

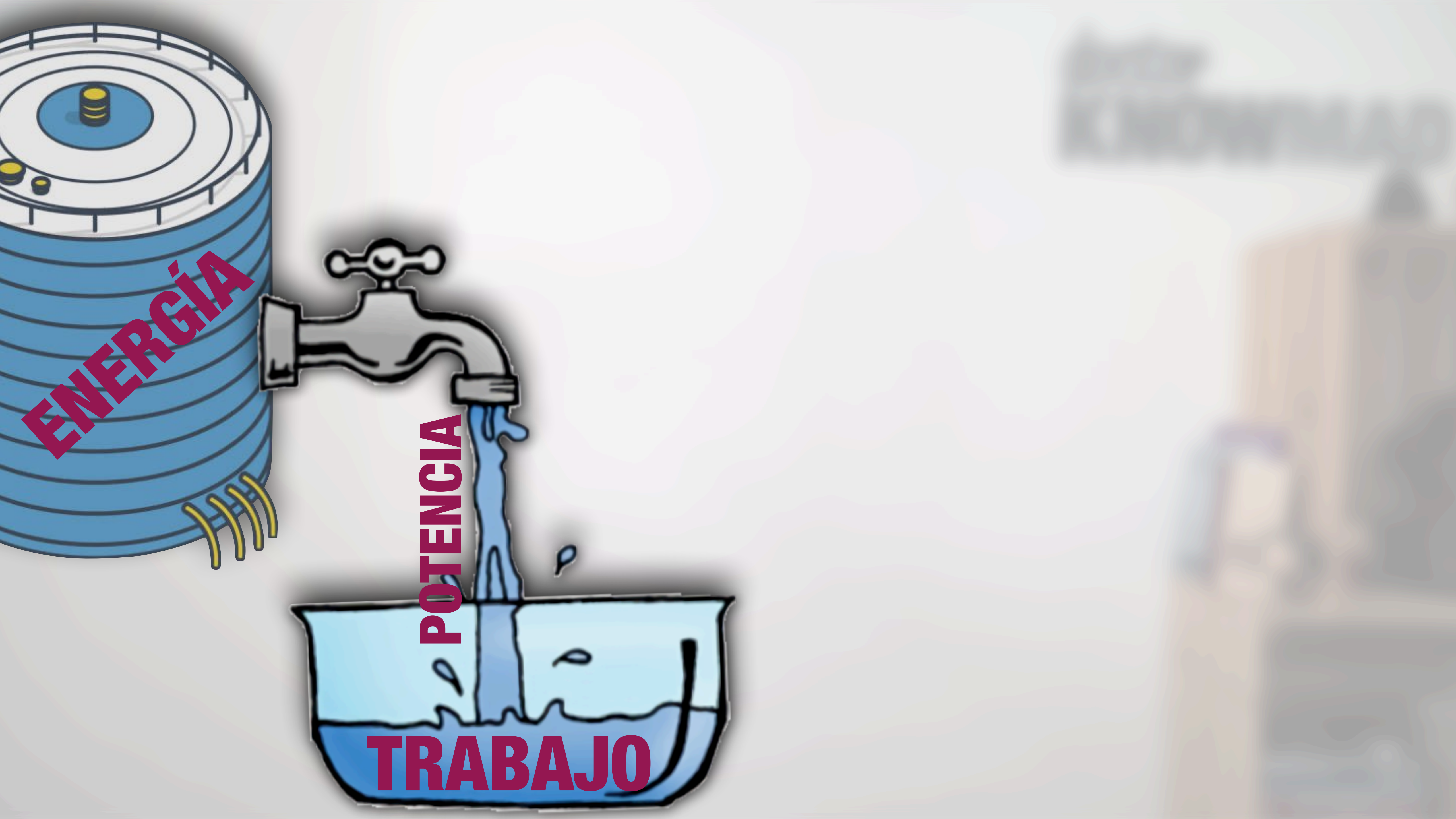


*doctor*  
**KNOWMAD**  
rōnin del conocimiento

by Robert Usach, PhD.

---

# 6 TRABAJO, ENERGÍA Y POTENCIA



**ENERGÍA**

**POTENCIA**

**TRABAJO**



# **#TIPOS DE ENERGÍA**

**#MECÁNICA**

**#ELECTROMAGNÉTICA**

**#TERMODINÁMICA**

**#QUÍMICA**

**#RELATIVISTA**

**#CUÁNTICA**

**#BIOENERGÉTICA**

# #TIPOS DE ENERGÍA

## #MECÁNICA

**LA CARGA PARECE DEPENDER...**

$$f(x) = (\text{Volumen}) \times (\text{Intensidad}) \times (\text{Organizacion}) \times (\text{Tarea})$$



**LA CARGA  
DE ENTRENAMIENTO (2)**

**COCINAR ES MÁS  
QUE MEZCLAR  
INGREDIENTES**

## #BIOENERGÉTICA



# #ENERGÍA MECÁNICA

ENERGÍA CINÉTICA + ENERGÍA POTENCIAL

$$E_{mec} = E_c + E_p \quad (J) \text{ ó } (cal)$$

## ENERGÍA CINÉTICA

$$E_c = \frac{1}{2}mv^2$$

## ENERGÍA POTENCIAL GRAVIT.

$$E_p(h) = mgh$$

## ENERGÍA POTENCIAL ELÁSTICA

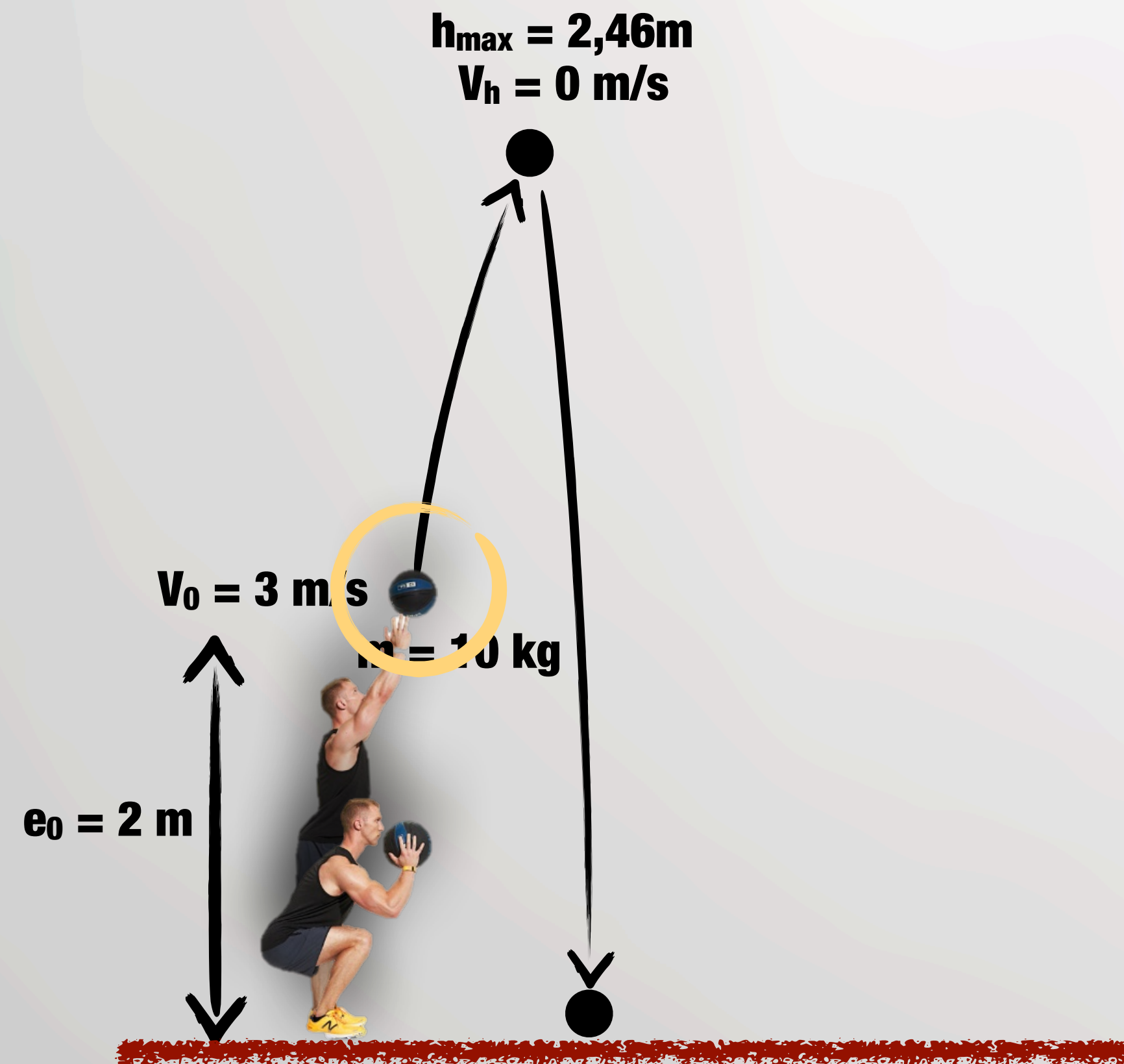
$$E_p = \frac{1}{2}kx^2$$

**ENERGÍA CINÉTICA =  $\frac{1}{2} \cdot m \cdot v^2 = \frac{1}{2} \cdot 10 \cdot 3^2 = 45 \text{ J}$**

**ENERGÍA POT. GRAV. =  $m \cdot g \cdot h = 10 \cdot 9,8 \cdot 2 = 196 \text{ J}$**

**ENERGÍA POT. ELAS. =  $\frac{1}{2} \cdot k \cdot x^2 = 0 \text{ J}$**

**ENERGÍA MECÁNICA =  $45 + 196 = 241 \text{ J}$**



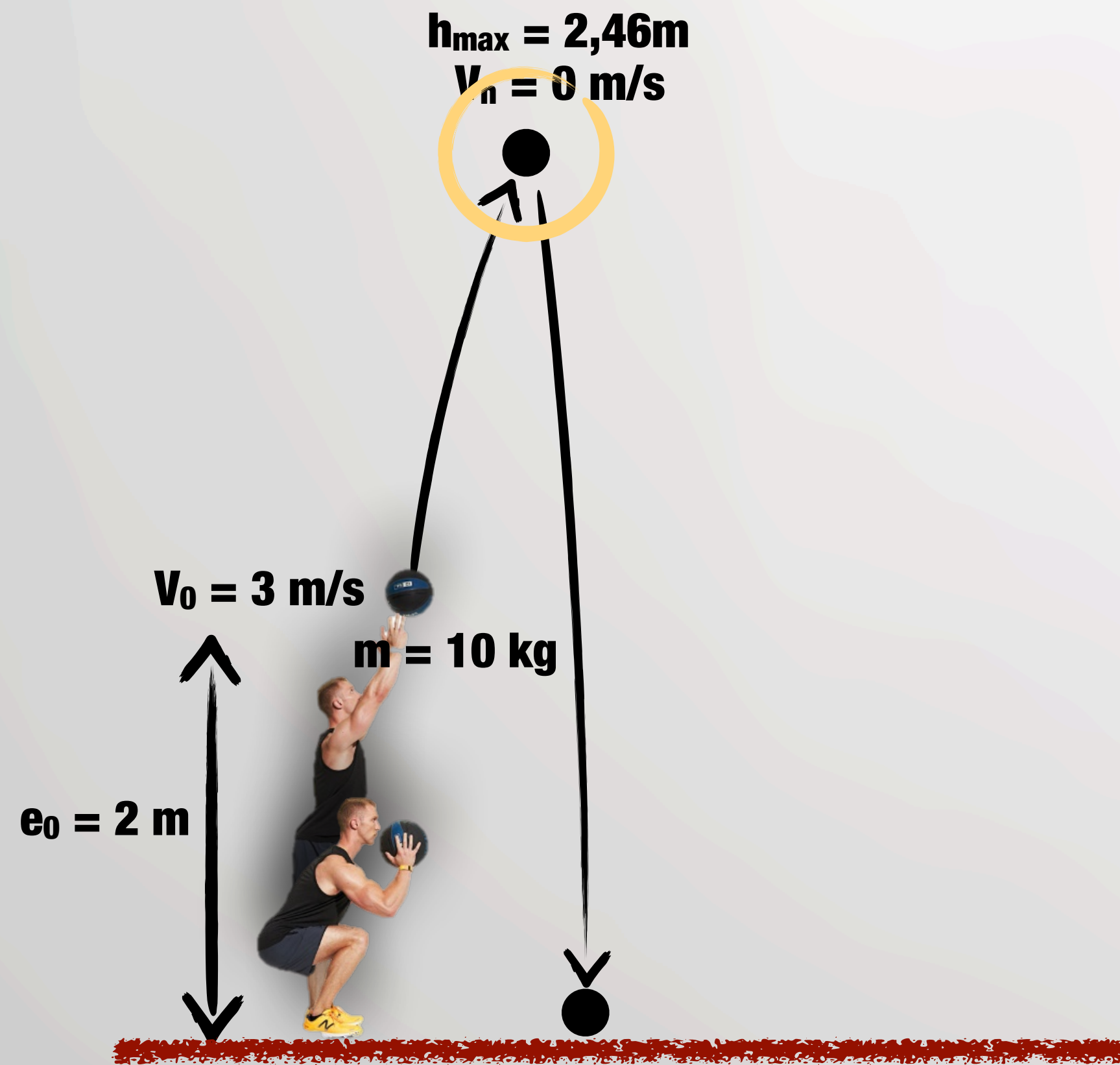


**ENERGÍA CINÉTICA =  $\frac{1}{2} \cdot m \cdot v^2 = 0 \text{ J}$**

**ENERGÍA POT. GRAV. =  $m \cdot g \cdot h = 10 \cdot 9,8 \cdot 2,46 = 241 \text{ J}$**

**ENERGÍA POT. ELAS. =  $\frac{1}{2} \cdot k \cdot x^2 = 0 \text{ J}$**

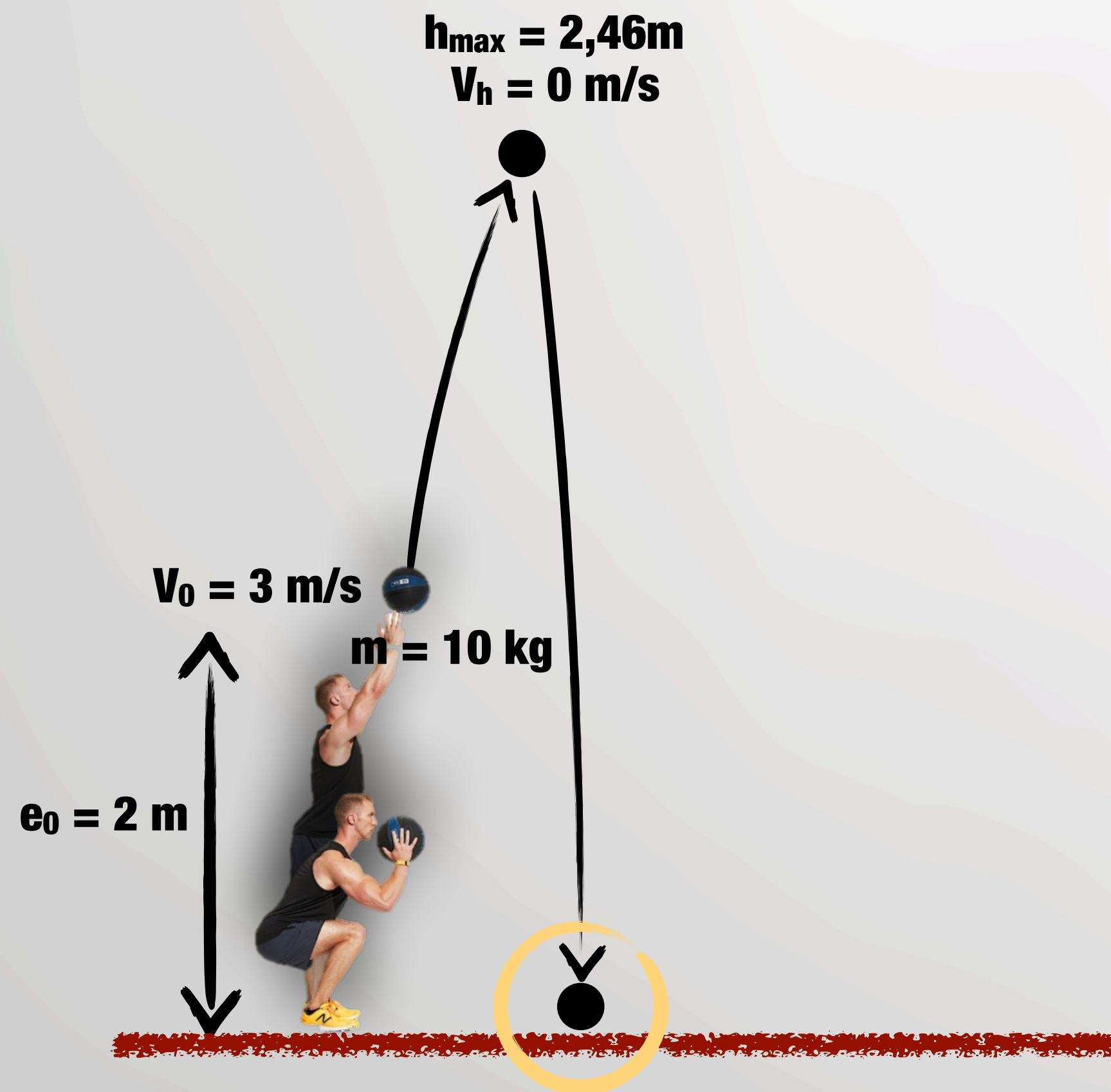
**ENERGÍA MECÁNICA =  $241 \text{ J} = \text{ENERGÍA POT. GRAV.}$**



**ENERGÍA MECÁNICA = 241 J = ENERGÍA CINÉTICA**

**¿v?**

$$\frac{1}{2} \cdot m \cdot v^2 = 241; v^2 = 241 / 5; v = \sqrt{48,2} = 6,9 \text{ m/s}$$

