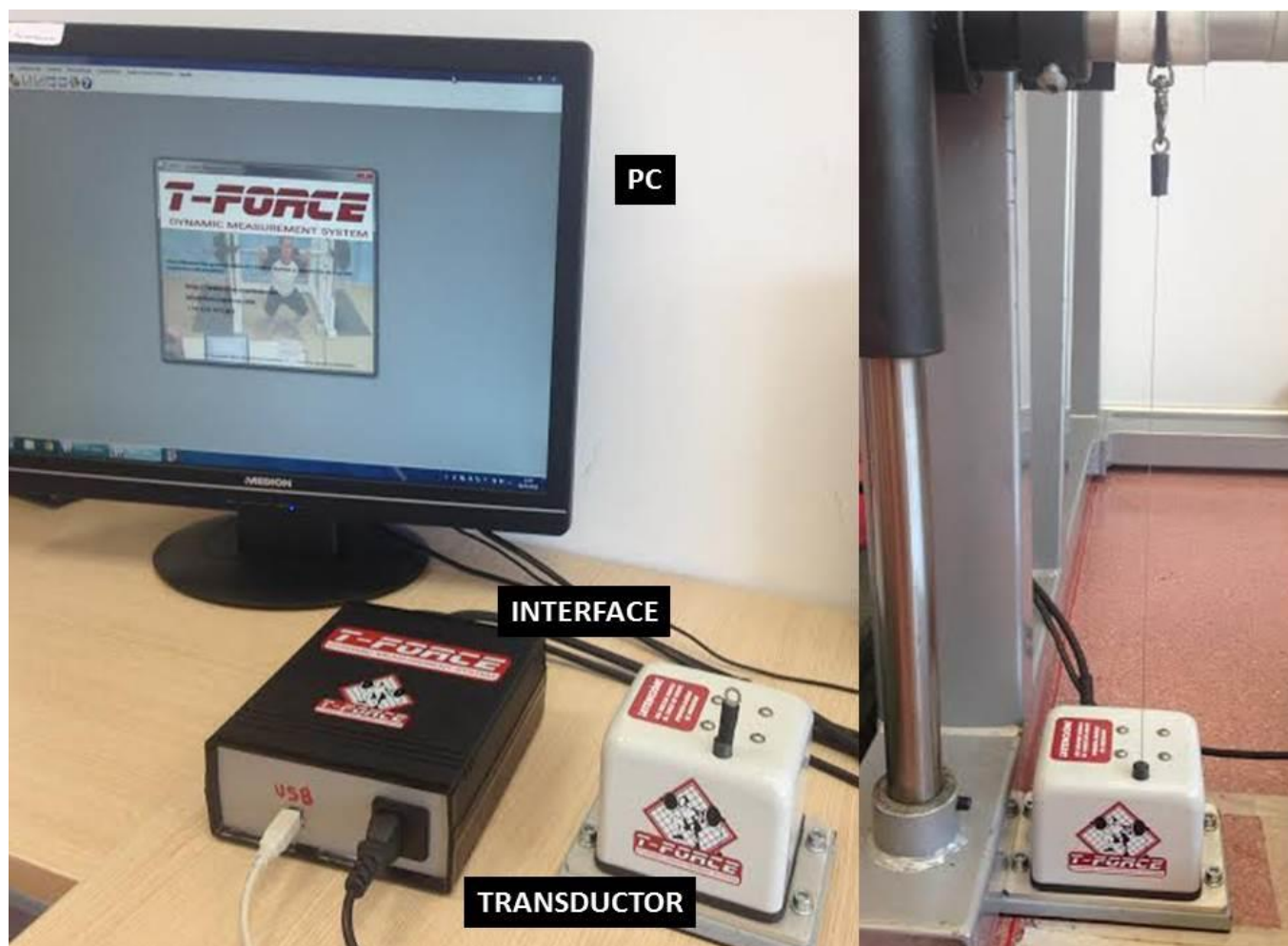
| Media<br>±<br>DE | Edad<br>(años) |       | Peso<br>(kg) |     | Talla<br>(m) |        | IMC<br>(kg/m <sup>2</sup> ) |       | Masa Grasa<br>(%) |       | MLG<br>(Kg) |       | Años de<br>Experiencia |       |
|------------------|----------------|-------|--------------|-----|--------------|--------|-----------------------------|-------|-------------------|-------|-------------|-------|------------------------|-------|
|                  | 23,3           | ± 3,9 | 76,2         | ± 9 | 1,76         | ± 0,06 | 24,6                        | ± 1,6 | 15,8              | ± 2,7 | 64,1        | ± 7,5 | 8,5                    | ± 5,9 |

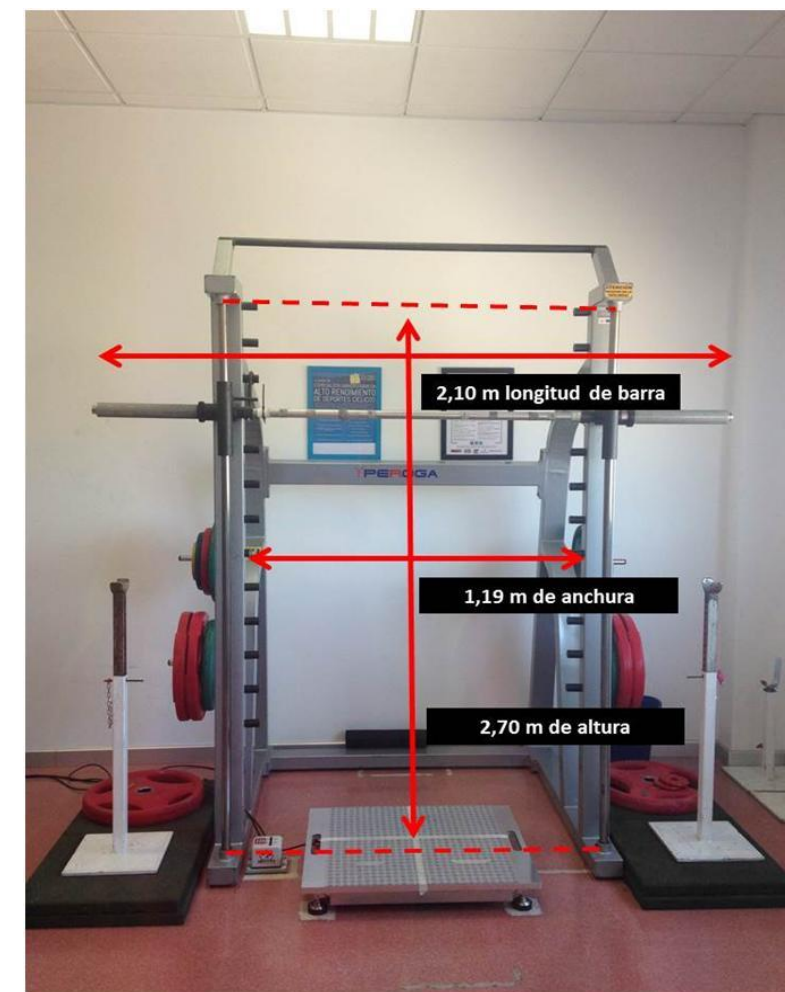
| Media<br>±<br>DE | 1RM PB<br>(kg) |        | 1RM<br>PB/MC |        | 1RM ST<br>(kg) |       | 1RM<br>ST/MC |        | 1RM DR<br>(kg) |        | 1RM<br>DR/MC |       | 1RM PH<br>(kg) |        | 1RM<br>PH/MC |        |
|------------------|----------------|--------|--------------|--------|----------------|-------|--------------|--------|----------------|--------|--------------|-------|----------------|--------|--------------|--------|
|                  | 96,3           | ± 17,9 | 1,26         | ± 0,15 | 89,8           | ± 8,3 | 1,19         | ± 0,13 | 85,5           | ± 11,2 | 1,12         | ± 0,1 | 70,3           | ± 10,3 | 0,92         | ± 0,10 |

## INSTRUMENTAL DE EVALUACIÓN

A. Transductor lineal de velocidad.



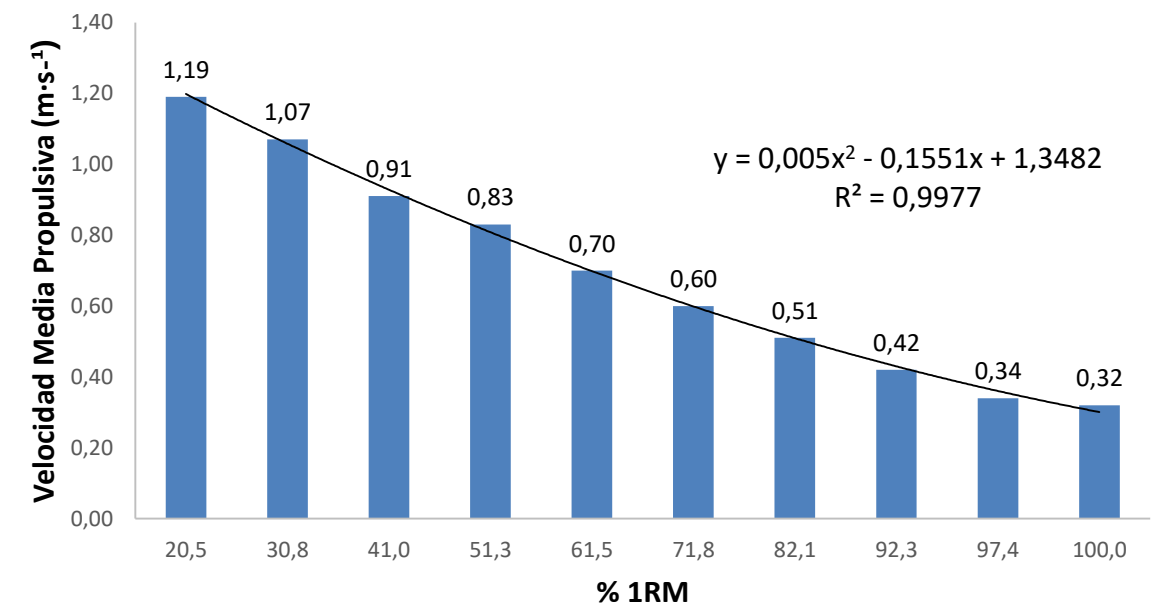
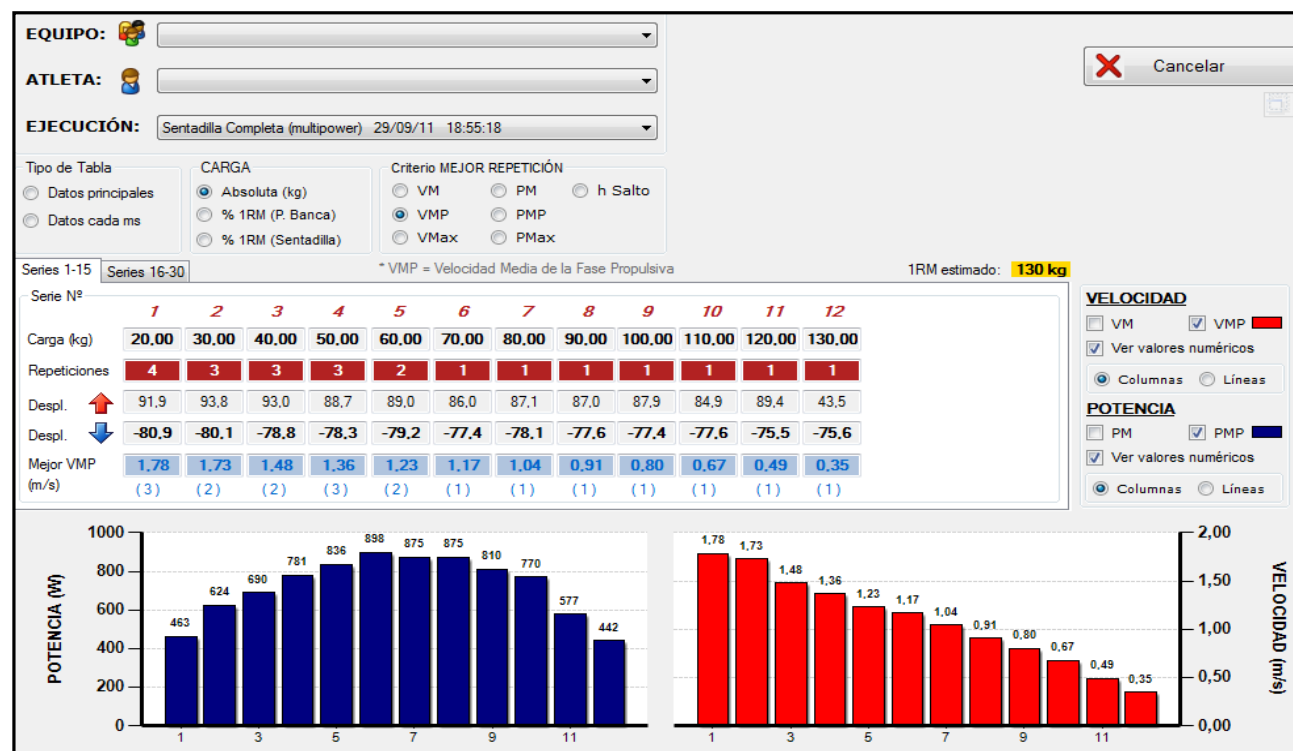
B. Máquina multipower.