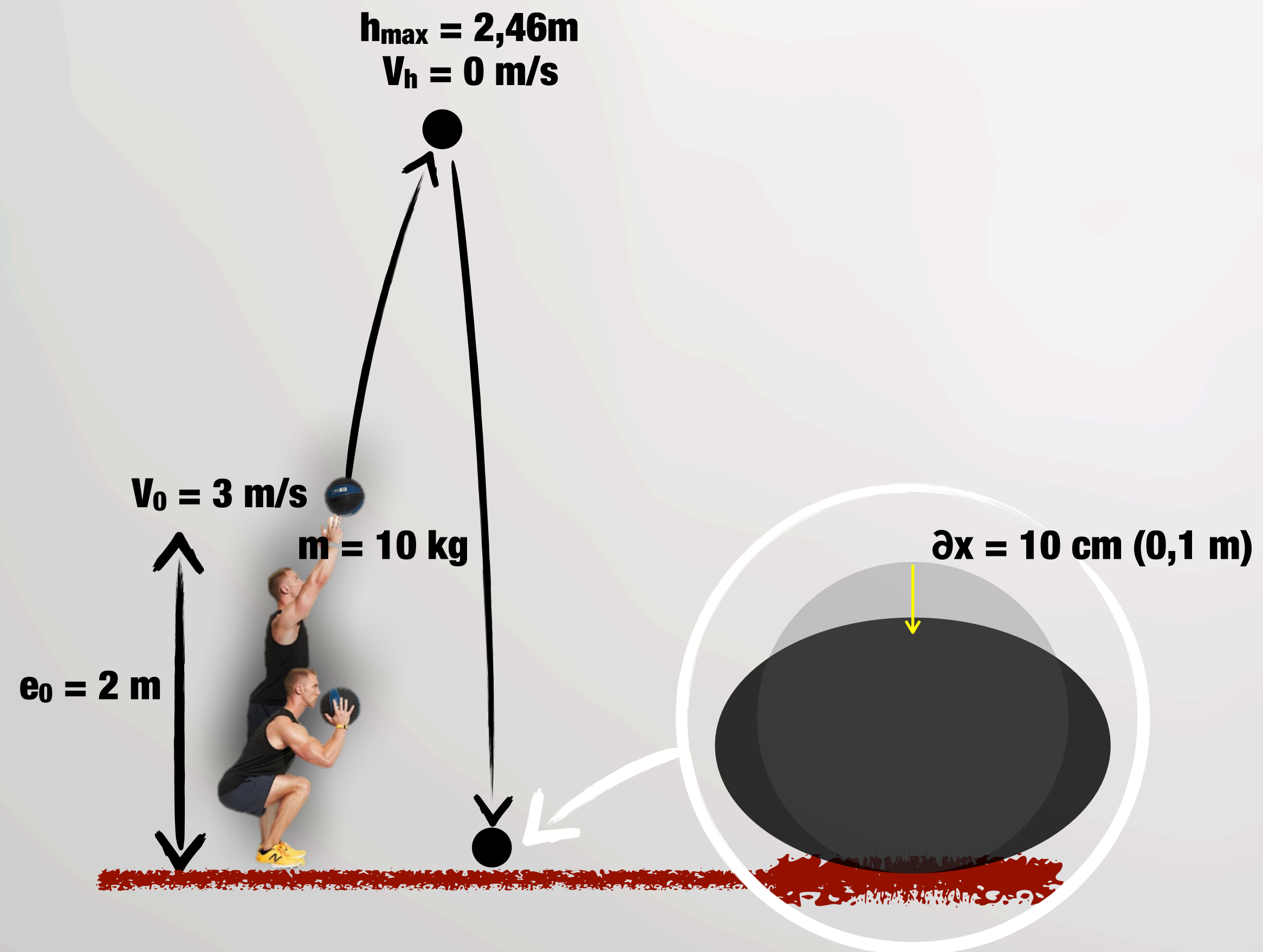




**ENERGÍA MECÁNICA = 241 J = ENERGÍA POT. ELAST.**

**¿k?**

$$\frac{1}{2} \cdot k \cdot \Delta x^2 = 241; k = 241 / 0,005 = 48.200$$

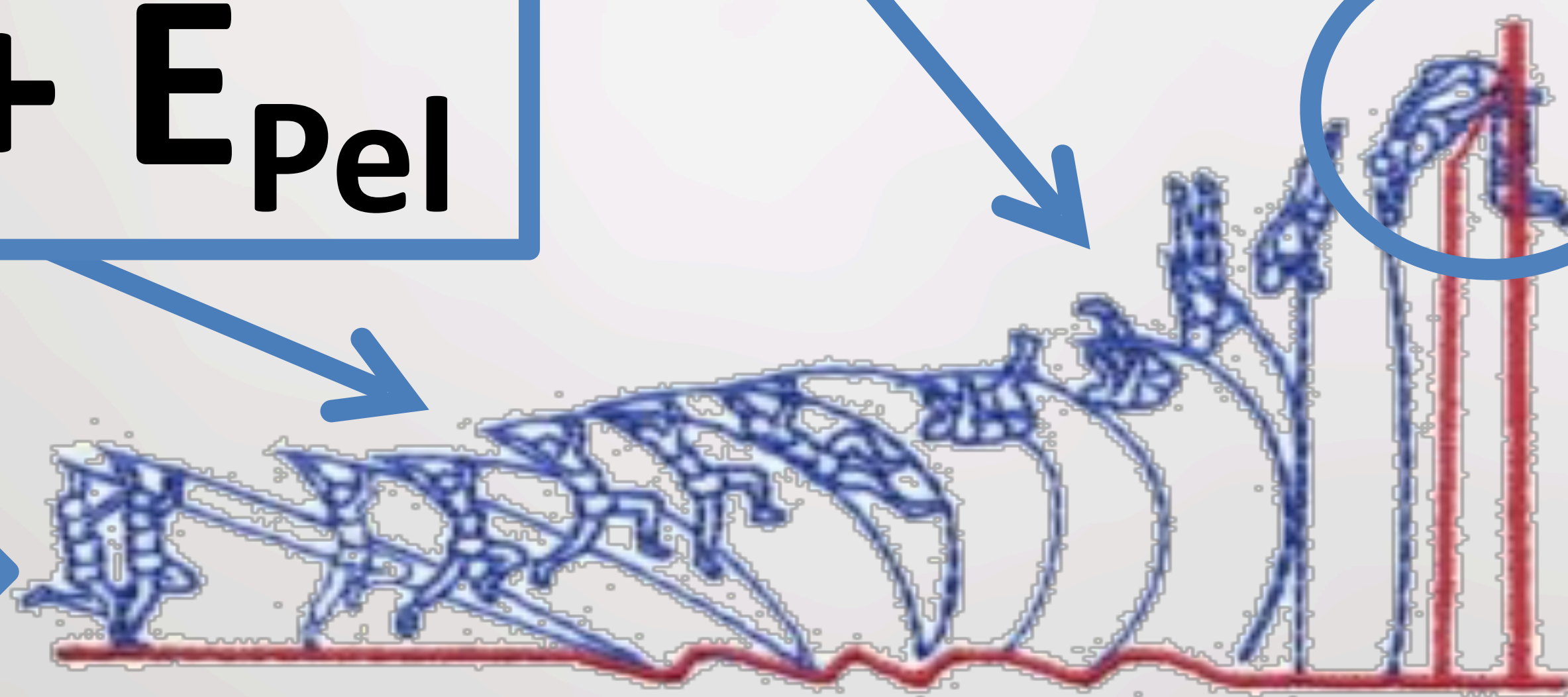


$$E_c + E_{pel} + E_{pg}$$

$$E_c + E_{pel}$$

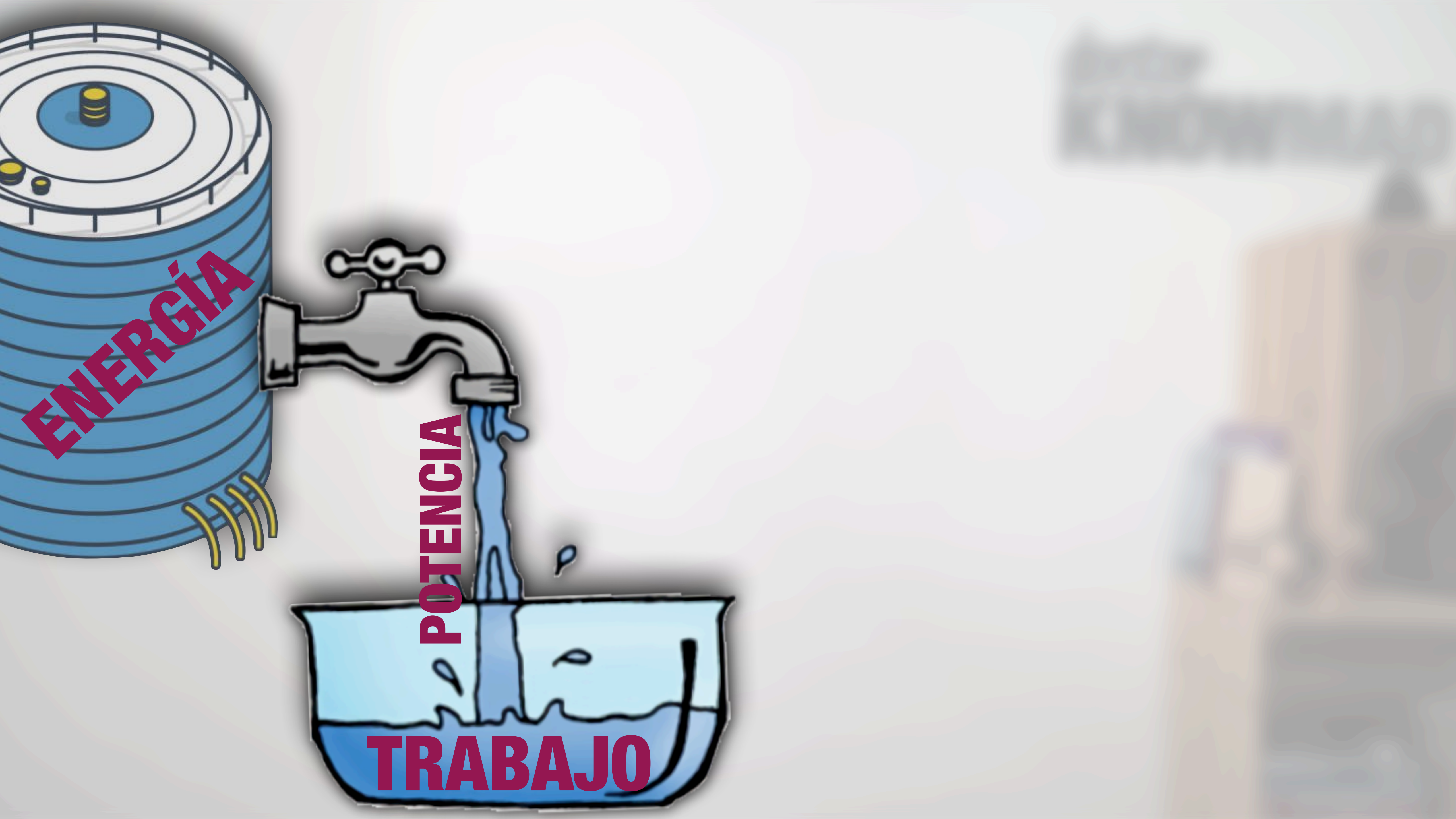
$$E_c$$

$$E_{pg}$$









**ENERGÍA**

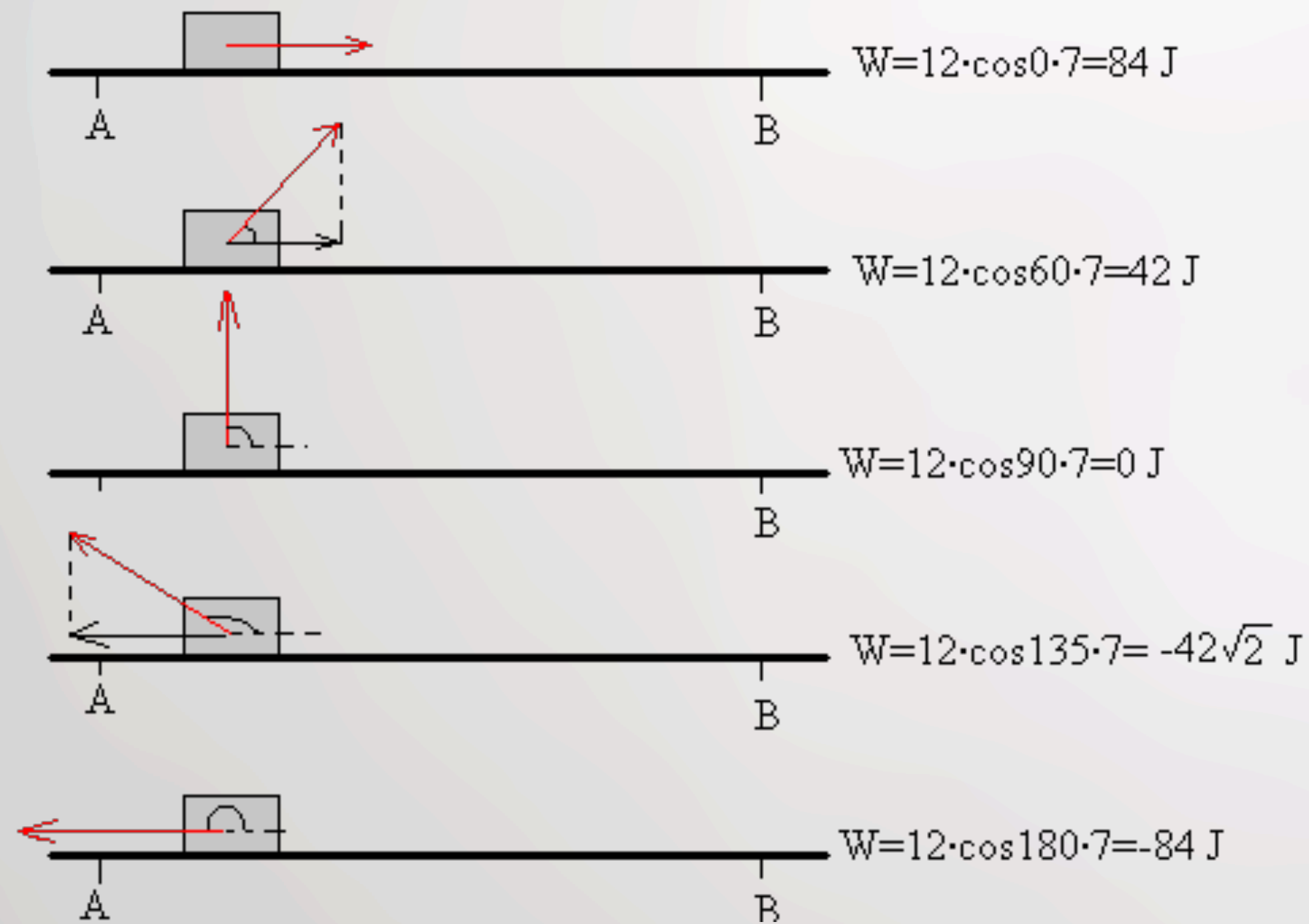
**POTENCIA**

**TRABAJO**



# #TRABAJO MECÁNICO

$$W = F \cdot \Delta x \quad (J) \text{ ó } (cal)$$

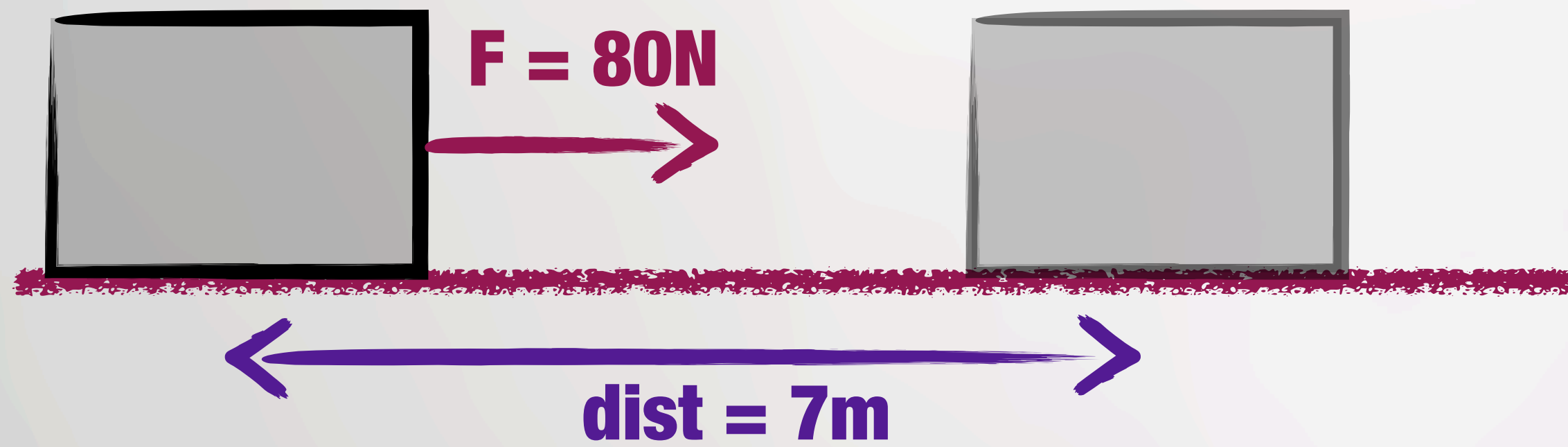


**OH! SORPRESA!**  
**SI LA FUERZA NO ESTÁ ALINEADA CON EL MOVIMIENTO,**  
**HAY QUE APLICAR EL COSENO DEL ÁNGULO**  
**“DESALINEADO”**

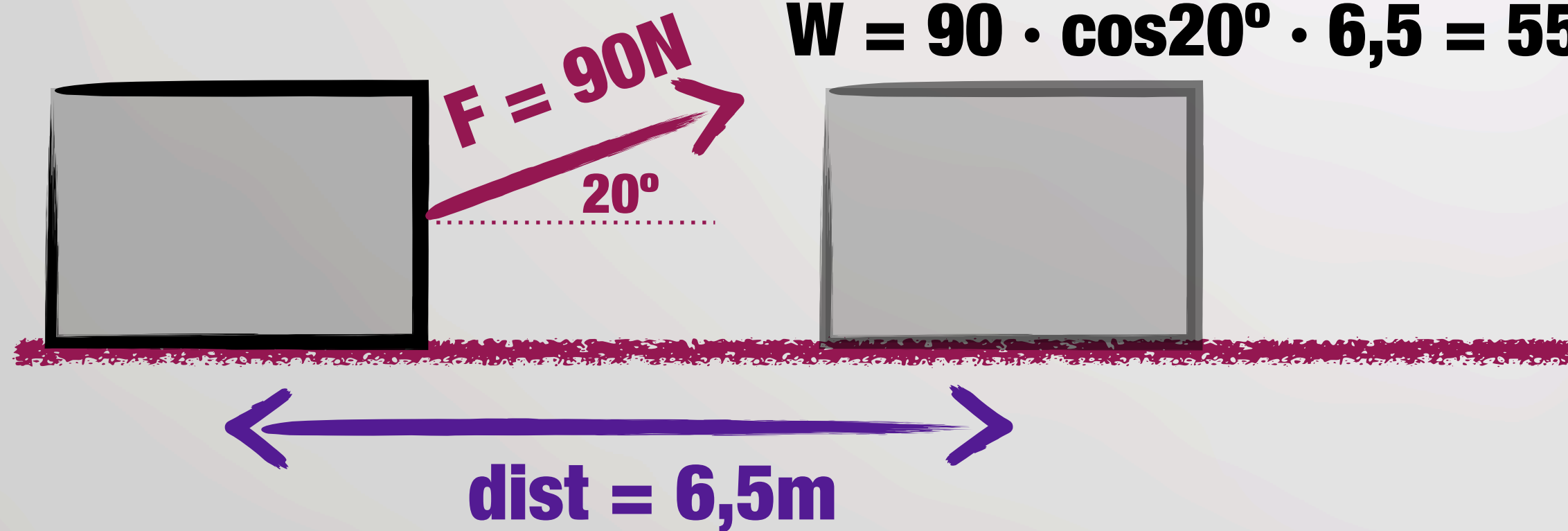
# #TRABAJO MECÁNICO

$$W = F \cdot \Delta x \quad (J) \text{ ó } (cal)$$

$$W = 80 \cdot 7 = 560J$$



$$W = 90 \cdot \cos 20^\circ \cdot 6,5 = 550J$$





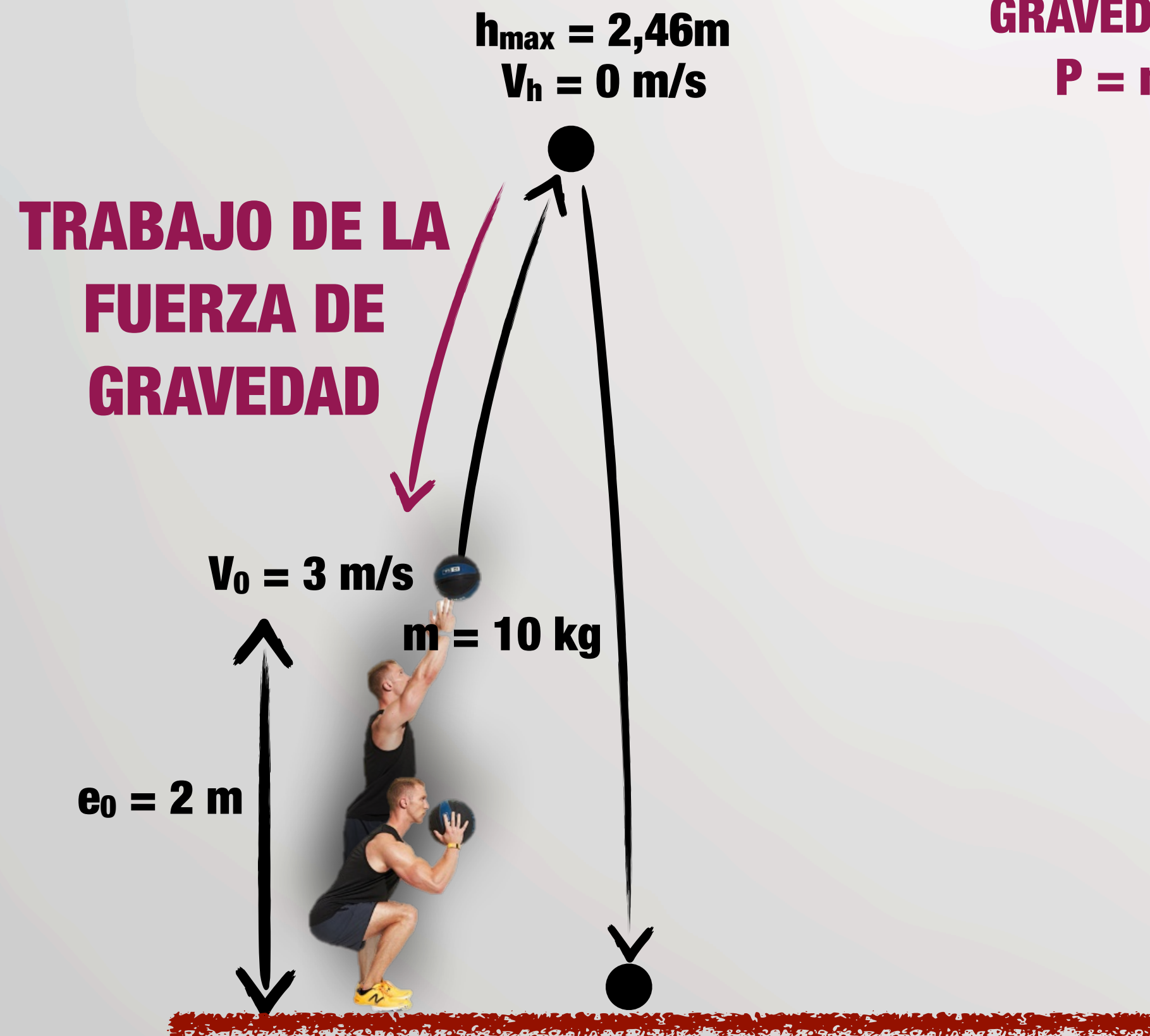
**ENERGÍA CINÉTICA INICIAL = 45 J**

**ENERGÍA CINÉTICA  $h_{\max} = 0$  J**

**TRABAJO FUERZA DE LA GRAVEDAD = 45 J (o -45 J)**

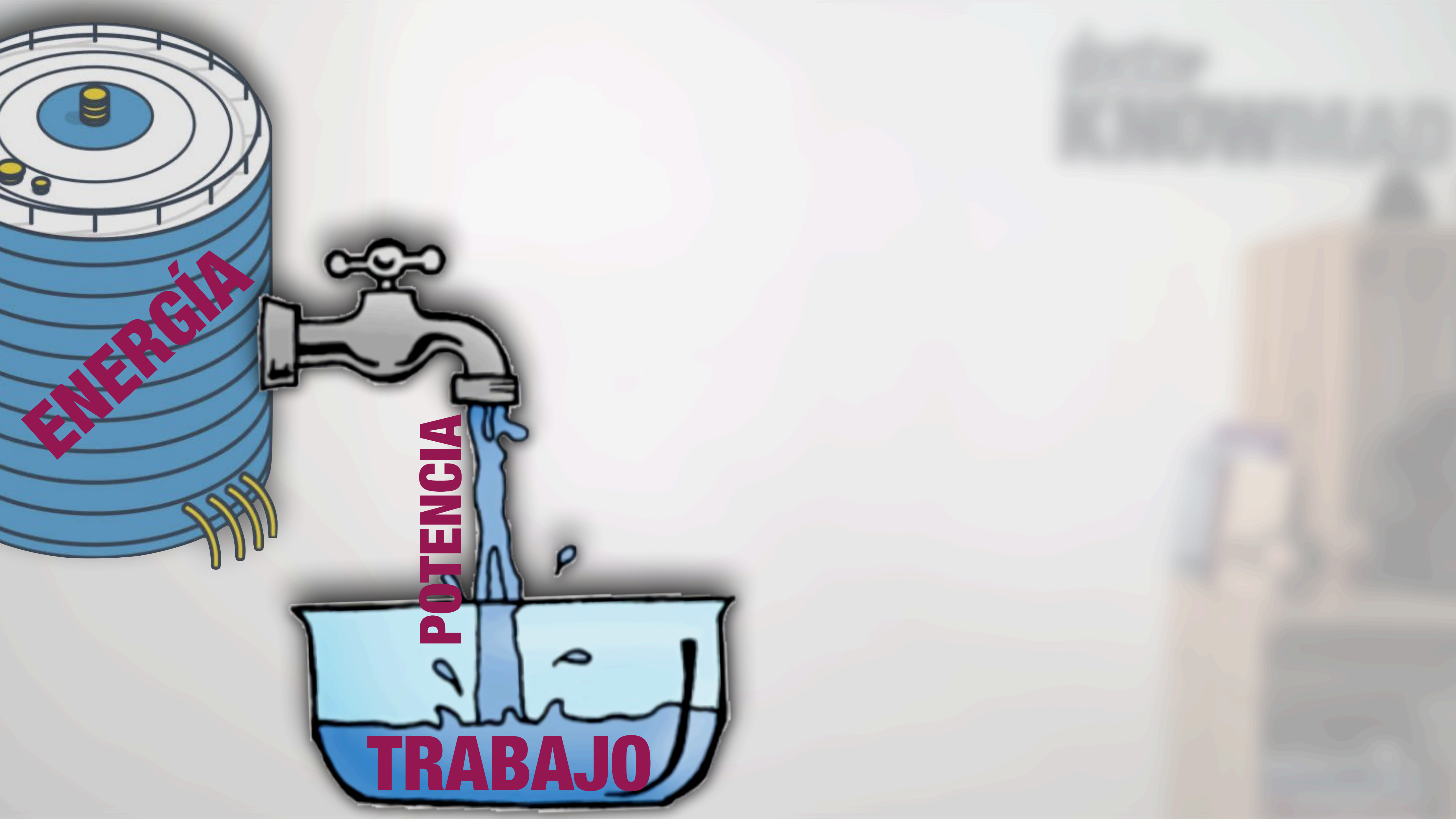
**$W = F \cdot \text{desplaz} ; 45 \text{ J} = F \cdot 0,46 \text{ m}; F = 45 / 0,46 = 98 \text{ N}$**

**OBVIO,  
LA “FUERZA DE LA  
GRAVEDAD” ES EL «PESO»  
 $P = m \cdot g = 10 \cdot 9,8$   
 $P = 98 \text{ N}$**









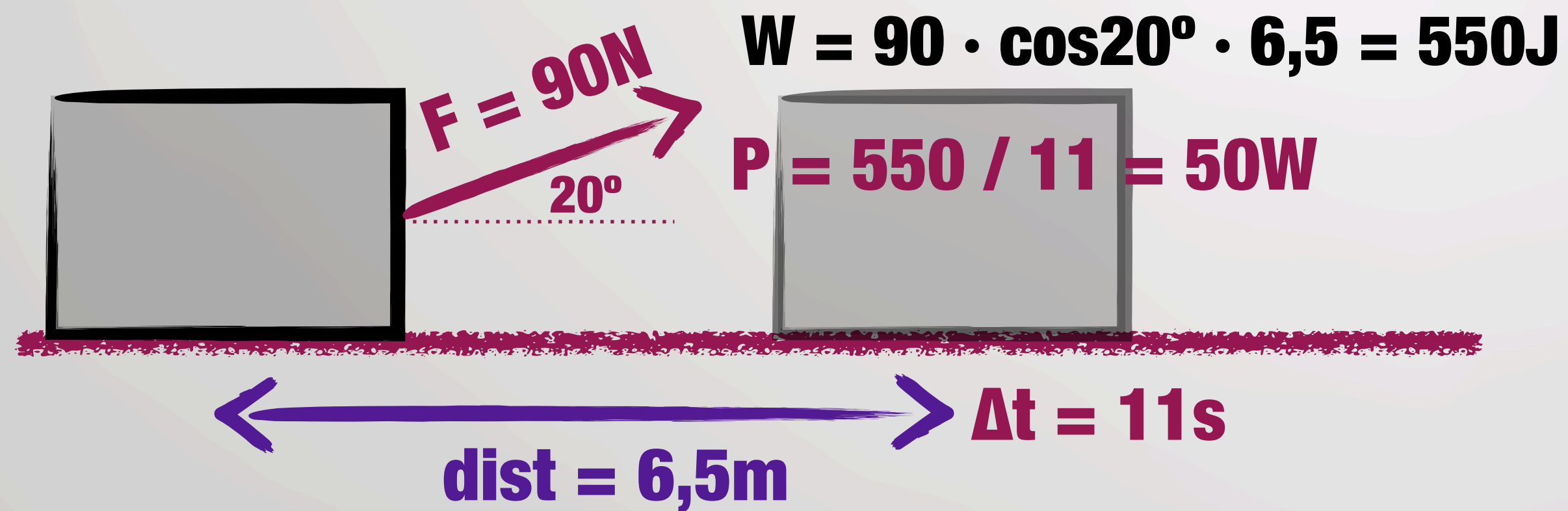
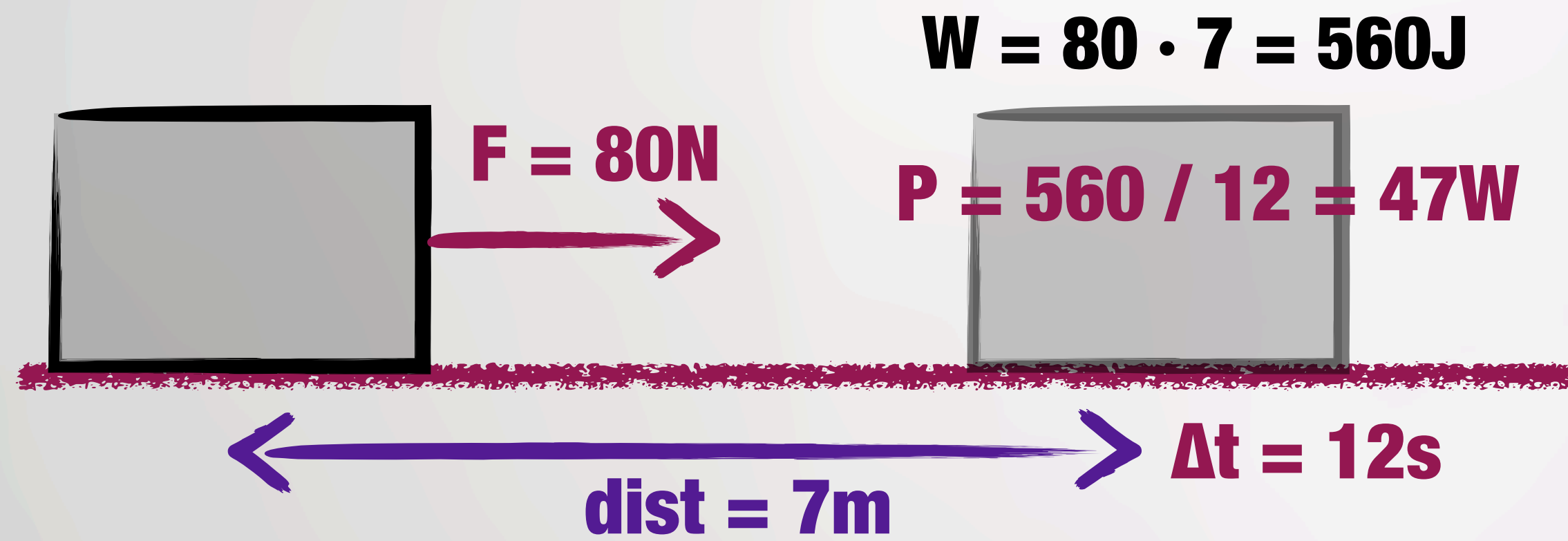
**ENERGÍA**

**POTENCIA**

**TRABAJO**

# #POTENCIA MECÁNICA

$$P = W / \Delta t \quad (W) \text{ ó } (J/s)$$





# #POTENCIA MECÁNICA

$$P = W / \Delta t \quad (W) \text{ ó } (J/s)$$

## POTENCIA INSTANTÁNEA

$$P(t) = F \cdot v$$





# **#POTENCIA** vs **#EXPLOSIVIDAD**

**POTENCIA** IMPLICA  
DESPLAZAMIENTO, VELOCIDAD

**EXPLOSIVIDAD** NO IMPLICA  
VELOCIDAD, ATIENDE A LA FUERZA

EJ: EN UN INTENTO DE LEVANTAR ALGO INAMOVIBLE,  
**NO HAY POTENCIA**, PERO **SÍ HAY EXPLOSIVIDAD**.  
ES MÁS, LA EXPLOSIVIDAD SUELE ESTUDIARSE EN ISOMÉTRICOS.

**#EXPLOSIVIDAD = #RFD**  
RATE OF FORCE DEVELOPMENT

# #POTENCIA vs #EXPLOSIVIDAD

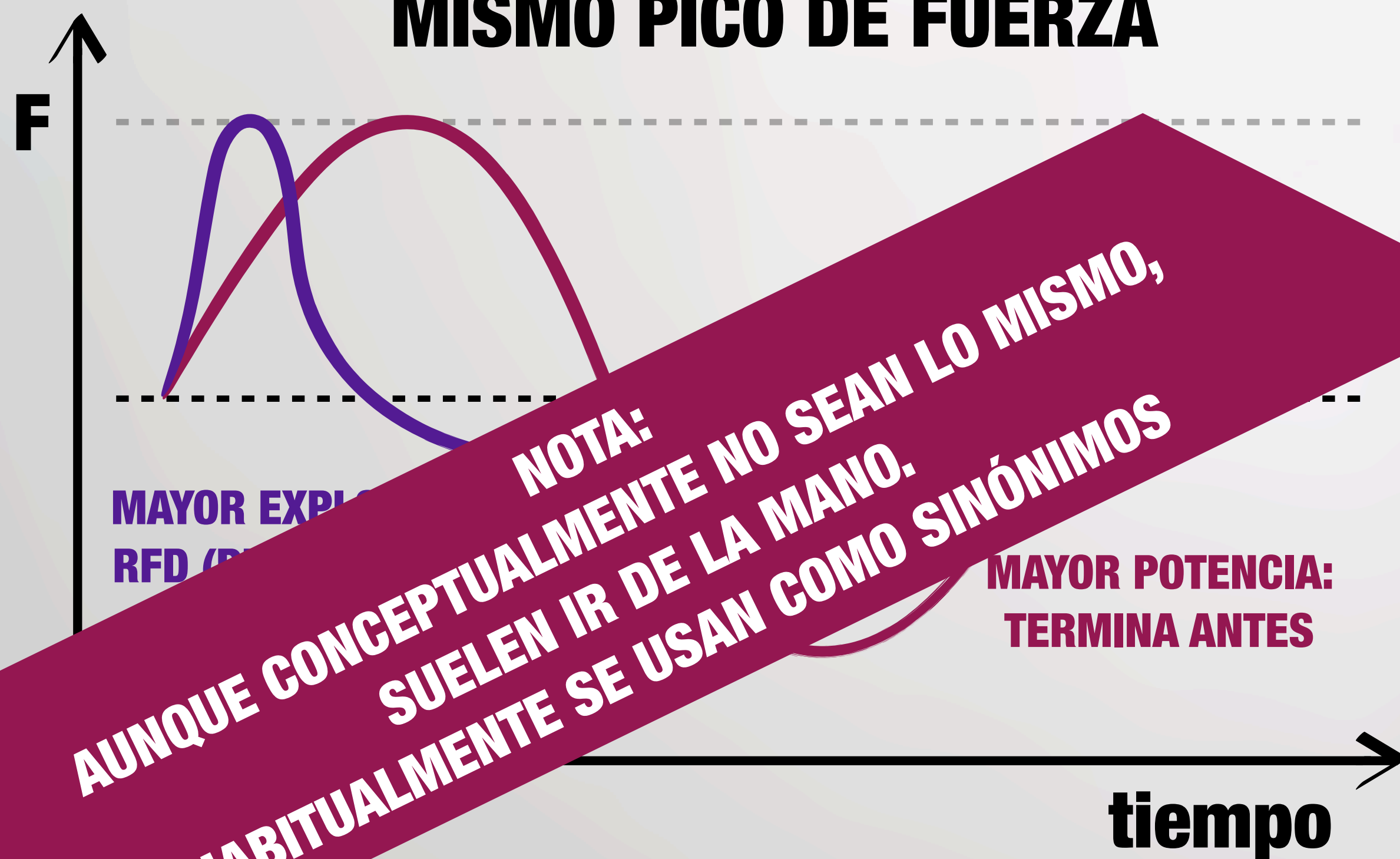
**EJ: 2 REPETICIONES CONCÉNTRICAS DE  
IGUAL RECORRIDO Y QUE LOGRAN EL  
MISMO PICO DE FUERZA**





# #POTENCIA vs #EXPLOSIVIDAD

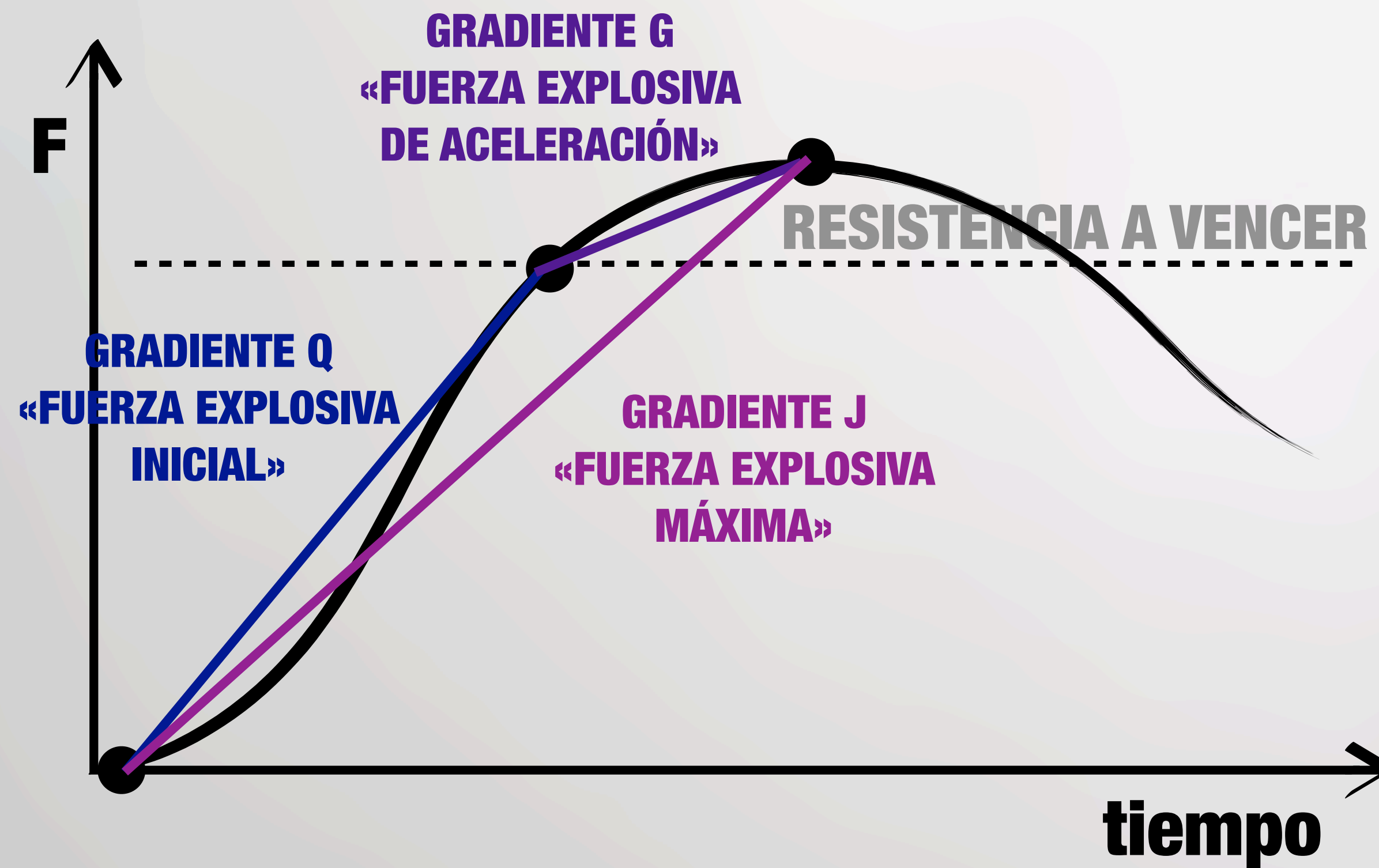
**EJ: 2 REPETICIONES CONCÉNTRICAS DE  
IGUAL RECORRIDO Y QUE LOGRAN EL  
MISMO PICO DE FUERZA**



# #MEDIR «RFD»

SE NECESITA UN SENSOR DE FUERZAS

ANTES SE HABLABA DE LOS  
GRADIENTES DE FUERZA: Q, G y J

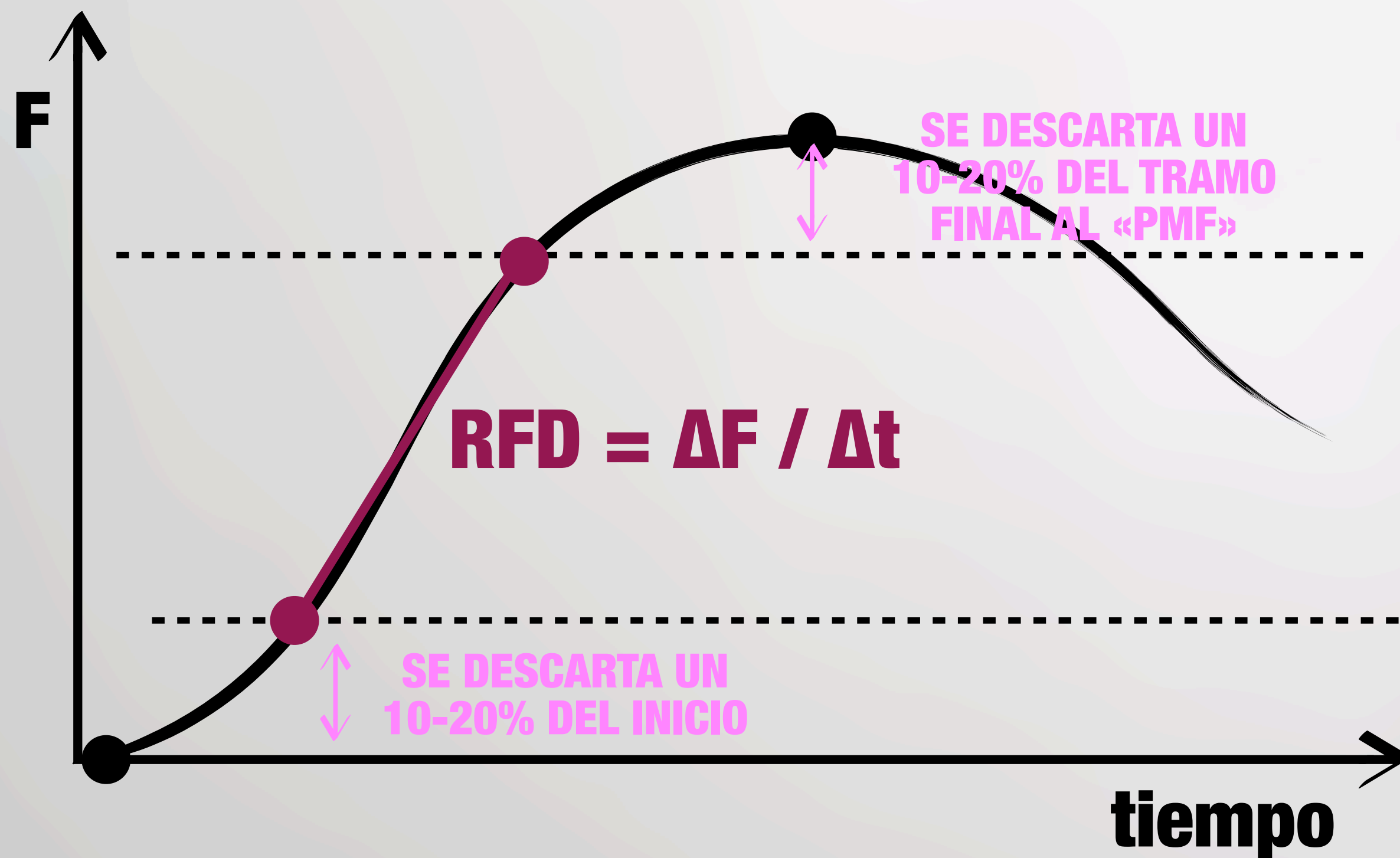




# #MEDIR «RFD»

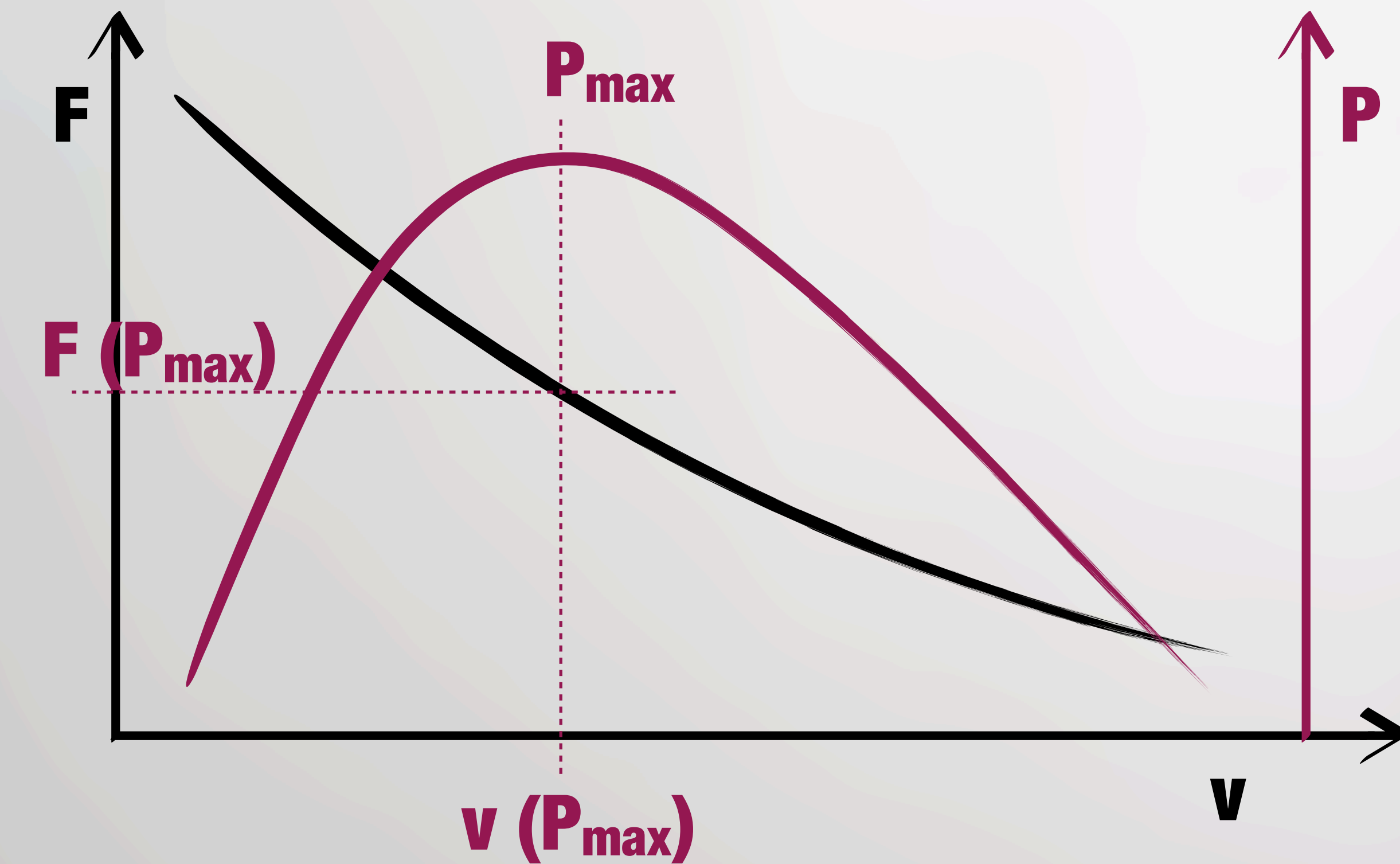
SE NECESITA UN SENSOR DE FUERZAS

HOY SE RESUME EN UN SOLO VALOR RFD  
(RATE OF FORCE DEVELOPMENT)