## DISEÑO EXPERIMENTAL

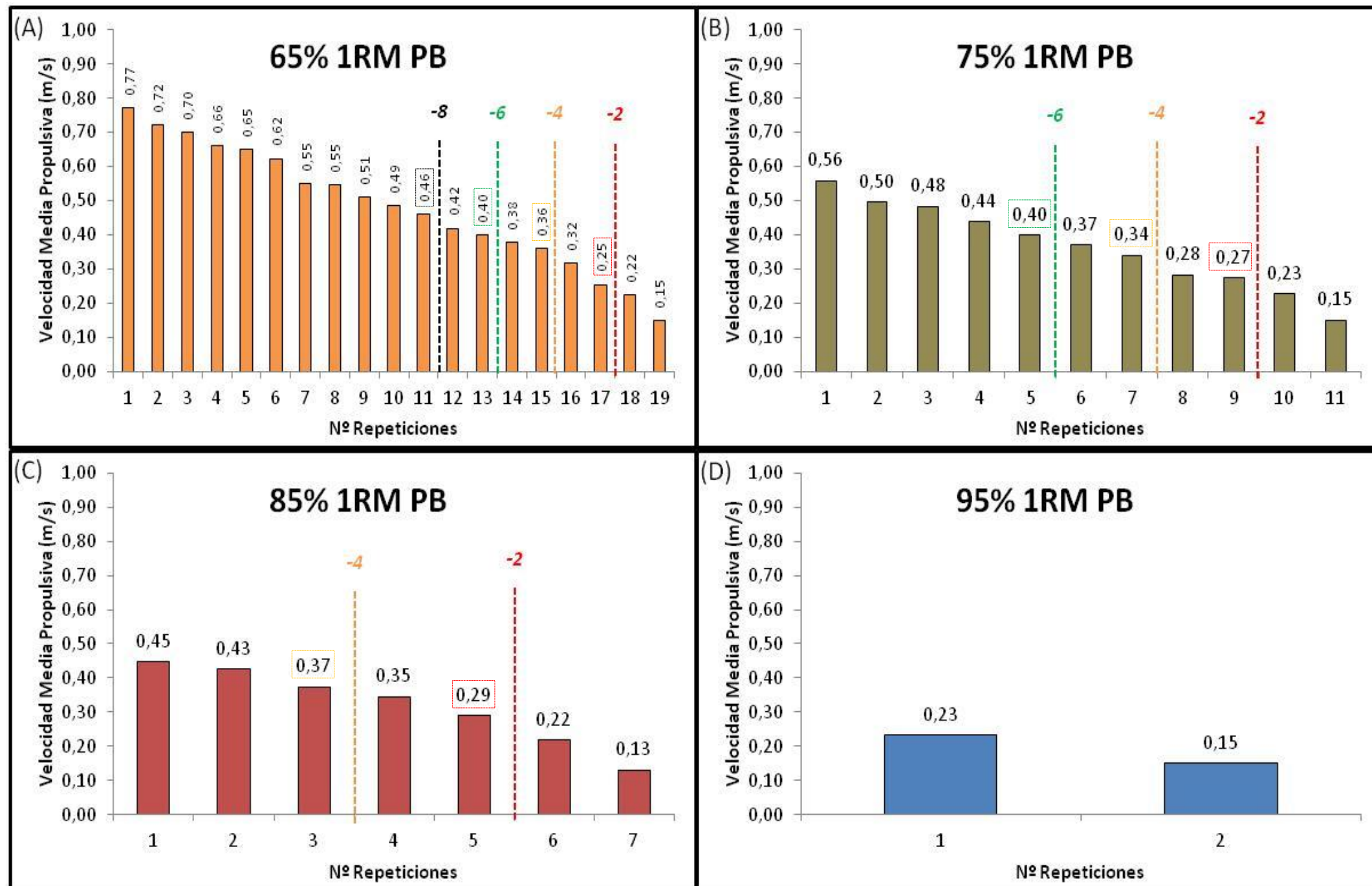
| Sujeto 1,2,3,4                     |                               |             |  |             |  |             |  |             |
|------------------------------------|-------------------------------|-------------|--|-------------|--|-------------|--|-------------|
| SESIONES<br>-1,-2,-3,-4 Y -5       | 0 <sub>1,2,3 y 4</sub> SESIÓN | 1º SESIÓN   |  | 2º SESIÓN   |  | 3º SESIÓN   |  | 4º SESIÓN   |
| FAMILIARIZACIÓN Y<br>ANTROPOMETRÍA | CURVA C-V BP                  | 65% 1RM PB  |  | 65% 1RM SP  |  | 65% 1RM SQ  |  | 65% 1RM PBP |
|                                    | CURVA C-V PBP                 | 75% 1RM PBP |  | 75% 1RM BP  |  | 75% 1RM SP  |  | 75% 1RM SQ  |
|                                    | CURVA C-V SQ                  | 85% 1RM SQ  |  | 85% 1RM PBP |  | 85% 1RM BP  |  | 85% 1RM SP  |
|                                    | CURVA C-V SP                  | 95% 1RM SP  |  | 95% 1RM SQ  |  | 95% 1RM PBP |  | 95% 1RM BP  |
| Sujeto 5,6,7,8                     |                               |             |  |             |  |             |  |             |
| SESIONES<br>-1,-2,-3,-4 Y -5       | 0 <sub>1,2,3 y 4</sub> SESIÓN | 1º SESIÓN   |  | 2º SESIÓN   |  | 3º SESIÓN   |  | 4º SESIÓN   |
| FAMILIARIZACIÓN Y<br>ANTROPOMETRÍA | CURVA C-V BP                  | 75% 1RM PB  |  | 75% 1RM SP  |  | 75% 1RM SQ  |  | 75% 1RM PBP |
|                                    | CURVA C-V PBP                 | 85% 1RM PBP |  | 85% 1RM BP  |  | 85% 1RM SP  |  | 85% 1RM SQ  |
|                                    | CURVA C-V SQ                  | 95% 1RM SQ  |  | 95% 1RM PBP |  | 95% 1RM BP  |  | 95% 1RM SP  |
|                                    | CURVA C-V SP                  | 65% 1RM SP  |  | 65% 1RM SQ  |  | 65% 1RM PBP |  | 65% 1RM BP  |
| Sujeto 9,10,11,12                  |                               |             |  |             |  |             |  |             |
| SESIONES<br>-1,-2,-3,-4 Y -5       | 0 <sub>1,2,3 y 4</sub> SESIÓN | 1º SESIÓN   |  | 2º SESIÓN   |  | 3º SESIÓN   |  | 4º SESIÓN   |
| FAMILIARIZACIÓN Y<br>ANTROPOMETRÍA | CURVA C-V BP                  | 85% 1RM PB  |  | 85% 1RM SP  |  | 85% 1RM SQ  |  | 85% 1RM PBP |
|                                    | CURVA C-V PBP                 | 95% 1RM PBP |  | 95% 1RM BP  |  | 95% 1RM SP  |  | 95% 1RM SQ  |
|                                    | CURVA C-V SQ                  | 65% 1RM SQ  |  | 65% 1RM PBP |  | 65% 1RM BP  |  | 65% 1RM SP  |
|                                    | CURVA C-V SP                  | 75% 1RM SP  |  | 75% 1RM SQ  |  | 75% 1RM PBP |  | 75% 1RM BP  |
| Sujeto 13,14,15                    |                               |             |  |             |  |             |  |             |
| SESIONES<br>-1,-2,-3,-4 Y -5       | 0 <sub>1,2,3 y 4</sub> SESIÓN | 1º SESIÓN   |  | 2º SESIÓN   |  | 3º SESIÓN   |  | 4º SESIÓN   |
| FAMILIARIZACIÓN Y<br>ANTROPOMETRÍA | CURVA C-V BP                  | 95% 1RM PB  |  | 95% 1RM SP  |  | 95% 1RM SQ  |  | 95% 1RM PBP |
|                                    | CURVA C-V PBP                 | 65% 1RM PBP |  | 65% 1RM BP  |  | 65% 1RM SP  |  | 65% 1RM SQ  |
|                                    | CURVA C-V SQ                  | 75% 1RM SQ  |  | 75% 1RM PBP |  | 75% 1RM BP  |  | 75% 1RM SP  |
|                                    | CURVA C-V SP                  | 85% 1RM SP  |  | 85% 1RM SQ  |  | 85% 1RM PBP |  | 85% 1RM BP  |

## PROTOCOLO CURVAS C-V



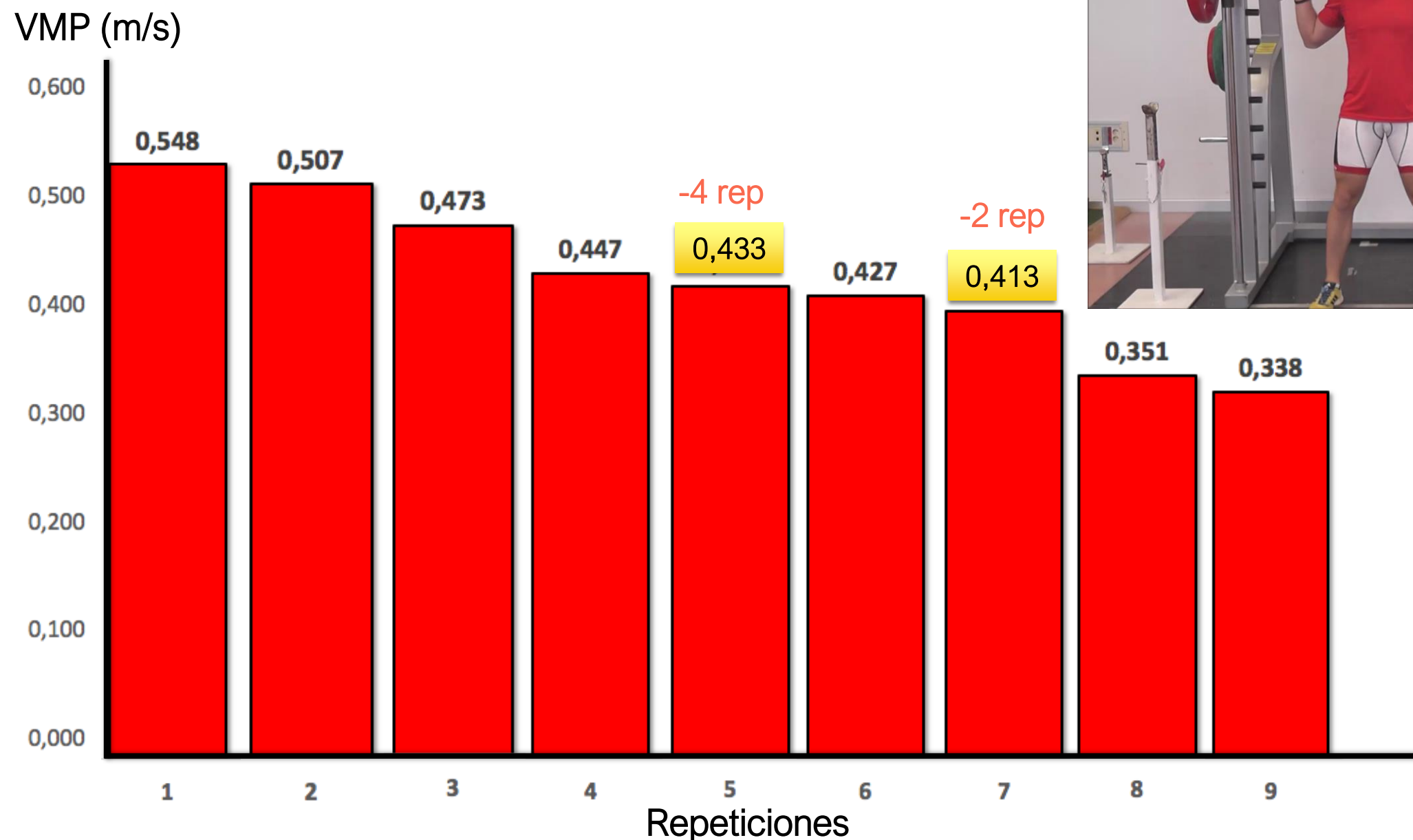
Ejemplo de una curva Carga-Velocidad correspondiente al ejercicio de Sentadilla.

## PROTOCOLO TEST DE REPETICIONES HASTA EL FALLO



Ejemplo de test de repeticiones hasta el fallo muscular y carácter del esfuerzo (-2, -4, -6 y -8 repeticiones) en el ejercicio de Press Banca ante las 4 intensidades sometidas a estudio: 65% 1RM (A), 75% 1RM (B), 85% 1RM (C) y 95% 1RM (D).

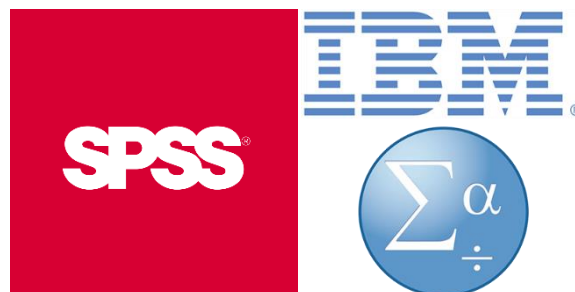
## PROTOCOLO TEST DE REPETICIONES HASTA EL FALLO



*Ejemplo de test de repeticiones hasta el fallo muscular en el ejercicio de Sentadilla Completa ante 85% 1RM.*

## ANÁLISIS ESTADÍSTICO

- Métodos estadísticos estándar para el cálculo de las medias, desviaciones estándar (DE), coeficientes de variación (CV) e intervalos de confianza al 95%.
- Una prueba ANOVA de dos vías de medidas repetidas para el estudio de las diferencias entre los resultados de repeticiones hasta el fallo completadas en los 4 ejercicios estudiados (PB, ST, DR y PH), para cada uno de las intensidades %1RM (65%, 75%, 85% y 95% 1RM)
- Una vez registrada una interacción F significativa, las diferencias entre medias se analizaron mediante el post-hoc de Bonferroni, ( $p \leq 0,05$ ).



# Resultados

# Resultados

Descriptivo del número de repeticiones hasta el fallo según intensidades y ejercicios.

| 65 %1RM         |                |                            |                              |                               |
|-----------------|----------------|----------------------------|------------------------------|-------------------------------|
|                 | PB             | ST                         | DR                           | PH                            |
| Media $\pm$ DE  | 18,3 $\pm$ 2,3 | 18,0 $\pm$ 3,1             | 20,1 $\pm$ 2,1 <sup>ab</sup> | 15,2 $\pm$ 1,8 <sup>abc</sup> |
| IC95%           | 1,2            | 1,6                        | 1,1                          | 0,9                           |
| CV Inter-sujeto | 12,7%          | 17,2%                      | 10,3%                        | 11,8%                         |
| CV Intra-sujeto | 4,9%           | 3,6%                       | 2,9%                         | 5,5%                          |
| 75 %1RM         |                |                            |                              |                               |
|                 | PB             | ST                         | DR                           | PH                            |
| Media $\pm$ DE  | 11,9 $\pm$ 1,1 | 11,8 $\pm$ 1,2             | 13,1 $\pm$ 1,7 <sup>ab</sup> | 10,6 $\pm$ 1,1 <sup>abc</sup> |
| IC95%           | 0,6            | 0,6                        | 0,9                          | 0,6                           |
| CV Inter-sujeto | 9,6%           | 9,9%                       | 13,4%                        | 10,9%                         |
| CV Intra-sujeto | 3,8%           | 8,9%                       | 6,7%                         | 4,7%                          |
| 85 %1RM         |                |                            |                              |                               |
|                 | PB             | ST                         | DR                           | PH                            |
| Media $\pm$ DE  | 6,9 $\pm$ 0,93 | 6,5 $\pm$ 1,5              | 6,5 $\pm$ 1,2                | 6,9 $\pm$ 0,8                 |
| IC95%           | 0,5            | 0,7                        | 0,6                          | 0,4                           |
| CV Inter-sujeto | 13,6%          | 22,6%                      | 18,4%                        | 11,8%                         |
| CV Intra-sujeto | 8,6%           | 5,2%                       | 9,4%                         | 8,3%                          |
| 95 %1RM         |                |                            |                              |                               |
|                 | PB             | ST                         | DR                           | PH                            |
| Media $\pm$ DE  | 2,6 $\pm$ 0,6  | 3,4 $\pm$ 1,2 <sup>a</sup> | 2,5 $\pm$ 1,1                | 2,8 $\pm$ 0,4                 |
| IC95%           | 0,30           | 0,59                       | 0,55                         | 0,18                          |
| CV Inter-sujeto | 23,1%          | 34,3%                      | 43,2%                        | 12,8%                         |
| CV Intra-sujeto | 14,8%          | 8,0%                       | 18,7%                        | 15,9%                         |

Velocidad media propulsiva asociada a los principales caracteres del esfuerzo según la intensidad de la carga (%1RM).

| PRESS BANCA                   |             |             |             |
|-------------------------------|-------------|-------------|-------------|
| VELOCIDAD MEDIA PROPULSIVA -2 |             |             |             |
|                               | 65% 1RM     | 75% 1RM     | 85% 1RM     |
| Media ± DE                    | 0,28 ± 0,03 | 0,26 ± 0,02 | 0,26 ± 0,03 |
| IC95%                         | 0,02        | 0,01        | 0,01        |
| CV Inter-sujeto               | 10,5%       | 8,8%        | 11,0%       |
| CV Intra-sujeto               | 9,4%        | 9,1%        | 6,1%        |

| VELOCIDAD MEDIA PROPULSIVA -4 |             |             |             |
|-------------------------------|-------------|-------------|-------------|
|                               | 65% 1RM     | 75% 1RM     | 85% 1RM     |
| Media ± DE                    | 0,36 ± 0,03 | 0,34 ± 0,03 | 0,35 ± 0,04 |
| IC95%                         | 0,02        | 0,02        | 0,02        |
| CV Inter-sujeto               | 9,0%        | 8,8%        | 10,8%       |
| CV Intra-sujeto               | 8,4%        | 5,0%        | 3,6%        |

| VELOCIDAD MEDIA PROPULSIVA -6 |             |             |
|-------------------------------|-------------|-------------|
|                               | 65% 1RM     | 75% 1RM     |
| Media ± DE                    | 0,43 ± 0,04 | 0,40 ± 0,03 |
| IC95%                         | 0,02        | 0,01        |
| CV Inter-sujeto               | 10,2%       | 6,8%        |
| CV Intra-sujeto               | 4,8%        | 4,8%        |

| VELOCIDAD MEDIA PROPULSIVA -8 |             |
|-------------------------------|-------------|
|                               | 65% 1RM     |
| Media ± DE                    | 0,48 ± 0,05 |
| IC95%                         | 0,02        |
| CV Inter-sujeto               | 10,3%       |
| CV Intra-sujeto               | 4,2%        |

| SENTADILLA COMPLETA           |             |             |             |
|-------------------------------|-------------|-------------|-------------|
| VELOCIDAD MEDIA PROPULSIVA -2 |             |             |             |
|                               | 65% 1RM     | 75% 1RM     | 85% 1RM     |
| Media ± DE                    | 0,41 ± 0,03 | 0,39 ± 0,04 | 0,39 ± 0,03 |
| IC95%                         | 0,02        | 0,02        | 0,01        |
| CV Inter-sujeto               | 8,5%        | 9,9%        | 7,3%        |
| CV Intra-sujeto               | 3,4%        | 6,2%        | 7,2%        |

| VELOCIDAD MEDIA PROPULSIVA -4 |             |             |             |
|-------------------------------|-------------|-------------|-------------|
|                               | 65% 1RM     | 75% 1RM     | 85% 1RM     |
| Media ± DE                    | 0,46 ± 0,05 | 0,44 ± 0,02 | 0,46 ± 0,02 |
| IC95%                         | 0,03        | 0,01        | 0,01        |
| CV Inter-sujeto               | 11,6%       | 4,6%        | 4,9%        |
| CV Intra-sujeto               | 5,7%        | 5,7%        | 7,9%        |

| VELOCIDAD MEDIA PROPULSIVA -6 |             |             |
|-------------------------------|-------------|-------------|
|                               | 65% 1RM     | 75% 1RM     |
| Media ± DE                    | 0,49 ± 0,04 | 0,49 ± 0,03 |
| IC95%                         | 0,02        | 0,02        |
| CV Inter-sujeto               | 8,6%        | 6,7%        |
| CV Intra-sujeto               | 5,5%        | 5,9%        |

| VELOCIDAD MEDIA PROPULSIVA -8 |             |
|-------------------------------|-------------|
|                               | 65% 1RM     |
| Media ± DE                    | 0,53 ± 0,05 |
| IC95%                         | 0,02        |
| CV Inter-sujeto               | 9,0%        |
| CV Intra-sujeto               | 3,3%        |