# #MEDIR «POTENCIA»

SE NECESITA MEDIR VELOCIDAD



# #APLICACIÓN

## SE NECESITA MEDIR VELOCIDAD

VBT Velocity Based Training Entrenamiento basado en velocidad	VELOCIDAD MEDIA (m x s <sup>-1</sup> ) PARA CADA % DE 1RM												
	1RM	95 %	90 %	85 %	80 %	75 %	70 %	65 %	60 %	55 %	50 %	45 %	40 %
Remo con barra	0,62	-	0,74	-	0,90	-	0,99	-	1,12	-	1,17	-	1,27
Sentadilla	0,33	0,39	0,46	0,52	0,59	0,66	0,72	0,79	0,85	0,92	0,99	1,05	1,12
Peso muerto	0,25	0,32	0,39	0,46	0,53	0,60	0,66	0,72	0,79	0,86	0,93	1,00	1,06
Hip Thrust	0,24	0,30	0,36	0,42	0,48	0,54	0,60	0,66	0,72	0,79	0,84	0,90	0,96
Dominada	0,22	0,31	0,39	0,50	0,57	0,65	0,74	0,83	0,91	1,00	1,09	-	-
Prensa piernas	0,19	0,28	0,37	0,45	0,54	0,63	0,71	0,79	0,89	0,97	1,06	1,15	1,23
Press militar	0,19	0,26	0,33	0,40	0,47	0,53	0,60	0,66	0,72	0,78	0,84	0,89	0,95
Press banca	0,19	0,24	0,30	0,36	0,42	0,49	0,56	0,64	0,72	0,80	0,89	0,98	1,08

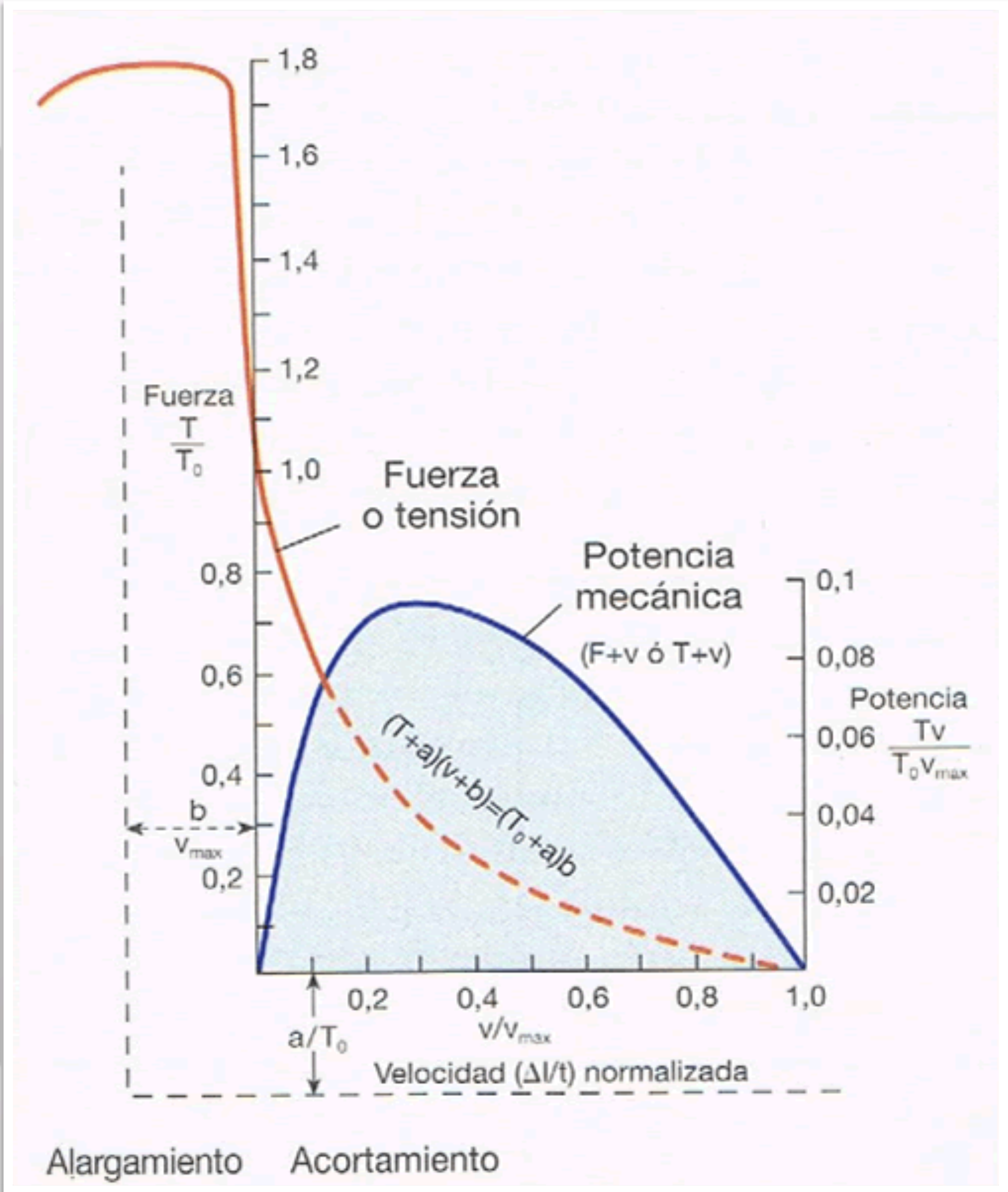
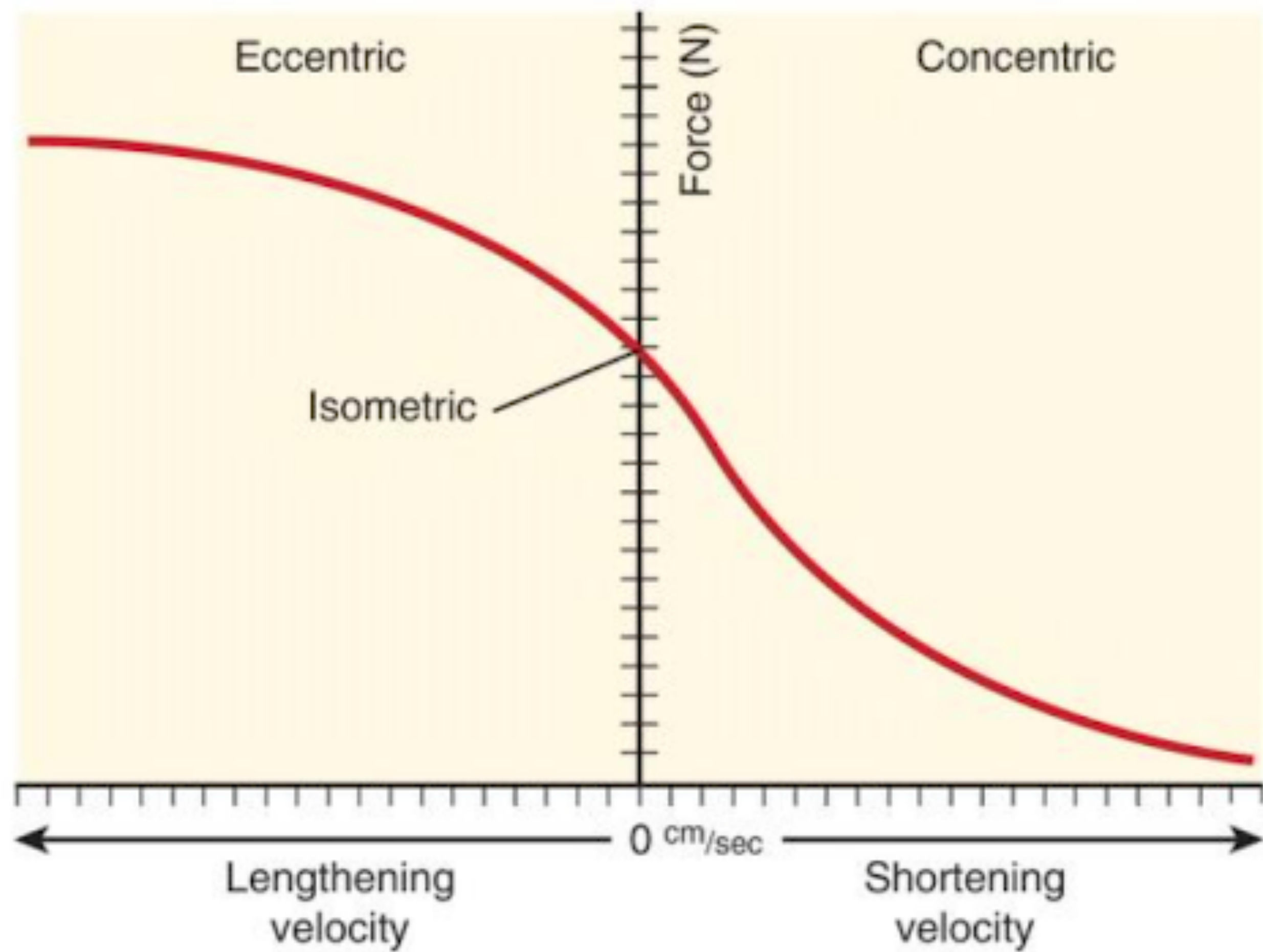


CONOCEMOS ESTA  
RELACIÓN (MEDIAS) EN  
MUCHOS EJERCICIOS

EJ: SQUAT  
1 REPETICIÓN DE SENTADILLA CON 80kg QUE SE LOGRE UNA VELOCIDAD DE 0,72m/s SIGNIFICA QUE ESOS 80kg SON EL 70%1RM (1RM SQUAT = 114kg)

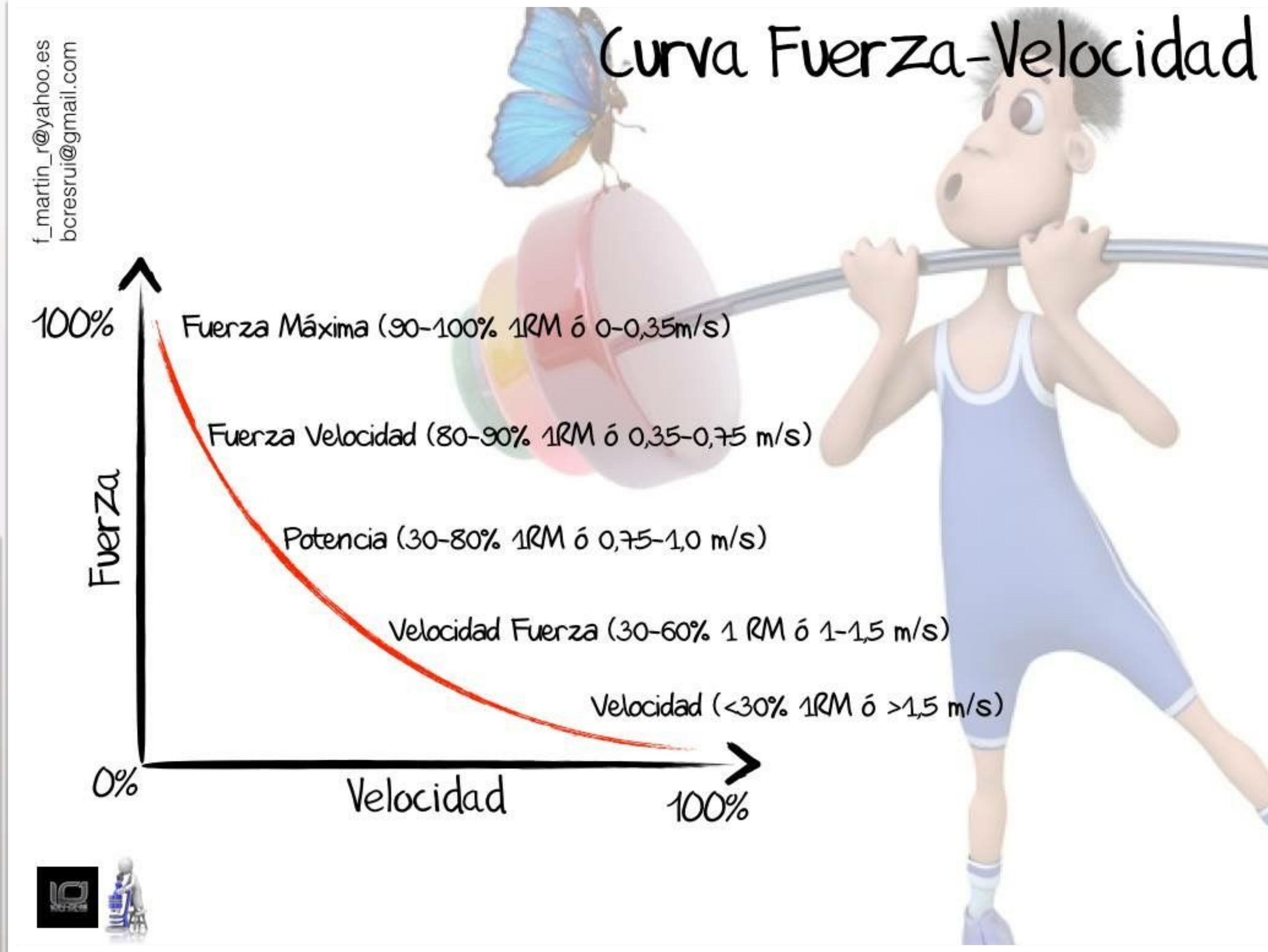
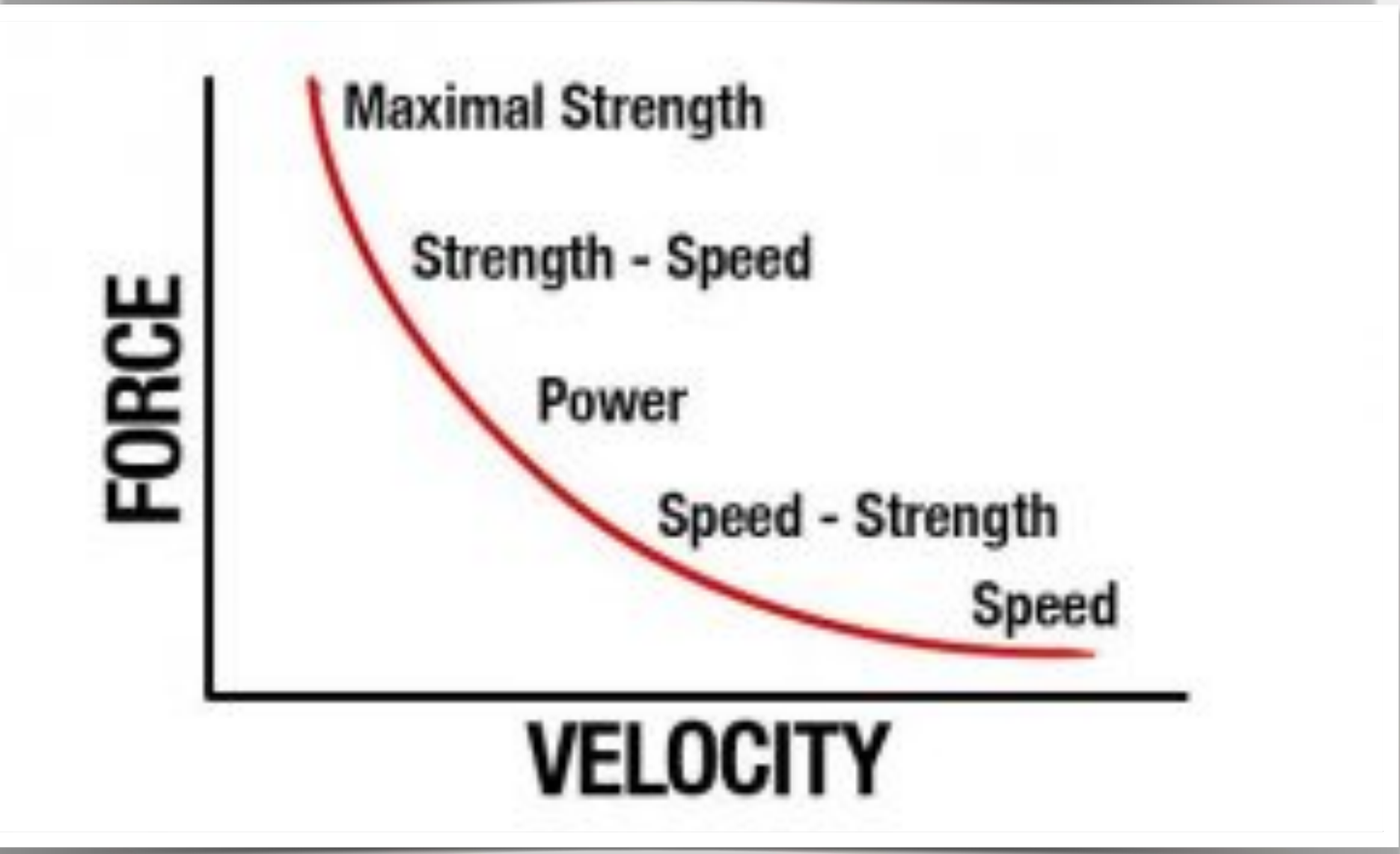
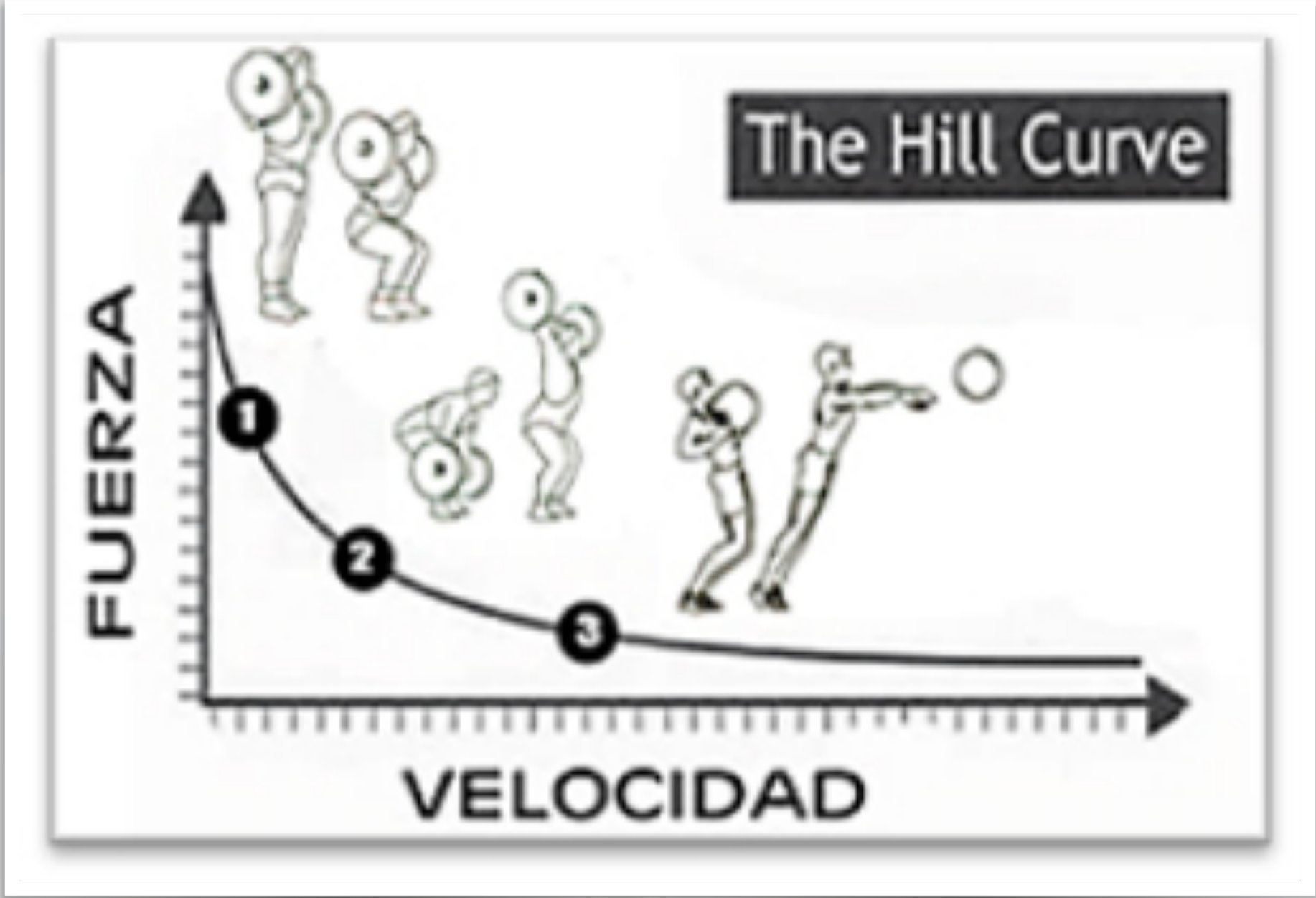