Velocidad media propulsiva asociada a los principales caracteres del esfuerzo según la intensidad de la carga (%1RM).

| DORSAL REMO                   |                 |                 |                 |
|-------------------------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| VELOCIDAD MEDIA PROPULSIVA -2 |                 |                 |                 |
|                               | 65% 1RM         | 75% 1RM         | 85% 1RM         |
| Media $\pm$ DE                | 0,54 $\pm$ 0,07 | 0,53 $\pm$ 0,04 | 0,53 $\pm$ 0,05 |
| IC95%                         | 0,04            | 0,02            | 0,02            |
| CV Inter-sujeto               | 12,8%           | 7,4%            | 9,0%            |
| CV Intra-sujeto               | 6,0%            | 4,9%            | 4,4%            |

| VELOCIDAD MEDIA PROPULSIVA -4 |                 |                 |                 |
|-------------------------------|-----------------|-----------------|-----------------|
|                               | 65% 1RM         | 75% 1RM         | 85% 1RM         |
| Media $\pm$ DE                | 0,60 $\pm$ 0,06 | 0,59 $\pm$ 0,40 | 0,60 $\pm$ 0,05 |
| IC95%                         | 0,03            | 0,02            | 0,02            |
| CV Inter-sujeto               | 9,2%            | 6,6%            | 8,2%            |
| CV Intra-sujeto               | 5,2%            | 3,2%            | 5,2%            |

| VELOCIDAD MEDIA PROPULSIVA -6 |                 |                 |
|-------------------------------|-----------------|-----------------|
|                               | 65% 1RM         | 75% 1RM         |
| Media $\pm$ DE                | 0,65 $\pm$ 0,06 | 0,65 $\pm$ 0,04 |
| IC95%                         | 0,03            | 0,02            |
| CV Inter-sujeto               | 9,6%            | 6,3%            |
| CV Intra-sujeto               | 4,4%            | 2,1%            |

| VELOCIDAD MEDIA PROPULSIVA -8 |                 |
|-------------------------------|-----------------|
|                               | 65% 1RM         |
| Media $\pm$ DE                | 0,71 $\pm$ 0,07 |
| IC95%                         | 0,03            |
| CV Inter-sujeto               | 9,2%            |
| CV Intra-sujeto               | 3,9%            |

| PRESS HOMBRO                  |                 |                 |                  |
|-------------------------------|-----------------|-----------------|------------------|
| VELOCIDAD MEDIA PROPULSIVA -2 |                 |                 |                  |
|                               | 65% 1RM         | 75% 1RM         | 85% 1RM          |
| Media $\pm$ DE                | 0,33 $\pm$ 0,04 | 0,32 $\pm$ 0,06 | 0,29 $\pm$ 0,04* |
| IC95%                         | 0,02            | 0,03            | 0,02             |
| CV Inter-sujeto               | 13,2%           | 10,5%           | 14,9%            |
| CV Intra-sujeto               | 9,4%            | 5,1%            | 5,2%             |

| VELOCIDAD MEDIA PROPULSIVA -4 |                 |                              |                  |
|-------------------------------|-----------------|------------------------------|------------------|
|                               | 65% 1RM         | 75% 1RM                      | 85% 1RM          |
| Media $\pm$ DE                | 0,43 $\pm$ 0,04 | 0,40 $\pm$ 0,04 <sup>B</sup> | 0,39 $\pm$ 0,04* |
| IC95%                         | 0,02            | 0,02                         | 0,02             |
| CV Inter-sujeto               | 9,5%            | 10,9%                        | 9,5%             |
| CV Intra-sujeto               | 5,9%            | 5,6%                         | 5,2%             |

| VELOCIDAD MEDIA PROPULSIVA -6 |                 |                 |
|-------------------------------|-----------------|-----------------|
|                               | 65% 1RM         | 75% 1RM         |
| Media $\pm$ DE                | 0,50 $\pm$ 0,04 | 0,48 $\pm$ 0,04 |
| IC95%                         | 0,02            | 0,02            |
| CV Inter-sujeto               | 7,0%            | 8,4%            |
| CV Intra-sujeto               | 6,4%            | 5,8%            |

| VELOCIDAD MEDIA PROPULSIVA -8 |                 |
|-------------------------------|-----------------|
|                               | 65% 1RM         |
| Media $\pm$ DE                | 0,56 $\pm$ 0,04 |
| IC95%                         | 0,02            |
| CV Inter-sujeto               | 7,8%            |
| CV Intra-sujeto               | 4,5%            |

# Discusión

## ¿ES EL MÉTODO nRM VÁLIDO Y REPRODUCIBLE?

- El N° de repeticiones que se pueden completar hasta el fallo muscular en los ejercicios estudiados es muy variable entre los diferentes sujetos, aunque esta medida es algo más estable para un mismo individuo.
- Además, los datos nos indican que la medida es sustancialmente más reproducible ante cargas bajas y medias (65%-75% 1RM), en comparación con las altas (95% 1RM).
- Las notables diferencias en el número de repeticiones hasta el fallo que se han reportado en esta investigación para cada %1RM y ejercicio constatan la escasa validez de las ecuaciones publicadas para predecir la intensidad de ejercicio y el valor de 1RM simplemente midiendo el valor de nRM (*Brzycki, 1993; Wood et al., 2002*).

|                 | 65 %1RM    |            |                          |                           |
|-----------------|------------|------------|--------------------------|---------------------------|
|                 | PB         | ST         | DR                       | PH                        |
| Media ± DE      | 18,3 ± 2,3 | 18,0 ± 3,1 | 20,1 ± 2,1 <sup>ab</sup> | 15,2 ± 1,8 <sup>abc</sup> |
| IC95%           | 1,2        | 1,6        | 1,1                      | 0,9                       |
| CV Inter-sujeto | 12,7%      | 17,2%      | 10,3%                    | 11,8%                     |
| CV Intra-sujeto | 4,9%       | 3,6%       | 2,9%                     | 5,5%                      |

|                 | 75 %1RM    |            |                          |                           |
|-----------------|------------|------------|--------------------------|---------------------------|
|                 | PB         | ST         | DR                       | PH                        |
| Media ± DE      | 11,9 ± 1,1 | 11,8 ± 1,2 | 13,1 ± 1,7 <sup>ab</sup> | 10,6 ± 1,1 <sup>abc</sup> |
| IC95%           | 0,6        | 0,6        | 0,9                      | 0,6                       |
| CV Inter-sujeto | 9,6%       | 9,9%       | 13,4%                    | 10,9%                     |
| CV Intra-sujeto | 3,8%       | 8,9%       | 6,7%                     | 4,7%                      |

|                 | 85 %1RM    |           |           |           |
|-----------------|------------|-----------|-----------|-----------|
|                 | PB         | ST        | DR        | PH        |
| Media ± DE      | 6,9 ± 0,93 | 6,5 ± 1,5 | 6,5 ± 1,2 | 6,9 ± 0,8 |
| IC95%           | 0,5        | 0,7       | 0,6       | 0,4       |
| CV Inter-sujeto | 13,6%      | 22,6%     | 18,4%     | 11,8%     |
| CV Intra-sujeto | 8,6%       | 5,2%      | 9,4%      | 8,3%      |

|                 | 95 %1RM   |                        |           |           |
|-----------------|-----------|------------------------|-----------|-----------|
|                 | PB        | ST                     | DR        | PH        |
| Media ± DE      | 2,6 ± 0,6 | 3,4 ± 1,2 <sup>a</sup> | 2,5 ± 1,1 | 2,8 ± 0,4 |
| IC95%           | 0,30      | 0,59                   | 0,55      | 0,18      |
| CV Inter-sujeto | 23,1%     | 34,3%                  | 43,2%     | 12,8%     |
| CV Intra-sujeto | 14,8%     | 8,0%                   | 18,7%     | 15,9%     |