# GRÁFICOS FUERZA-VELOCIDAD



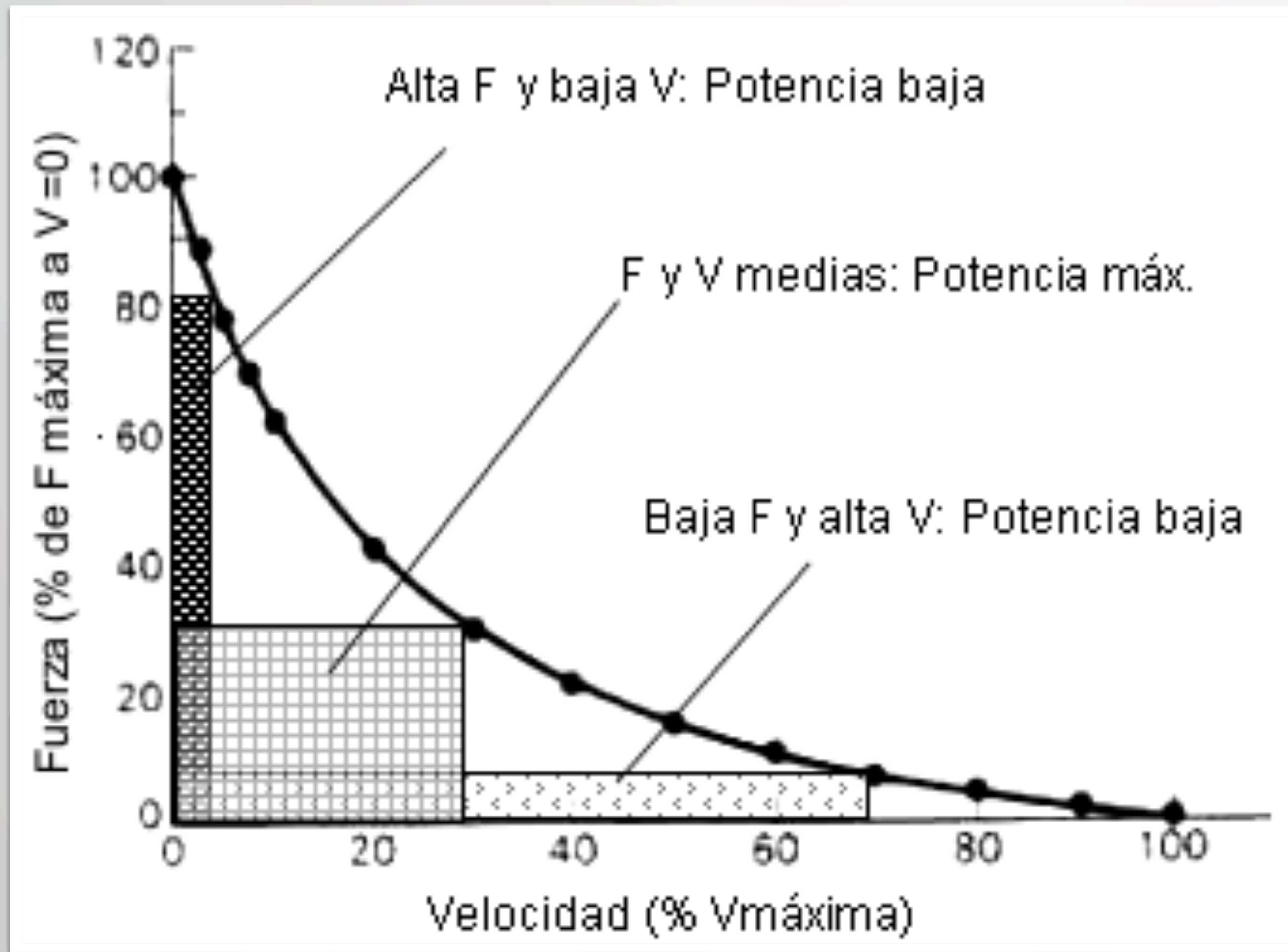


# GRÁFICOS FUERZA-VELOCIDAD

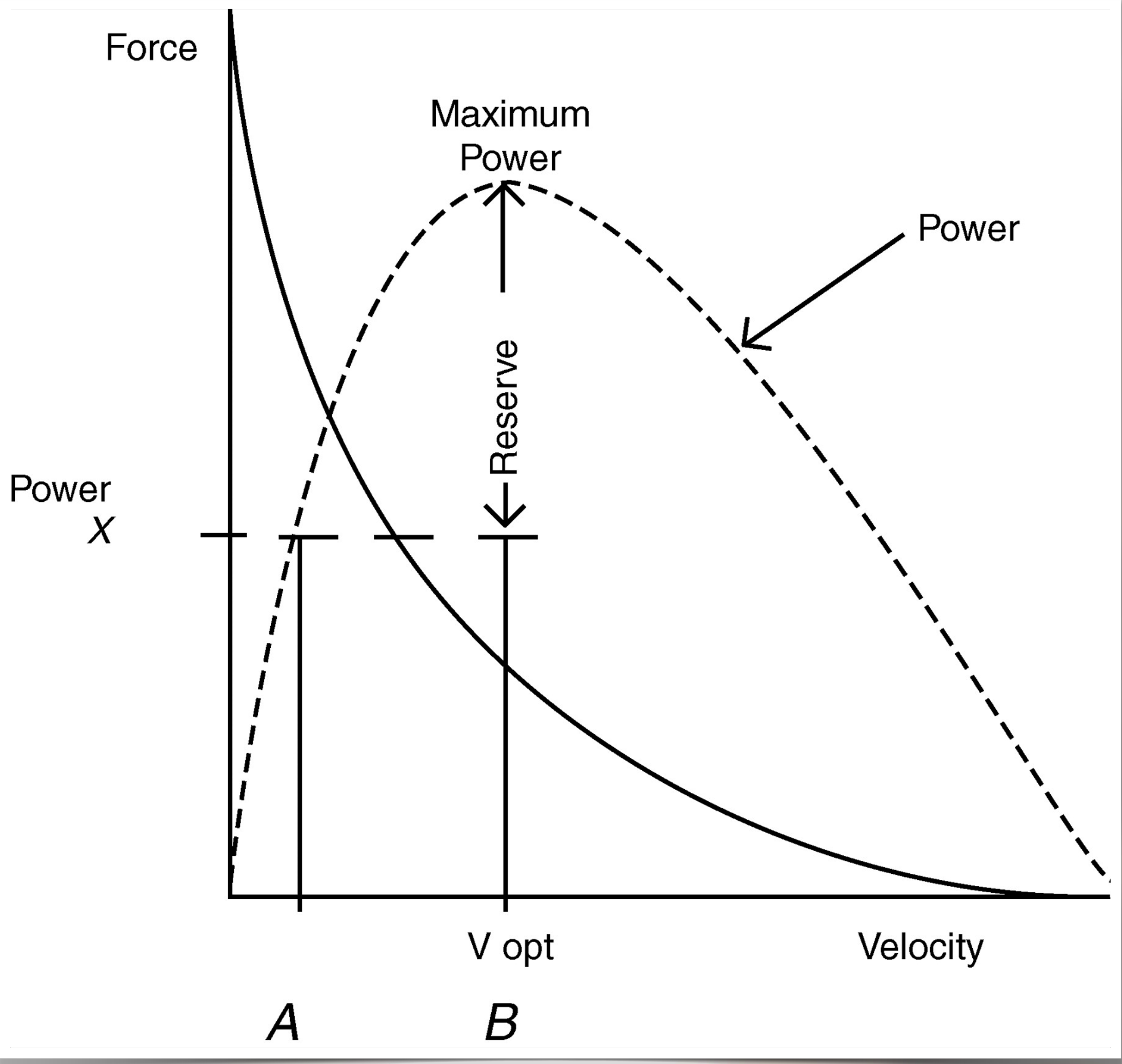
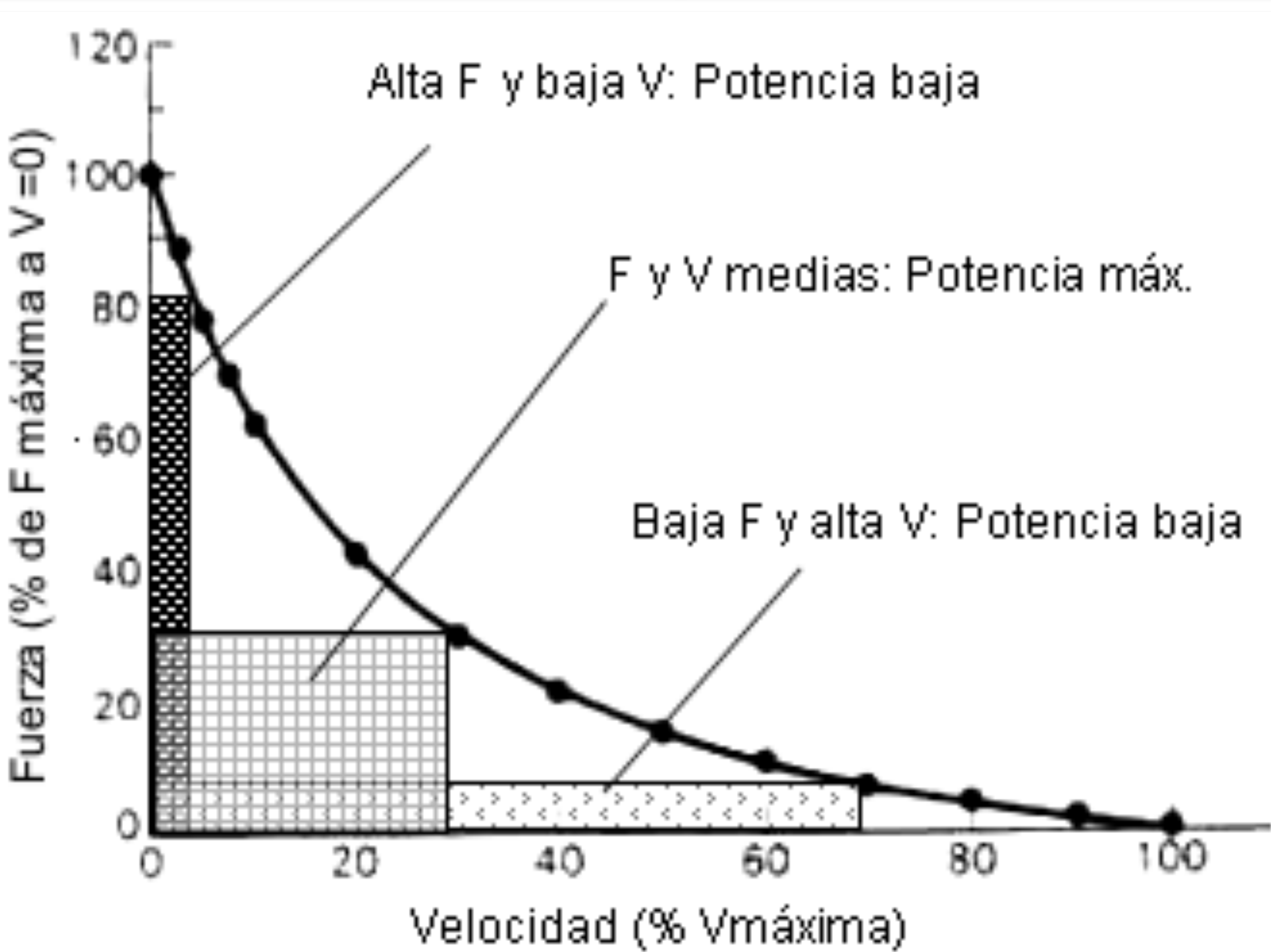




# GRÁFICOS FUERZA-VELOCIDAD



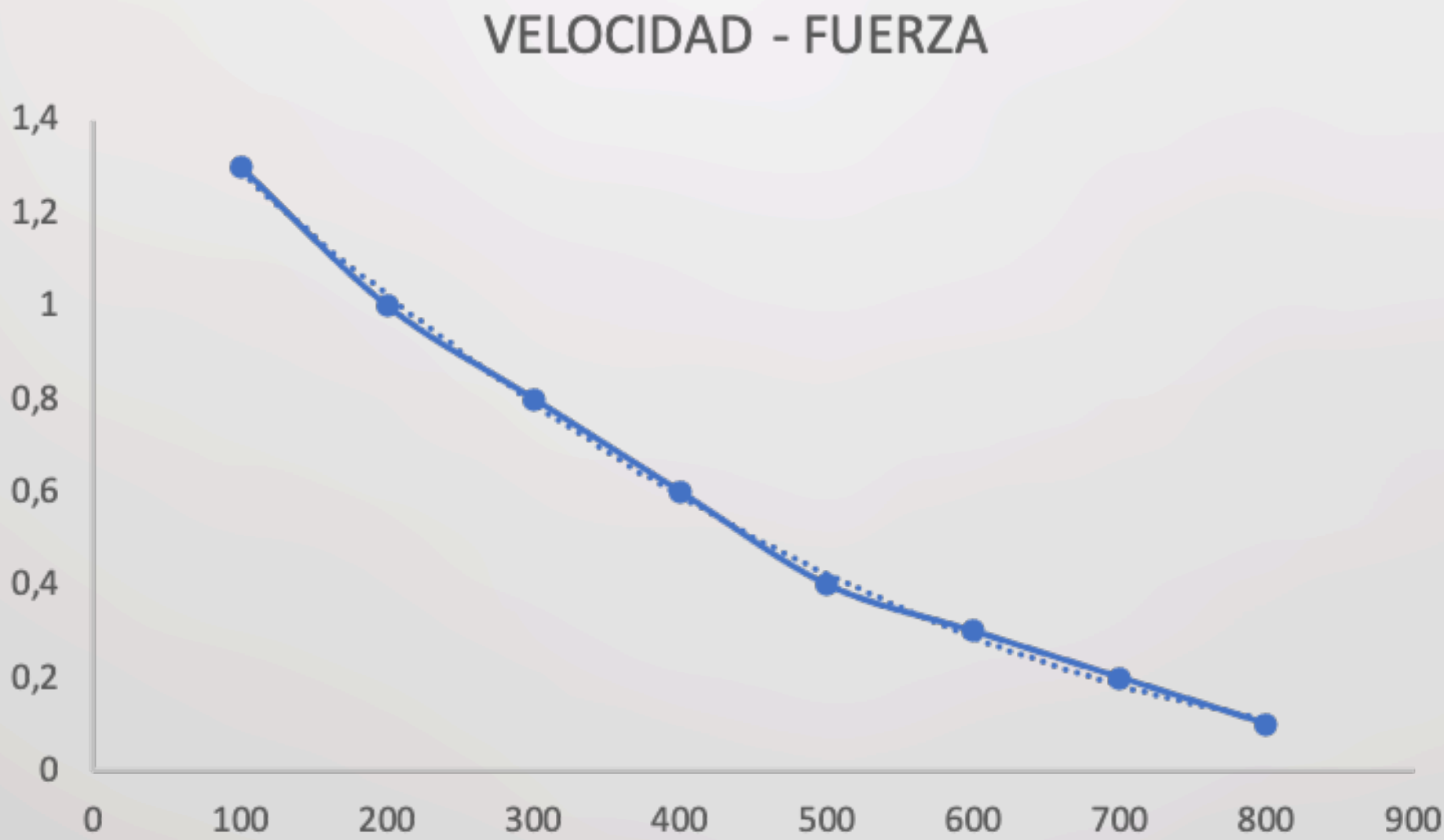
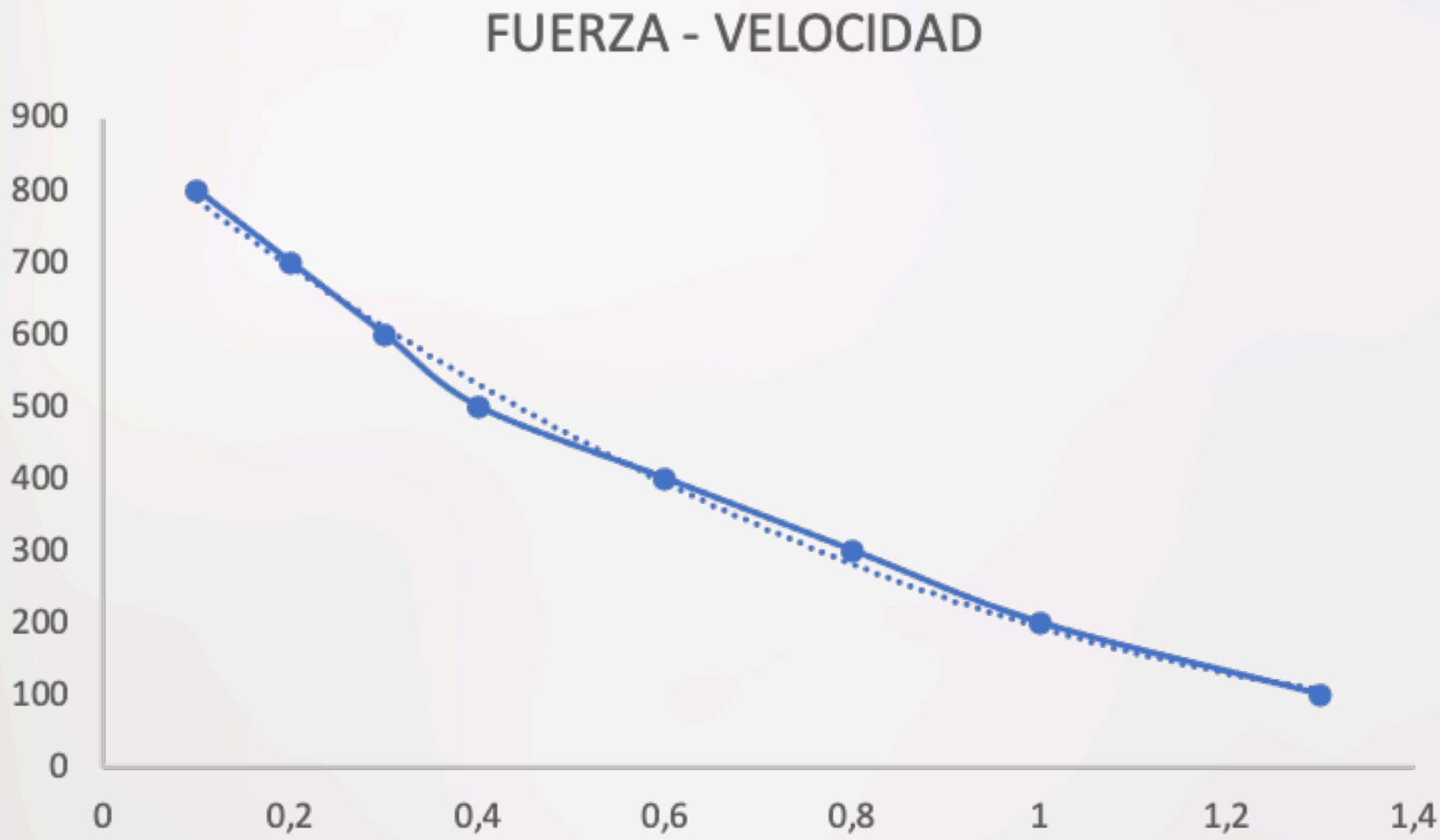
# GRÁFICOS FUERZA-VELOCIDAD





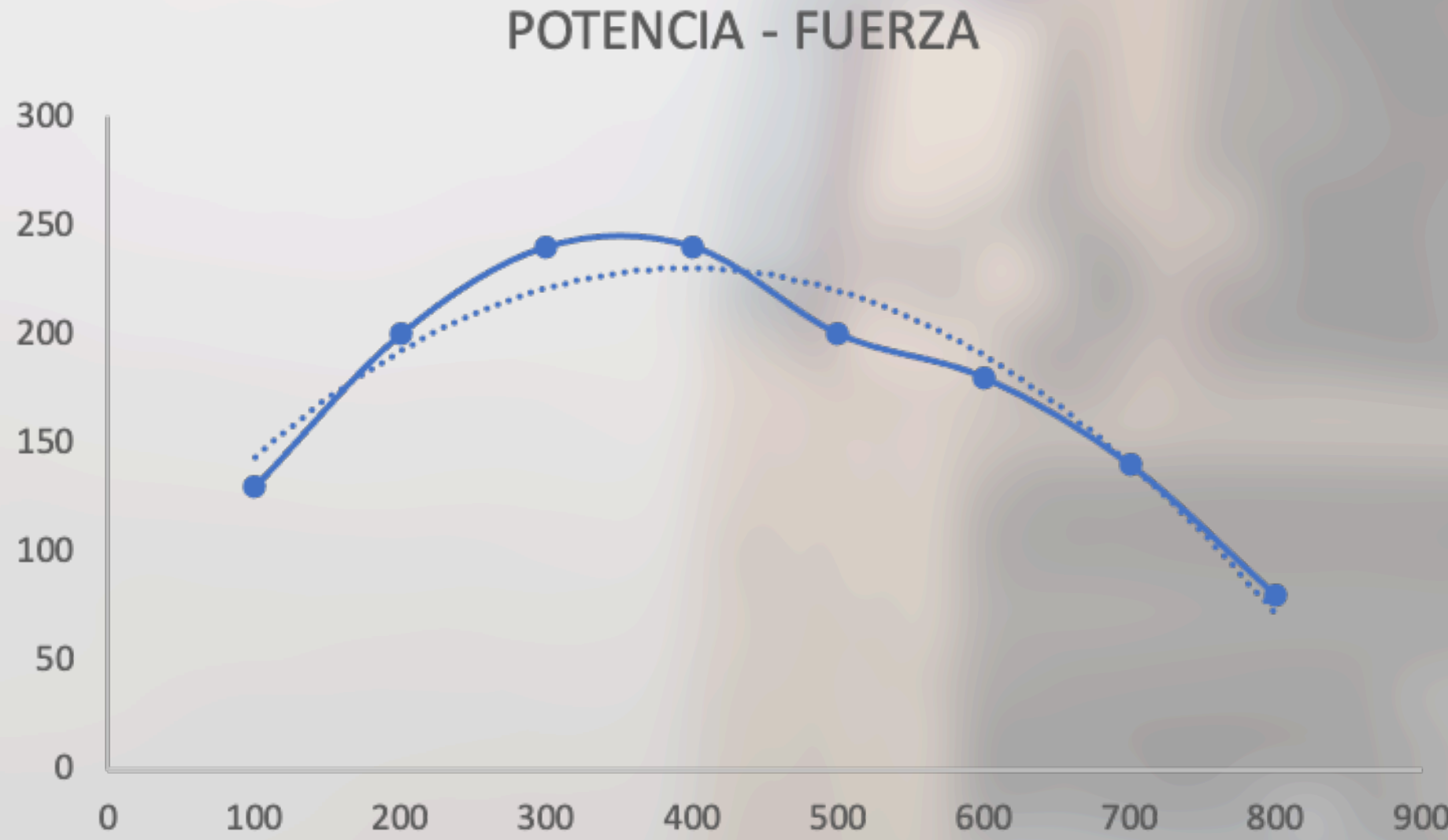
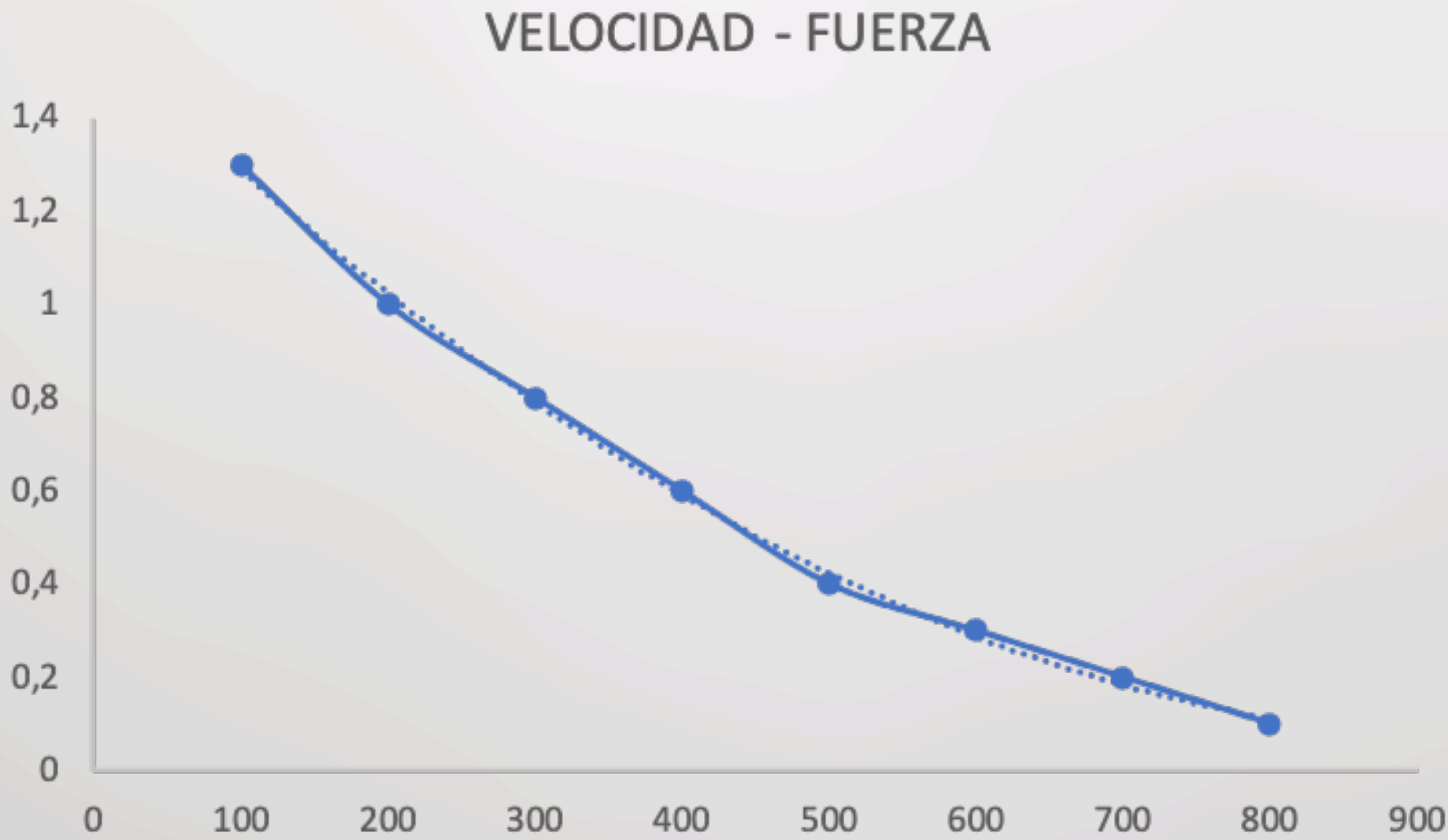
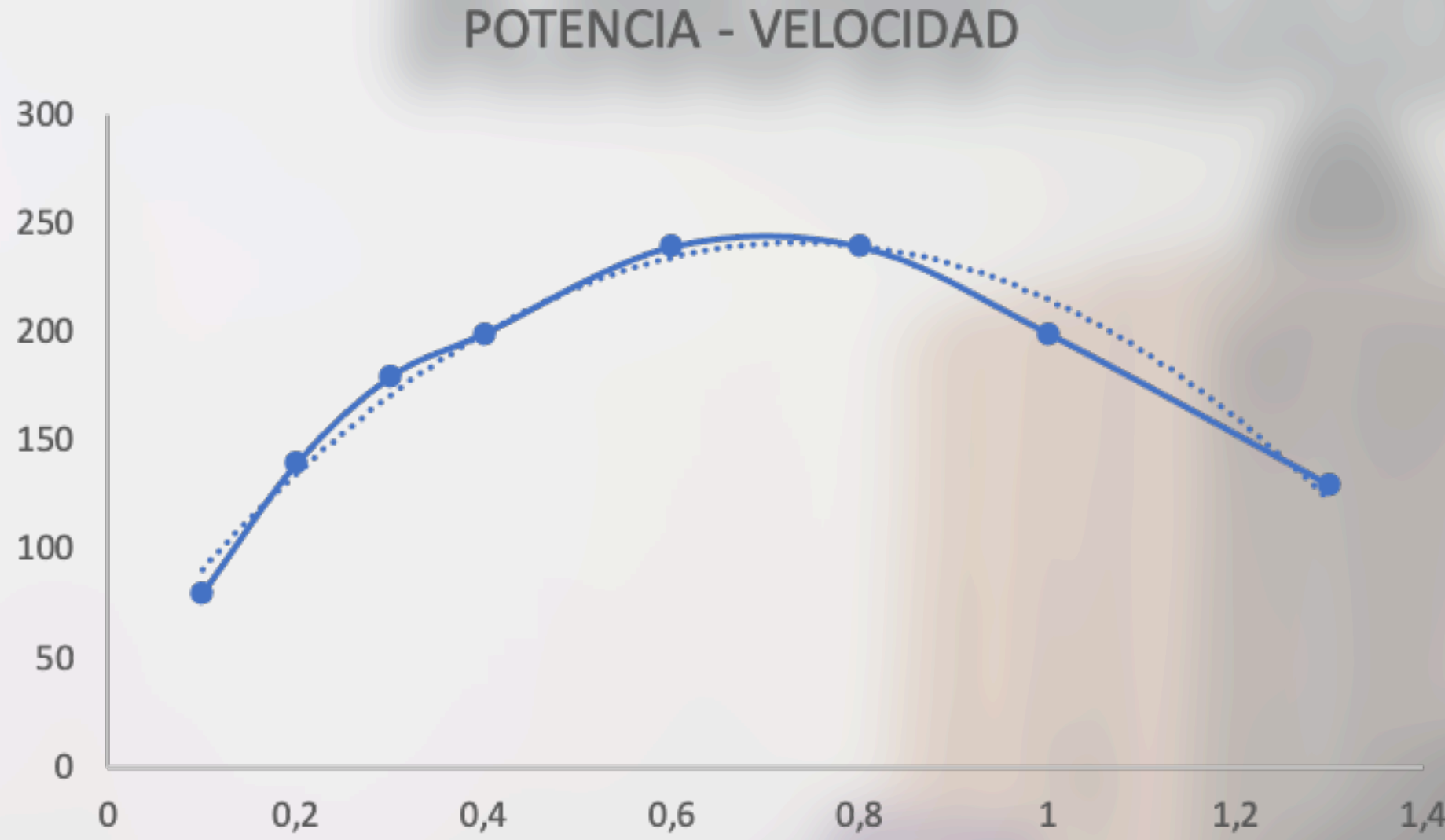
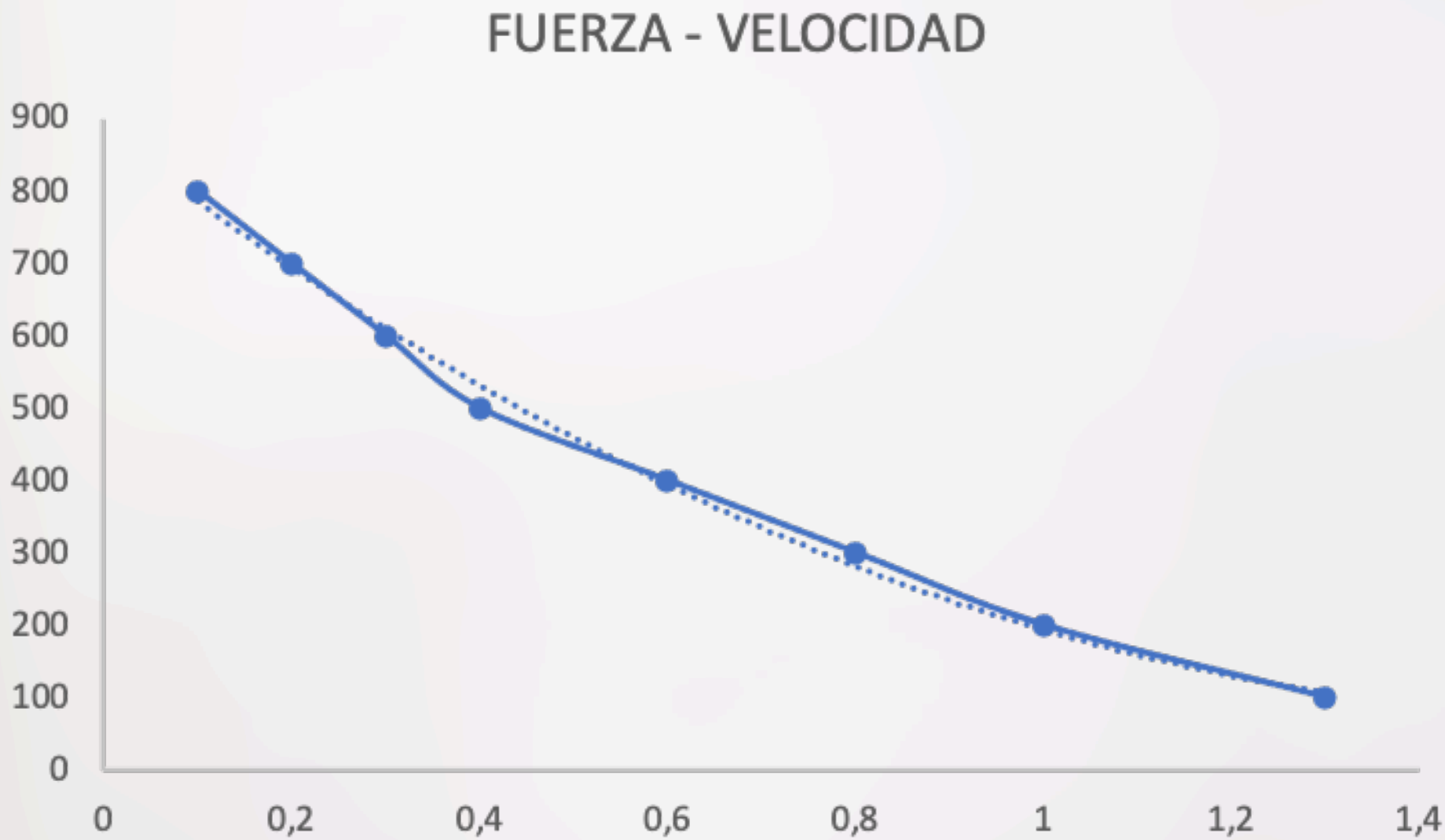
# GRÁFICOS POTENCIA (F-P & V-P)

FUE (N)	VEL (m/s)	POW (W)
100	1,3	
200	1	
300	0,8	
400	0,6	
500	0,4	
600	0,3	
700	0,2	
800	0,1	



# GRÁFICOS POTENCIA (F-P & V-P)

FUE (N)	VEL (m/s)	POW (W)
100	1,3	130
200	1	200
300	0,8	240
400	0,6	240
500	0,4	200
600	0,3	180
700	0,2	140
800	0,1	80





# POTENCIA MÁXIMA

La Potencia Máxima se da en el tercio medio de las cargas (y aproximadamente también en el tercio medio de la velocidad). Si la referencia es la carga, la potencia máxima se dará a la velocidad máxima de cada carga.

Así pues, para el desarrollo de la potencia máxima, se suele seleccionar una carga alrededor del 30%-70%, y se ejecutará a la máxima velocidad (por encima del 80% de la velocidad máxima a esa carga).

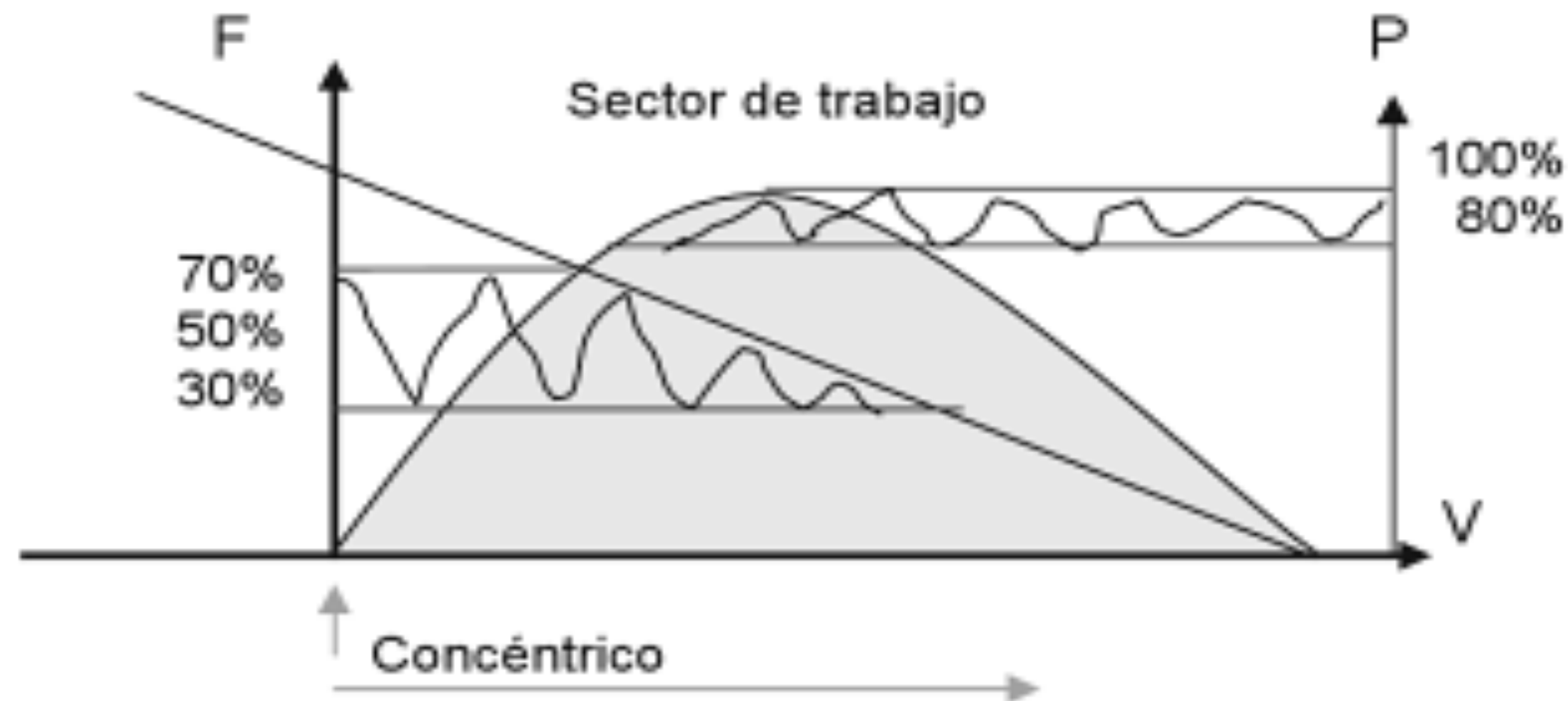


FIGURA 29. DESARROLLO DE LA POTENCIA MÁXIMA. FUENTE: THÉPAUT-MATHIEU ET AL. (1997).