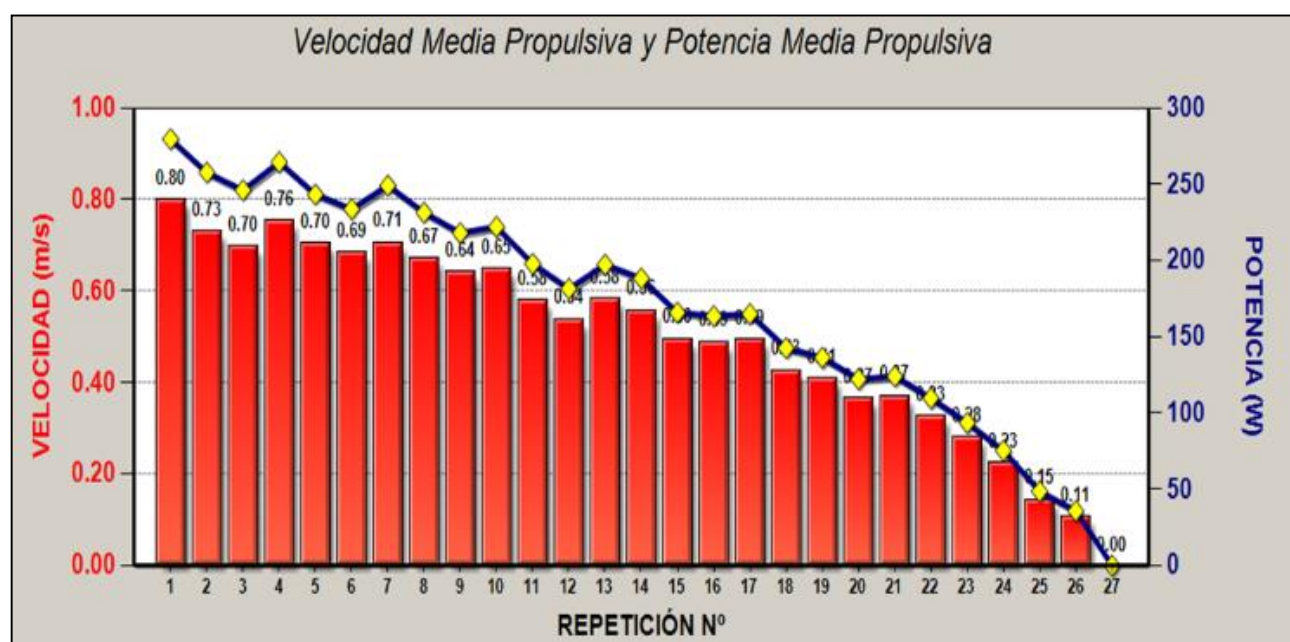
# Discusión

## ¿ES LA VELOCIDAD DE DESPLAZAMIENTO DE LAS CRAGAS UN MÉTODO VÁLIDO PARA IDENTIFICAR EL CE?

Aunque estudios recientes han demostrado que evitar alcanzar la repetición de fallo, es decir, emplear un carácter del esfuerzo submáximo, va a optimizar las adaptaciones fisiológicas y neuromusculares de los deportistas (*García-Pallarés et al., 2009 y 2010; Izquierdo-Gabarren et al., 2010; Pallarés et al., 2012; Sánchez-Medina et al., 2011*), hasta la fecha este sistema de entrenamiento únicamente se ha podido aplicar mediante la percepción subjetiva del esfuerzo.



Numerosas variables como la concentración del atleta, el tipo de ejercicio, la cantidad de masa muscular implicada y especialmente la experiencia en el entrenamiento de fuerza o su capacidad volitiva, pueden afectar a la validez y reproducibilidad de esta medida.



La pendiente de pérdida de velocidad dentro de la serie de repeticiones, aunque distinta para cada ejercicio, es muy estable entre los diferentes sujetos, y especialmente para un mismo individuo



**La monitorización de la velocidad de desplazamiento de la carga es válida para determinar el CE.**

# Discusión

## ES LA VELOCIDAD DE DESPLAZAMIENTO DE LAS CARGAS UN MÉTODO REPRODUCIBLE PARA IDENTIFICAR EL CE?

Los valores de coeficiente de variación encontrados en esta investigación para la velocidad de parada en los diferentes caracteres del esfuerzo inter-sujeto ( $CV = 4,6 \% - 14,9\%$ ) y especialmente intra-sujeto ( $CV = 2,1 \% - 9,4\%$ ) son notablemente bajos, confirmando que se trata de una medida consistente y robusta.

Estos valores de reproducibilidad son similares a los encontrados en los estudios de Stock et al. (2011) y Pallarés et al. (2014) cuando se describió la curva Carga-Velocidad de los ejercicios de PB y ST.



A pesar de estos importantes hallazgos, cabe destacar que cada ejercicio tiene una biomecánica muy diferente, y que estas particularidades propician diferencias importantes en los valores de velocidad a los que se alcanzan los principales caracteres del esfuerzo (-2, -4, -6 y -8 repeticiones).

# Discusión

La velocidad de parada asociada a un carácter del esfuerzo concreto es independiente al % 1RM que se desplaza.

Estos datos, junto con los del intervalo de confianza al 95% hallados para cada ejercicio, intensidad y grado de esfuerzo, permiten simplificar notablemente el uso de este método para el control de las adaptaciones al entrenamiento de fuerza y su fatiga asociada, identificando una única velocidad o un pequeño rango de velocidades para cada CE y ejercicio.

| Carácter del Esfuerzo | Press Banca | Sentadilla Completa | Dorsal Remo | Press Hombro |
|-----------------------|-------------|---------------------|-------------|--------------|
| -2 rep                | 0,26 - 0,28 | 0,39 - 0,41         | 0,53 - 0,54 | 0,29 - 0,33  |
| -4 rep                | 0,34 - 0,34 | 0,44 - 0,46         | 0,59 - 0,60 | 0,39 - 0,43  |
| -6 rep                | 0,40 - 0,43 | 0,48 - 0,50         | 0,64 - 0,65 | 0,48 - 0,50  |
| -8 rep                | 0,46 - 0,48 | 0,53 - 0,54         | 0,70 - 0,72 | 0,55 - 0,56  |

Los resultados de este estudio vienen a completar el paradigma y las aplicaciones prácticas que tiene monitorizar la velocidad de desplazamiento de las cargas durante el entrenamiento de fuerza:

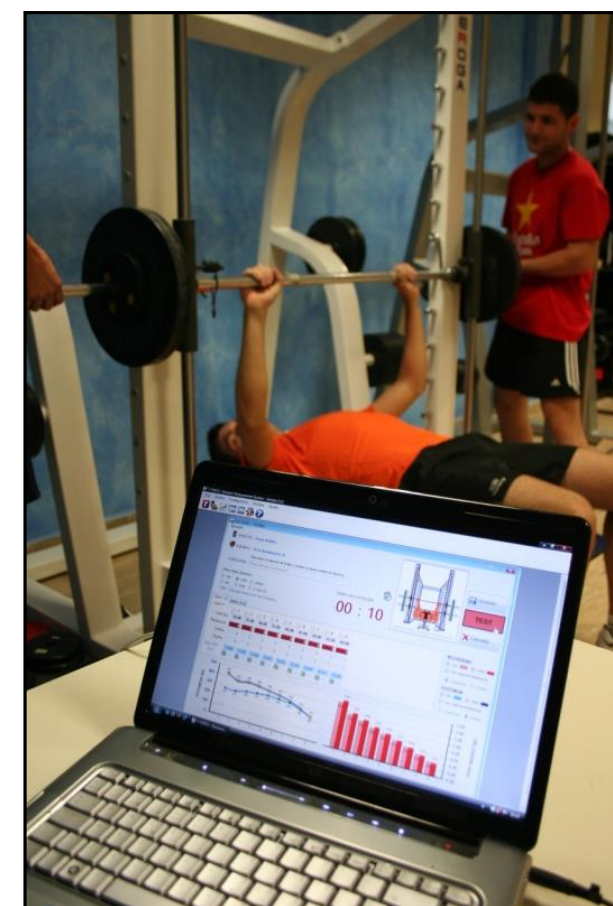
- Evitar que se alcance la repetición de fallo muscular se ha mostrado como una estrategia efectiva para potenciar las adaptaciones neuromusculares en los deportistas, al tiempo que se minimizan los tiempos de recuperación entre sesiones de entrenamiento (García-Pallarés et al., 2009 y 2010; Izquierdo-Gabarren et al., 2010; Pallarés et al., 2012; Sánchez-Medina et al., 2011).
- La velocidad alcanzada con una carga en valor absoluto (kg) puede ser empleada como una muy buena estimación de la magnitud que representa dicha carga (%1RM).
- **Monitorizar la pérdida de velocidad durante la serie de entrenamiento es un método válido y reproducible para determinar el CE, mejorando sustancialmente los métodos empleados hasta la fecha.**

# Conclusiones

# Conclusión

**Hipótesis 1<sup>a</sup>:** *“Existe una alta reproducibilidad intra-sujeto respecto al número de repeticiones hasta el fallo muscular que se puede completar con cada intensidad y ejercicio de entrenamiento de fuerza, aunque la variabilidad de la medida es sustancialmente mayor inter-sujeto”*

Los resultados de esta investigación nos obligan a refutar esta hipótesis puesto que ha quedado constatado que existen notables diferencias en el número de repeticiones que se pueden completar hasta el fallo muscular en función de las características biomecánicas del ejercicio (PB, ST, DR, PH) o la intensidad ante la que se ejecutan (65%-95% 1RM), además de ser una medida con moderados niveles de reproducibilidad intra-sujeto.



# Conclusión

**Hipótesis 2ª:** *“La pérdida de velocidad de desplazamiento de la carga durante una serie de repeticiones presenta elevados índices de validez y reproducibilidad inter e intra-sujeto para determinar el grado o carácter de esfuerzo en las intensidades más habituales del entrenamiento de fuerza de los ejercicios isoinerciales fundamentales”*

Monitorizar la pérdida de velocidad de desplazamiento de la carga durante una serie de entrenamiento de fuerza es un indicador válido y reproducible del grado de esfuerzo que representa ese estímulo,

Surge por tanto una herramienta práctica, segura y accesible que permite detener con precisión la serie de repeticiones en el momento apropiado según los objetivos neuromusculares marcados y la fatiga propuesta para esa sesión.

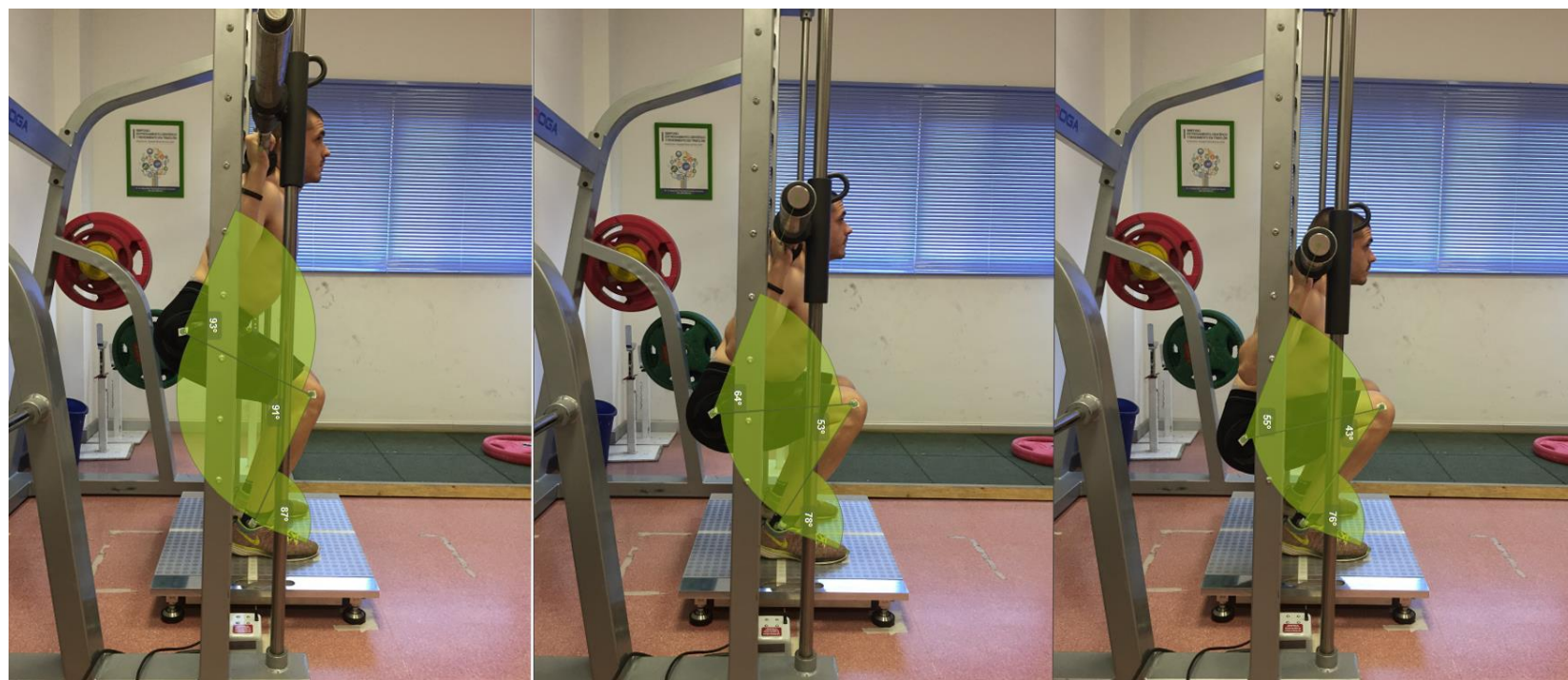
Este nuevo sistema del control del carácter del esfuerzo mejora notablemente las debilidades y desventajas que presentaba la percepción subjetiva del esfuerzo para prescribir el carácter del esfuerzo, confirmándose de esta forma la segunda hipótesis del estudio.



# Líneas de investigación futuras

# Líneas de investigación futuras

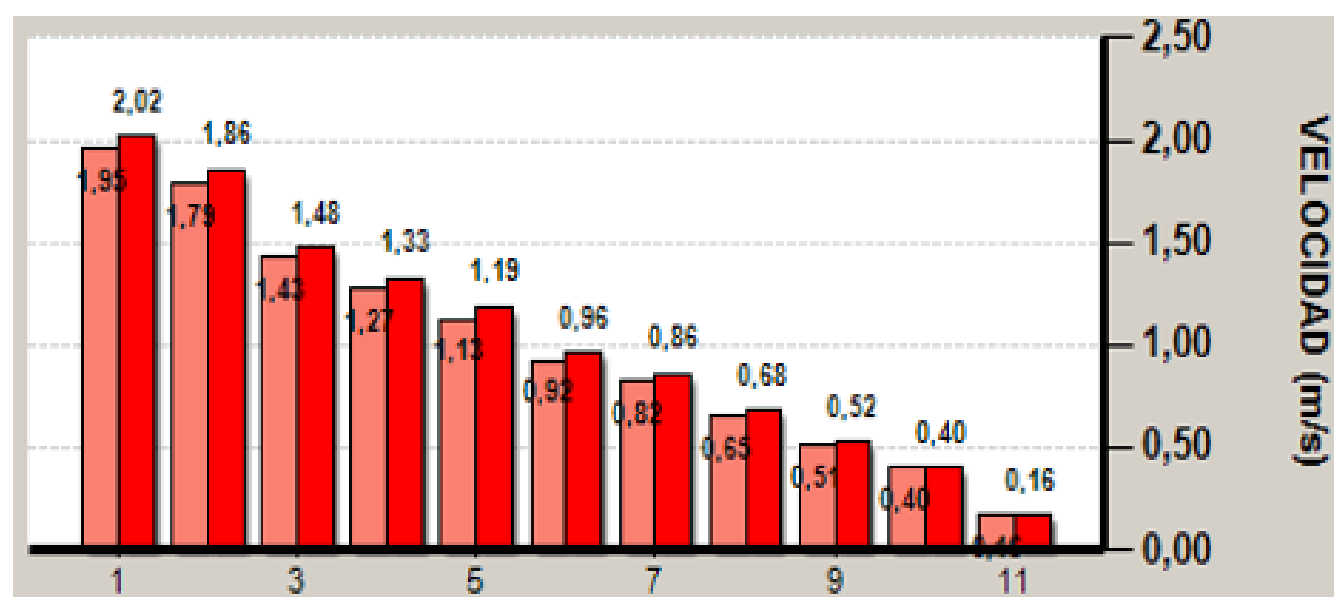
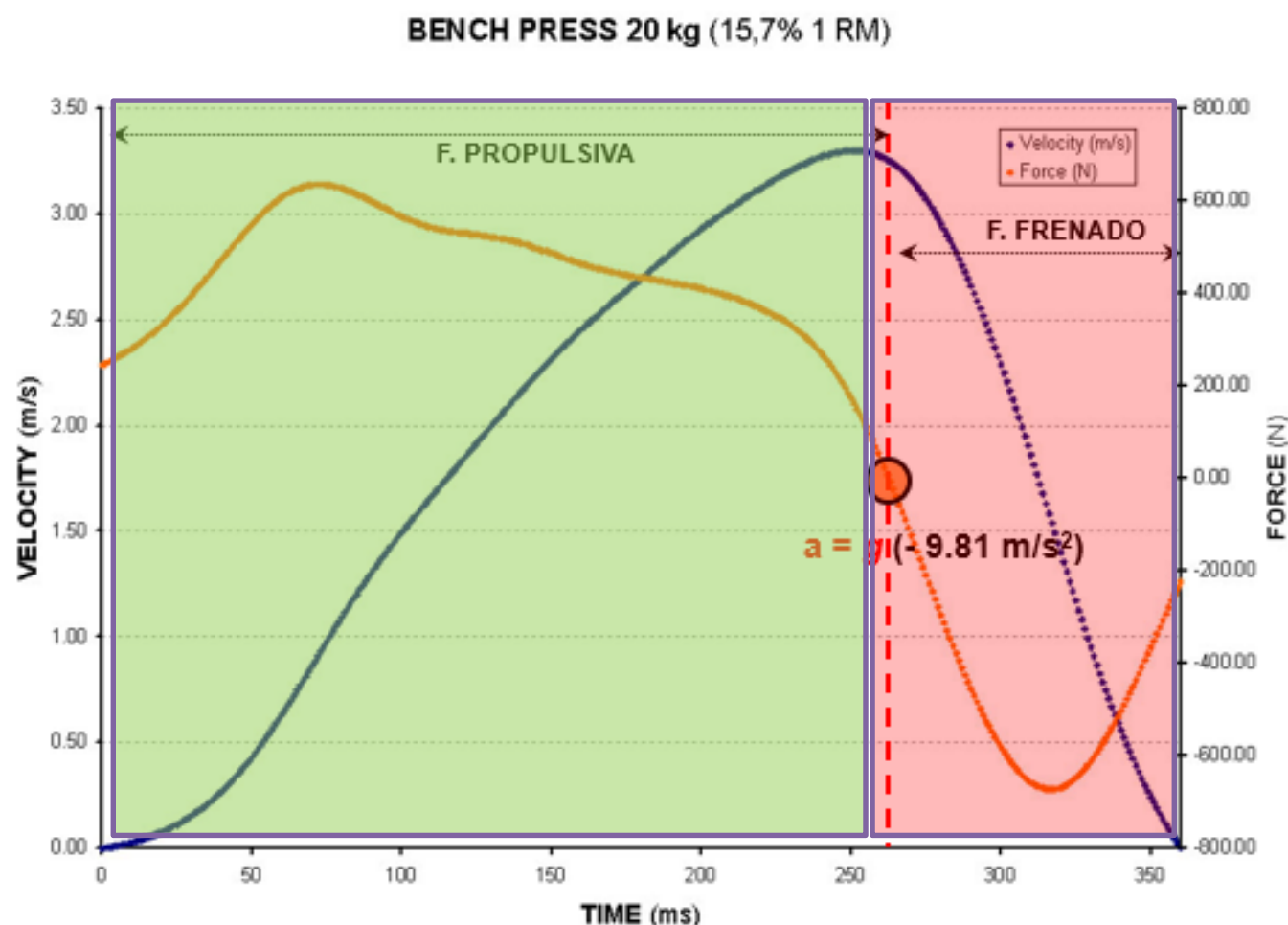
- Llevar a cabo otros estudios, ya de tipo experimental, donde se analicen las adaptaciones neuromusculares, morfológicas y fisiológicas que pueden inducir los diferentes caracteres del esfuerzo tras ciclos completos de entrenamiento de fuerza (8-12 semanas).
- Diseñar nuevas ecuaciones de predicción del valor 1RM mediante test nRM que mejore los resultados de validez y reproducibilidad de los algoritmos vigentes