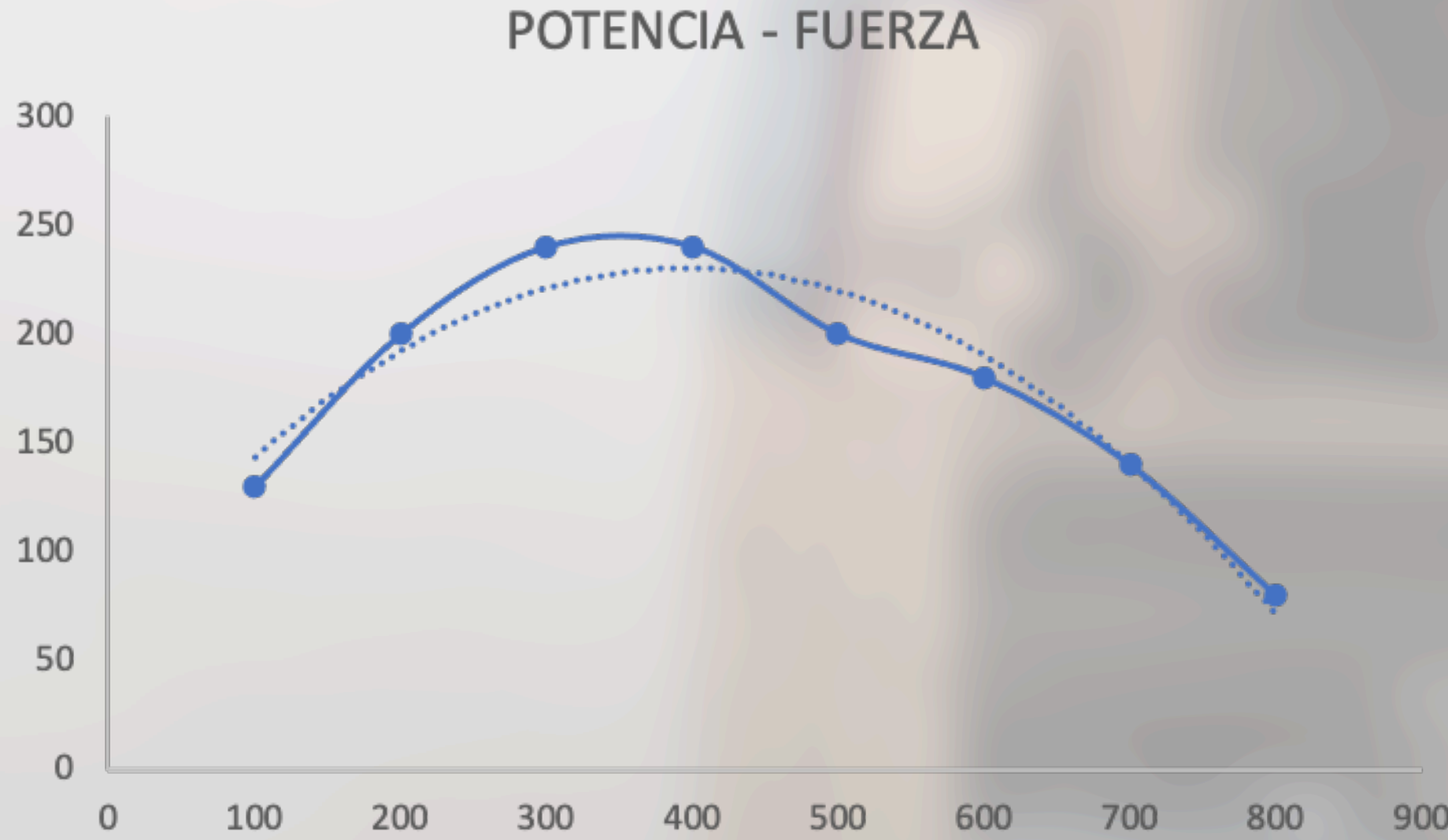
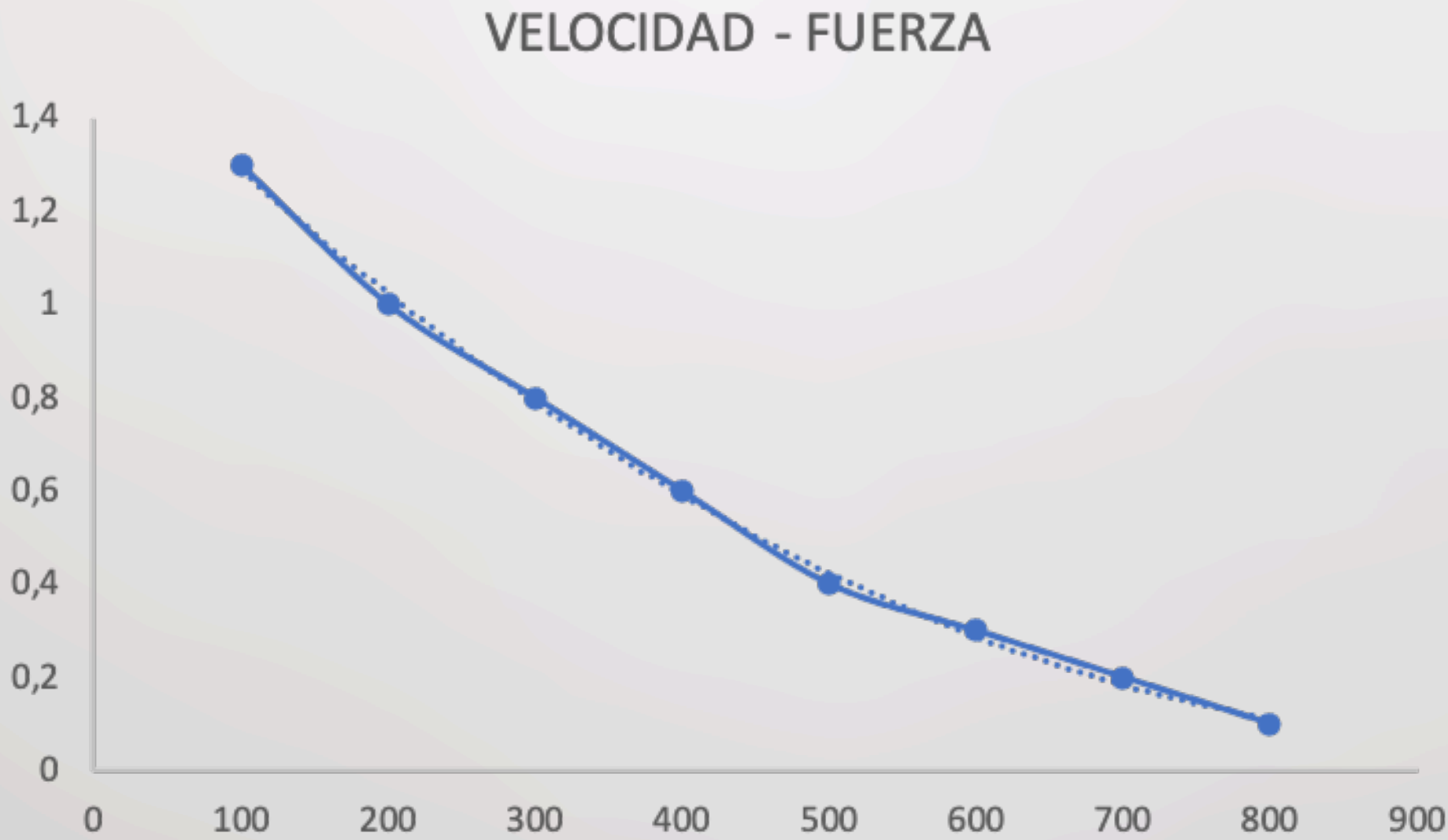
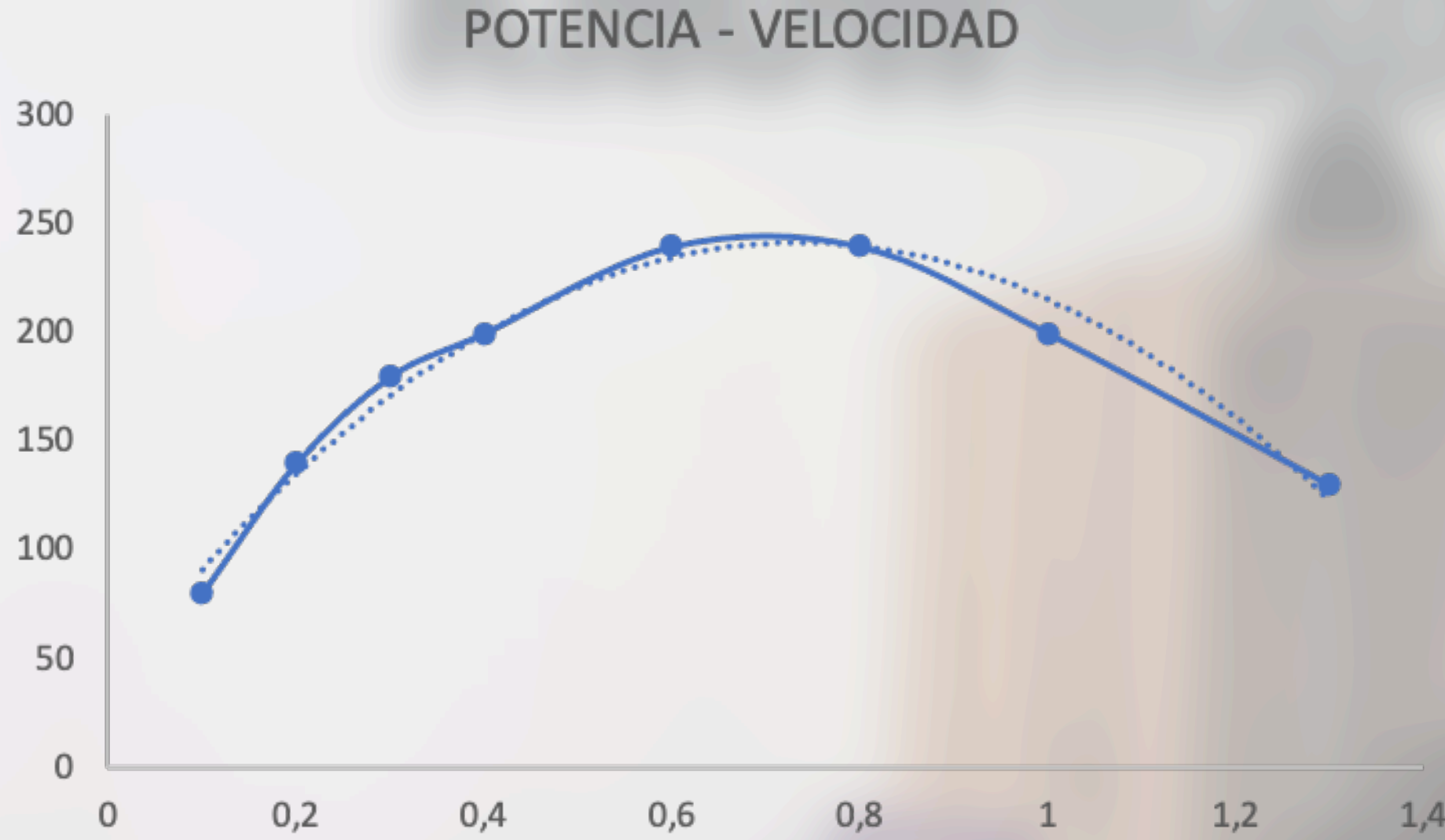
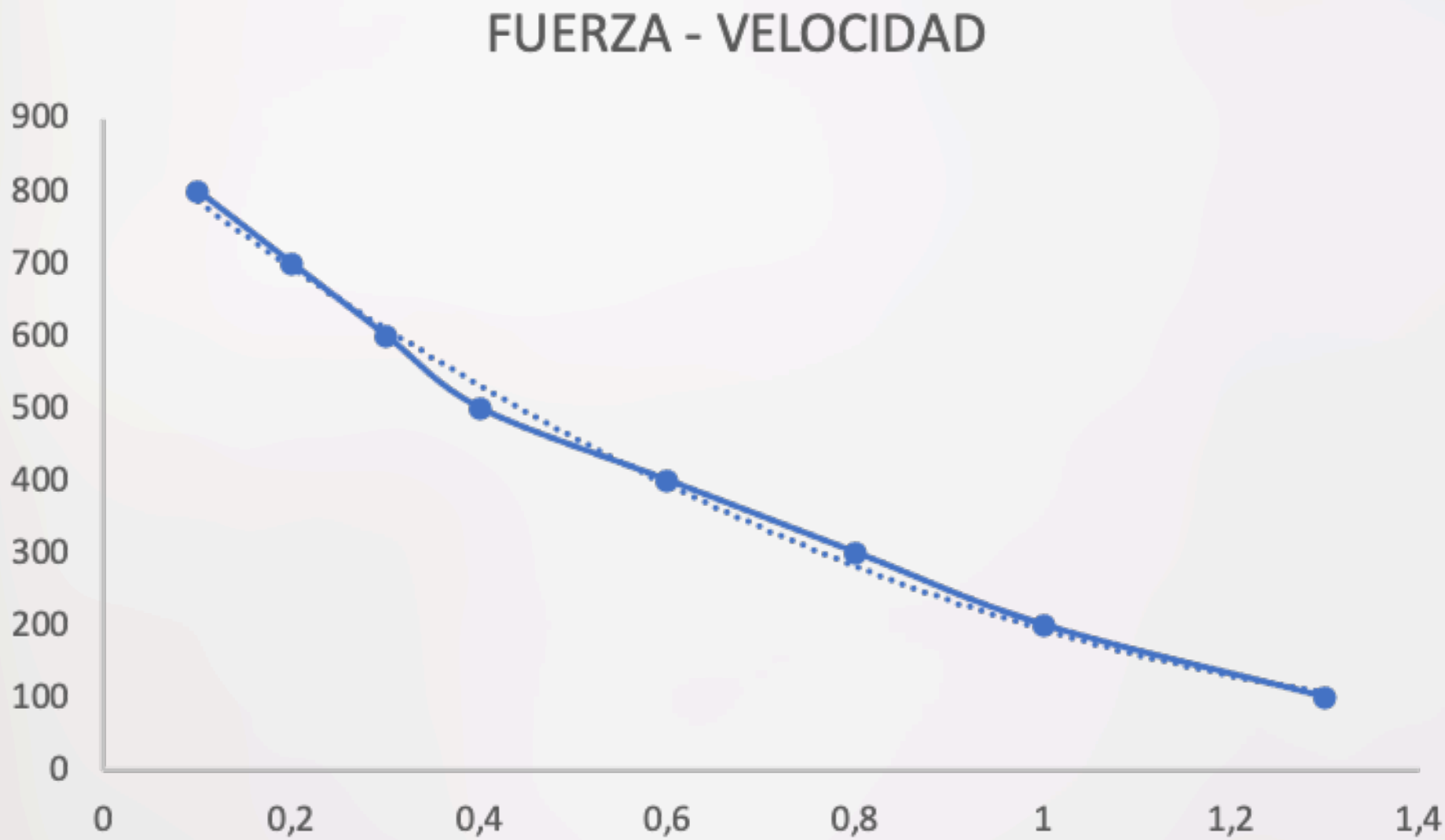


# CÁLCULOS POTENCIA (F-P & V-P)

FUE (N)	VEL (m/s)	POW (W)
100	1,3	130
200	1	200
300	0,8	240
400	0,6	240
500	0,4	200
600	0,3	180
700	0,2	140
800	0,1	80

$P_{MAX} = 240W$

Ejemplo, @90%  $P_{MAX}$   
 $240W \times 90\% = 216W$   
A. 200N @ 1,08m/s  
B. 300N @ 0,72m/s  
C. 400N @ 0,54m/s

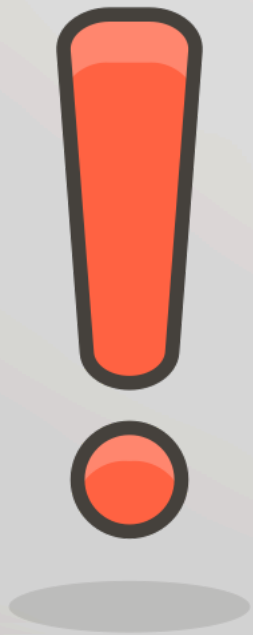


# CÁLCULOS POTENCIA (F-P & V-P)

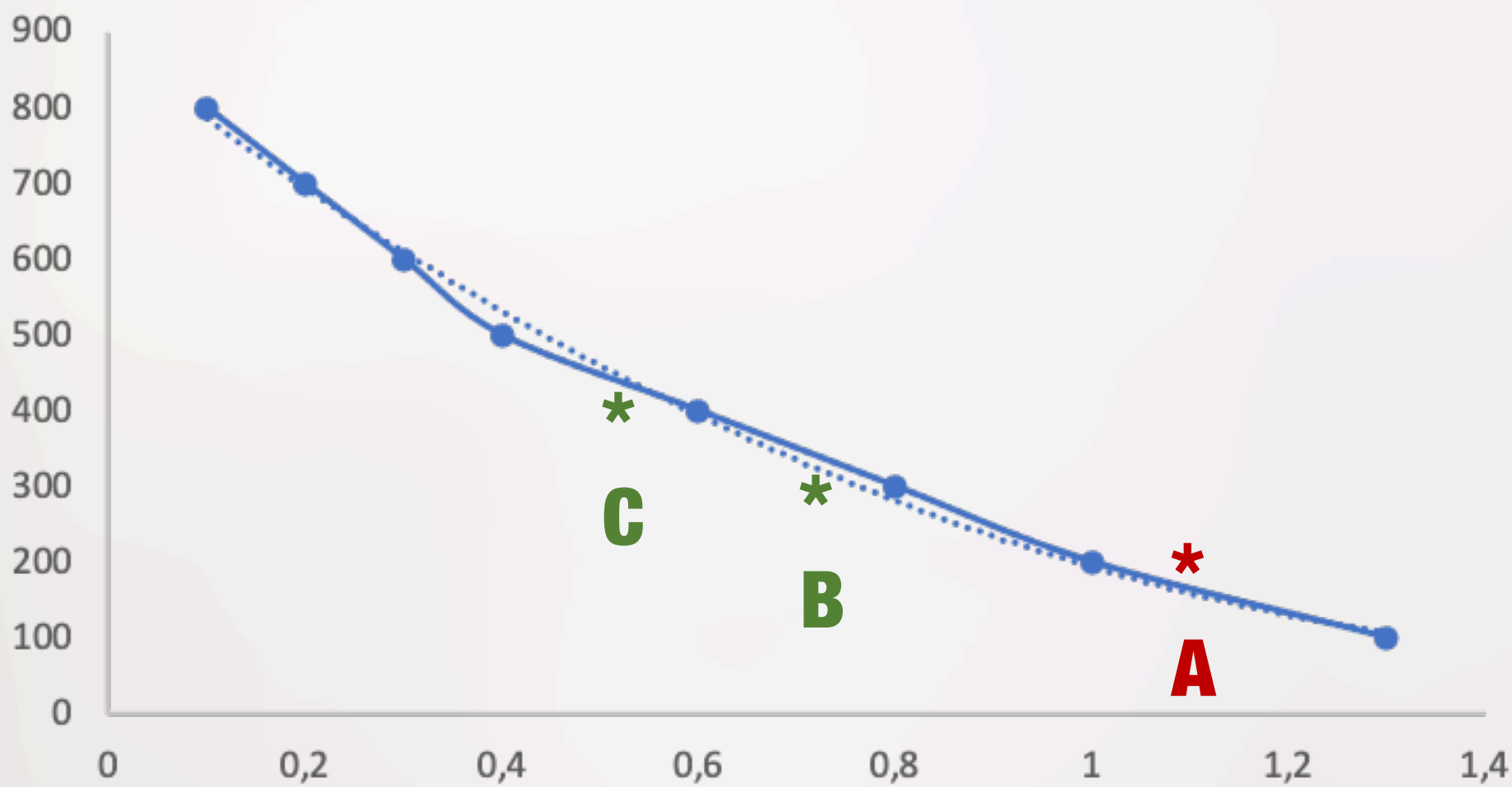
FUE (N)	VEL (m/s)	POW (W)
100	1,3	130
200	1	200
300	0,8	240
400	0,6	240
500	0,4	200
600	0,3	180
700	0,2	140
800	0,1	80

$P_{MAX} = 240W$

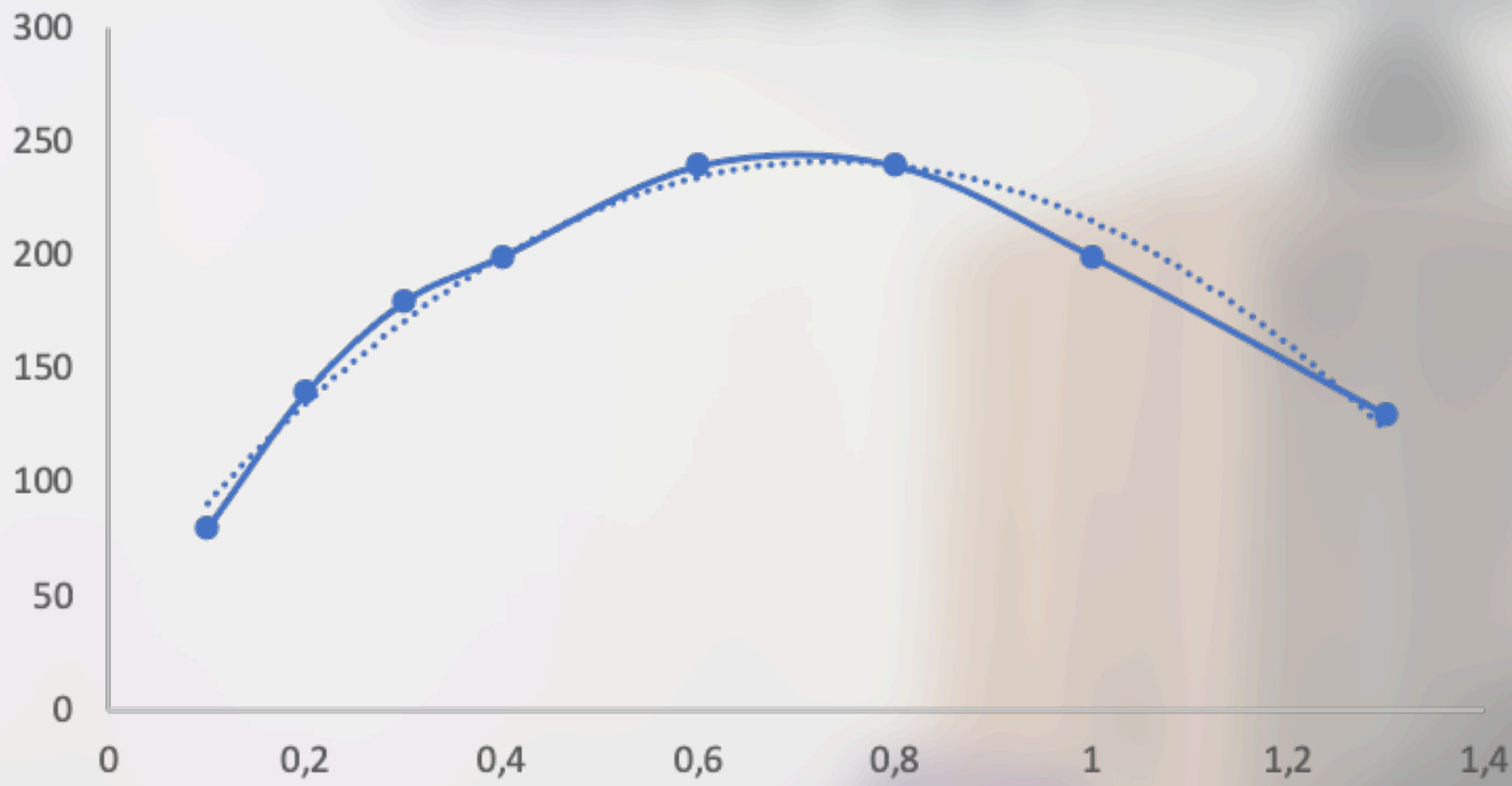
Ejemplo, @90%  $P_{MAX}$   
 $240W \times 90\% = 216W$   
A. 200N @ 1,08m/s  
B. 300N @ 0,72m/s  
C. 400N @ 0,54m/s