# Velocidad Media Propulsiva

4º Podemos distinguir aquella porción de la fase concéntrica de cada repetición en la que el deportista está **involuntariamente** frenando la barra, es decir, podemos diferenciar la **Fase Propulsiva** de la **Fase de Frenado**.

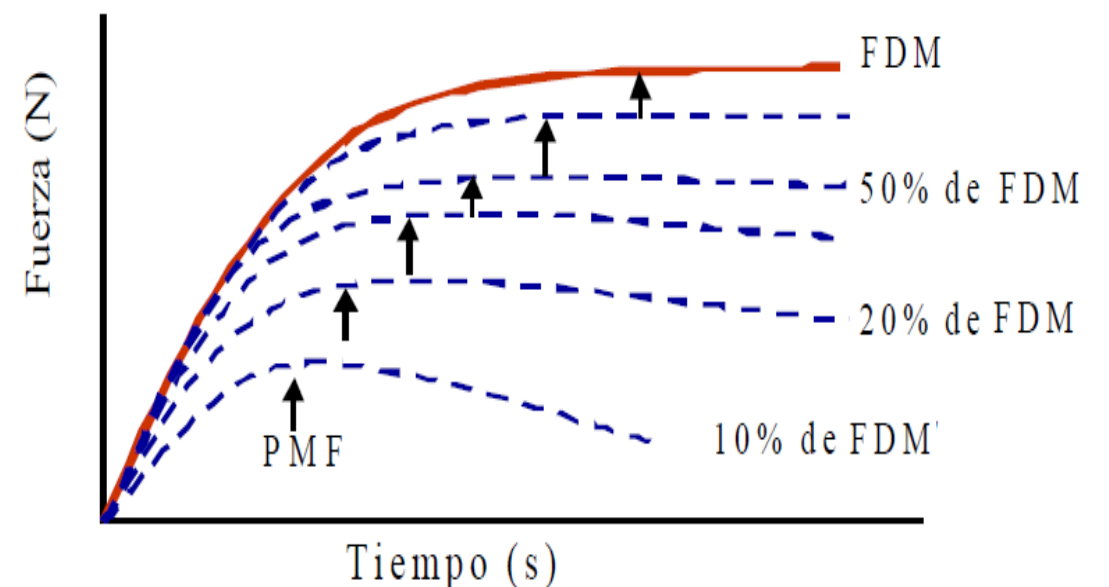
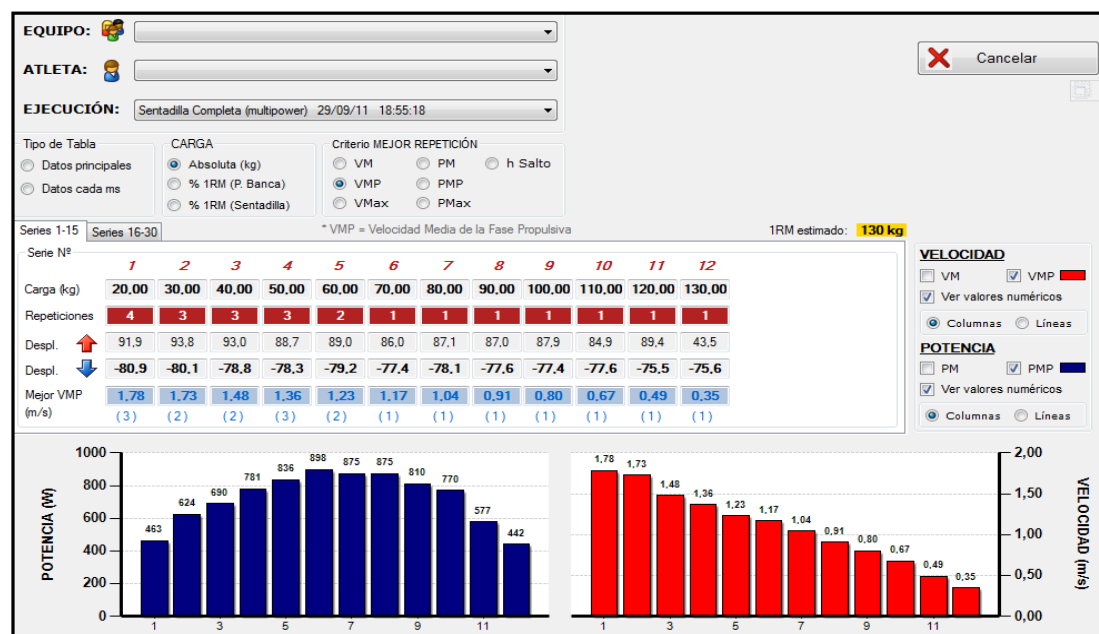
- Esta fase de frenado depende de la **magnitud relativa de la carga** a desplazar. Cuanto menor es la carga y mayor la velocidad del desplazamiento, mayor es la fase de frenado, y cuando la carga es suficientemente alta y la velocidad baja, desaparece dicha fase de frenado.
- Permite identificar el valor real de la capacidad de generar tensión de un individuo.
- Diferenciar niveles de rendimiento.
- **Entrenable**



# Monitorización de la velocidad de desplazamiento

## MONITORIZACIÓN DE LA VELOCIDAD DE DESPLAZAMIENTO DE LAS CARGAS EN EL ENTRENAMIENTO DE FUERZA.

- Evaluar la Fuerza Útil
- Medir la evolución de la Fuerza Explosiva o RFD
- Evaluar la progresión del Déficit de Fuerza
- Estudiar la Curva Carga-Potencia en cada ejercicio, pudiendo localizar entre otras variables la carga (% 1RM) que maximiza la potencia mecánica (W)



# GRACIAS POR SU ATENCIÓN