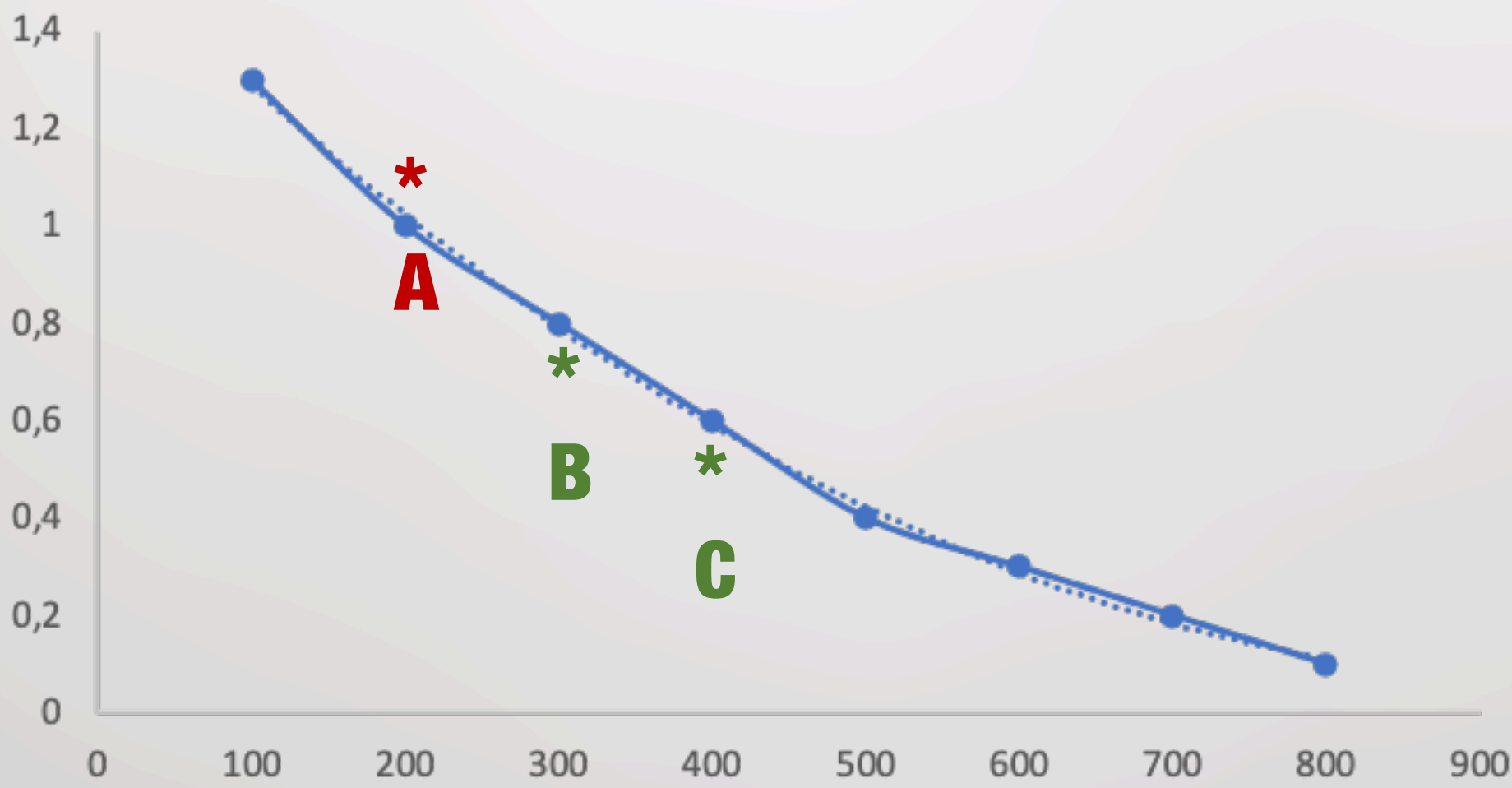
FUERZA - VELOCIDAD



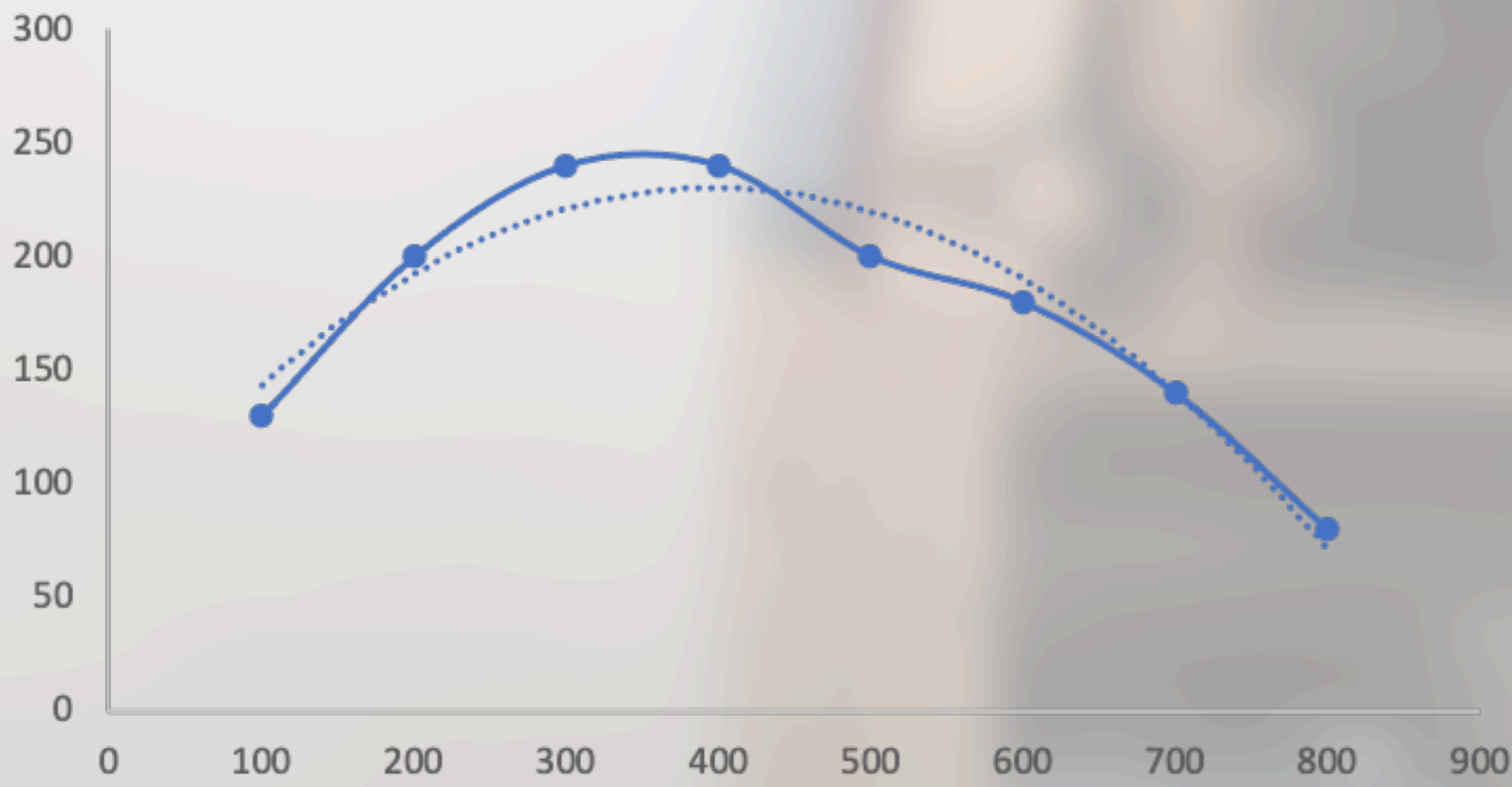
POTENCIA - VELOCIDAD



VELOCIDAD - FUERZA

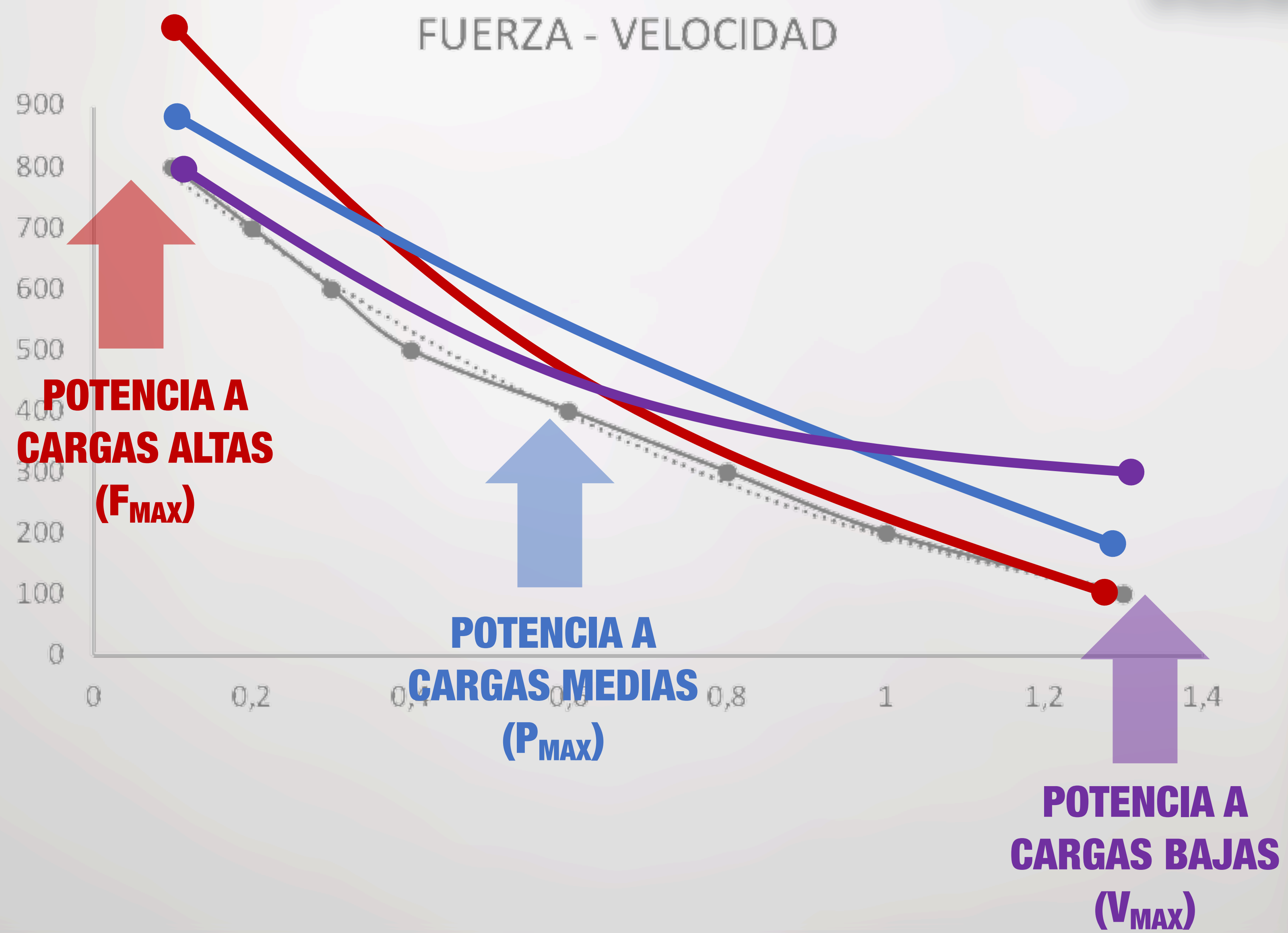


POTENCIA - FUERZA





# ¿ENTRENAMIENTO DE QUÉ POTENCIA?





# ENTRENAMIENTO DE LA POTENCIA (OLASO, 2006)

Para ganar potencia máxima a cargas medias:

- Intensidad: 45%-55% de la carga máxima
- Repeticiones por serie: entre 5 y 7 (o hasta la caída de la velocidad de ejecución)
- Series: entre 3 y 24 (¿?)
- Recuperación: Completa
- Metodología habitual: Pirámide

Para ganar potencia máxima a cargas altas (Potencia-Fuerza):

- Intensidad: 50%-70% de la carga máxima
- Repeticiones por serie: entre 4 y 6 (o hasta la caída de la velocidad de ejecución)
- Series: entre 3 y 24 (¿?)
- Recuperación: Completa
- Metodología habitual: Pirámide creciente

Para ganar potencia máxima a cargas bajas (Potencia-Velocidad):

- Intensidad: 30%-50% de la carga máxima
- Repeticiones por serie: entre 5 y 7 (o hasta la caída de la velocidad de ejecución)
- Series: entre 3 y 24 (¿?)
- Recuperación: Completa
- Metodología habitual: Pirámide descendiente

# MÉTODOS BASADOS EN LA POTENCIA DE EJECUCIÓN

Si logramos controlar la velocidad de ejecución, esta es la mejor forma de dosificar la carga de entrenamiento, por ello hay que considerar la velocidad como un factor determinante en la especificidad del mismo y un punto de referencia muy válido para el control del efecto fisiológico (Bosco, 1991).

Se pretende identificar los parámetros indicadores siguientes:

- Velocidad (velocidad media)
- Potencia (potencia media)
- Desplazamiento o recorrido de la barra (del movimiento)
- Pico máximo de potencia y tiempo máximo hasta alcanzarlo

Si se conoce todo esto, la metodología de entrenamiento viene determinada por la potencia máxima que se consiga desarrollar en un ejercicio, y el número de repeticiones por serie está condicionado por la potencia mínima que se es capaz de mantener durante la ejecución del estímulo (Olaso, 2006).



# MÉTODOS BASADOS EN LA POTENCIA (OLASO, 2006)

## Capacidad de Resistencia a la Fuerza

- Carga: 30%-70% de la carga máxima
- Repeticiones (mantener potencia mínima)
- Intensidad/Potencia: 70%-90% de la potencia máxima alcanzada con la carga usada

## Hipertrofia (selectiva IIb)

- Carga: 70%-90% de la carga máxima
- Repeticiones (mantener potencia mínima)
- Intensidad/Potencia: 80%-85% de la potencia máxima alcanzada con la carga usada

## Fuerza Máxima

- Carga: 70%-100% de la carga máxima
- Repeticiones (mantener potencia mínima)
- Intensidad/Potencia: 90% de la potencia máxima alcanzada con la carga usada

## Fuerza Rápida o Explosiva

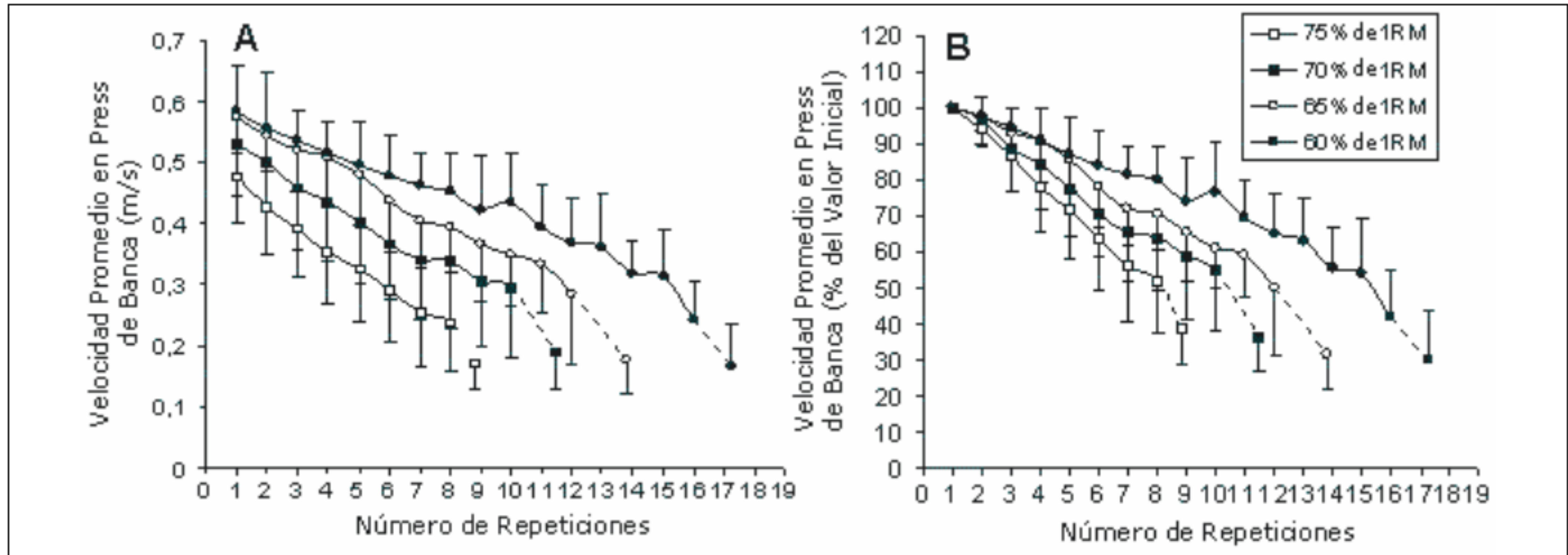
- Carga: 20%-70% de la carga máxima
- Repeticiones (mantener potencia mínima)
- Intensidad/Potencia: 90% de la potencia máxima alcanzada con la carga usada

<https://www.youtube.com/watch?v=ZGzINYPjXil>



# RESISTENCIA A LA (PÉRDIDA DE) POTENCIA

## EJEMPLO PRESS DE BANCA

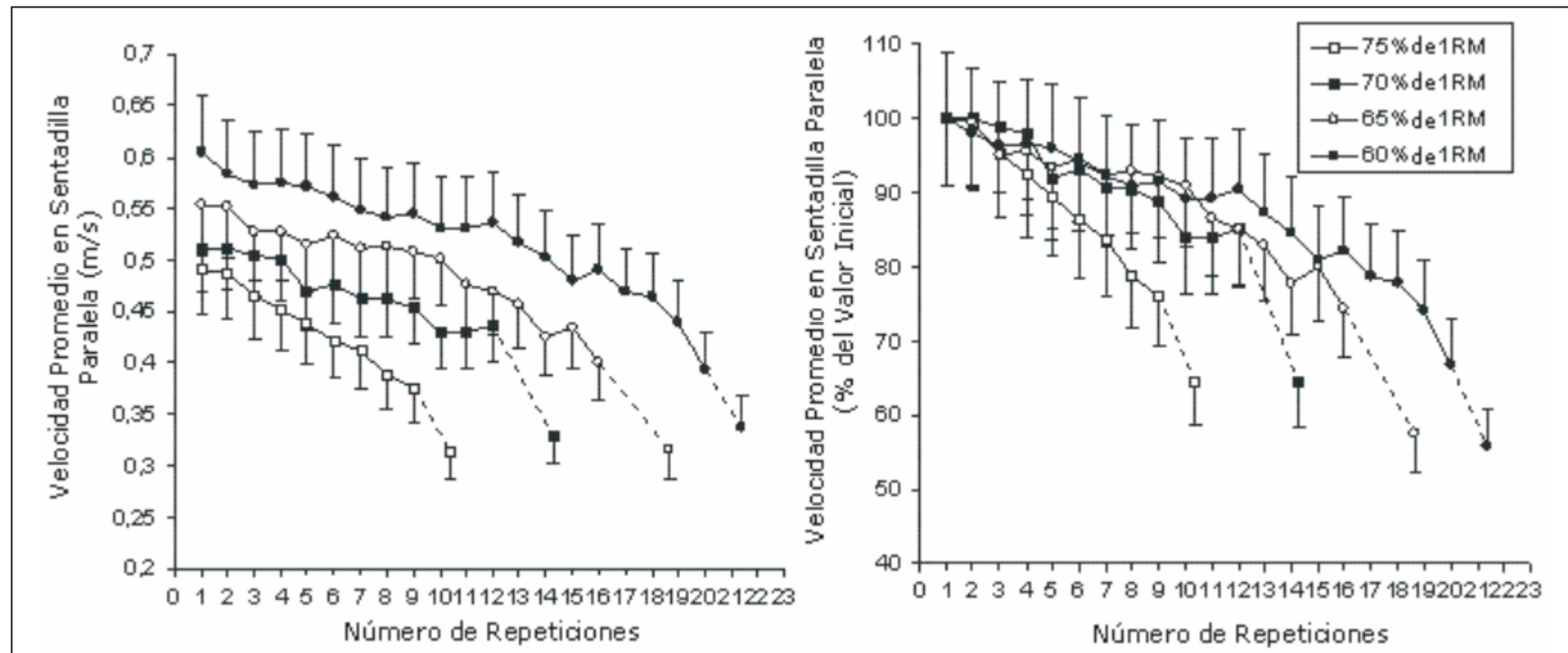


**Figura 1a y 1b.** Media de los cambios en la velocidad en press banca durante el curso de series aisladas submáximas de repeticiones hasta el fallo con diferentes porcentajes de 1 RM (60,65,70 y 75%) en acciones de press banca.. Los valores de la velocidad de press banca están expresados como valores absolutos(a) y como porcentaje de velocidad de la primera repetición (b).ver texto para disminuciones significativas en al media de la velocidad de repetición entre cargas (Modificado de IZQUIERDO M, GONZÁLEZ-BADILLO JJ, HÄKKINEN K, IBÁÑEZ J, KRAEMER WJ, ALTADILL A, ESLAVA J, GOROSTIAGA EM. (2006). Effect of loading on unintentional lifting velocity declines during single sets of repetitions to failure during upper and lower extremity muscle actions. *International Journal of Sports Medicine*. 27: 718–724)



# RESISTENCIA A LA (PÉRDIDA DE) POTENCIA

## EJEMPLO SENTADILLA



**Figura 2a y 2b.** Media de los cambios en la velocidad en sentadilla paralela durante el curso de series aisladas submáximas de repeticiones hasta el fallo con diferentes porcentajes de 1 RM (60,65,70 y 75%) en acciones de sentadilla paralela. Los valores de la velocidad de sentadilla paralela están expresados como valores absolutos(a) y como porcentaje de velocidad de la primera repetición (b).ver texto para disminuciones significativas en al media de la velocidad de repetición entre cargas. (Modificado de IZQUIERDO M, GONZÁLEZ-BADILLO JJ, HÄKKINEN K, IBÁÑEZ J, KRAEMER WJ, ALTADILL A, ESLAVA J, GOROSTIAGA EM. (2006). Effect of loading on unintentional lifting velocity declines during single sets of repetitions to failure during upper and lower extremity muscle actions. *International Journal of Sports Medicine*. 27: 718–724)



# METODOLOGÍA DE TRABAJO

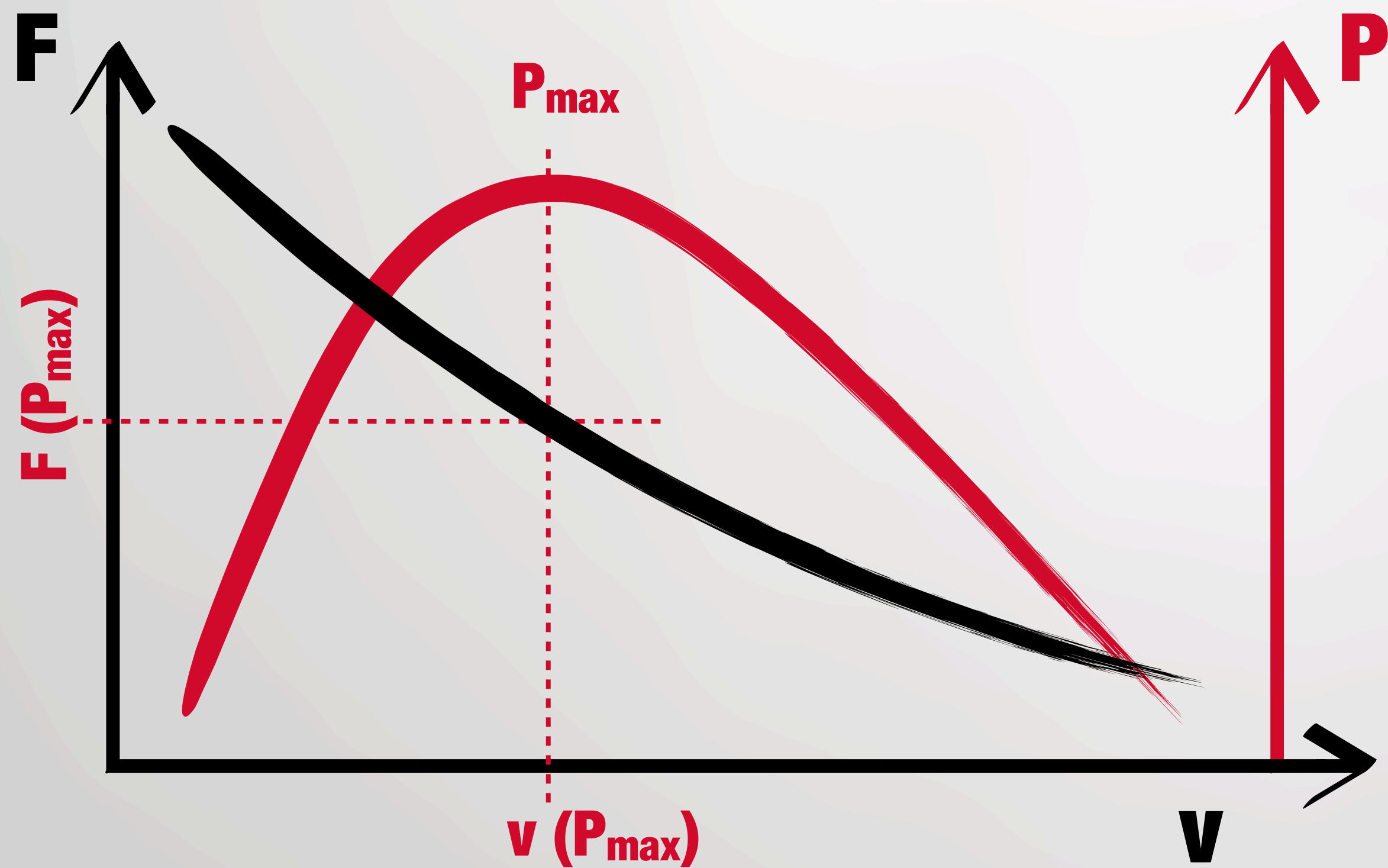
1. Decidir Potencia de trabajo según el objetivo del entrenamiento.
2. Calcular Resistencia de trabajo @ Velocidad de trabajo según objetivo del entrenamiento.
3. Calcular margen aceptable de trabajo respecto a la Potencia trabajo. Por ejemplo, 90%.
4. Calcular Potencia (y Velocidad) según el margen de trabajo.
5. No permitir que haya más de 1 repetición por debajo de la Potencia (o Velocidad) del margen de trabajo.







# RESUMEN VBT

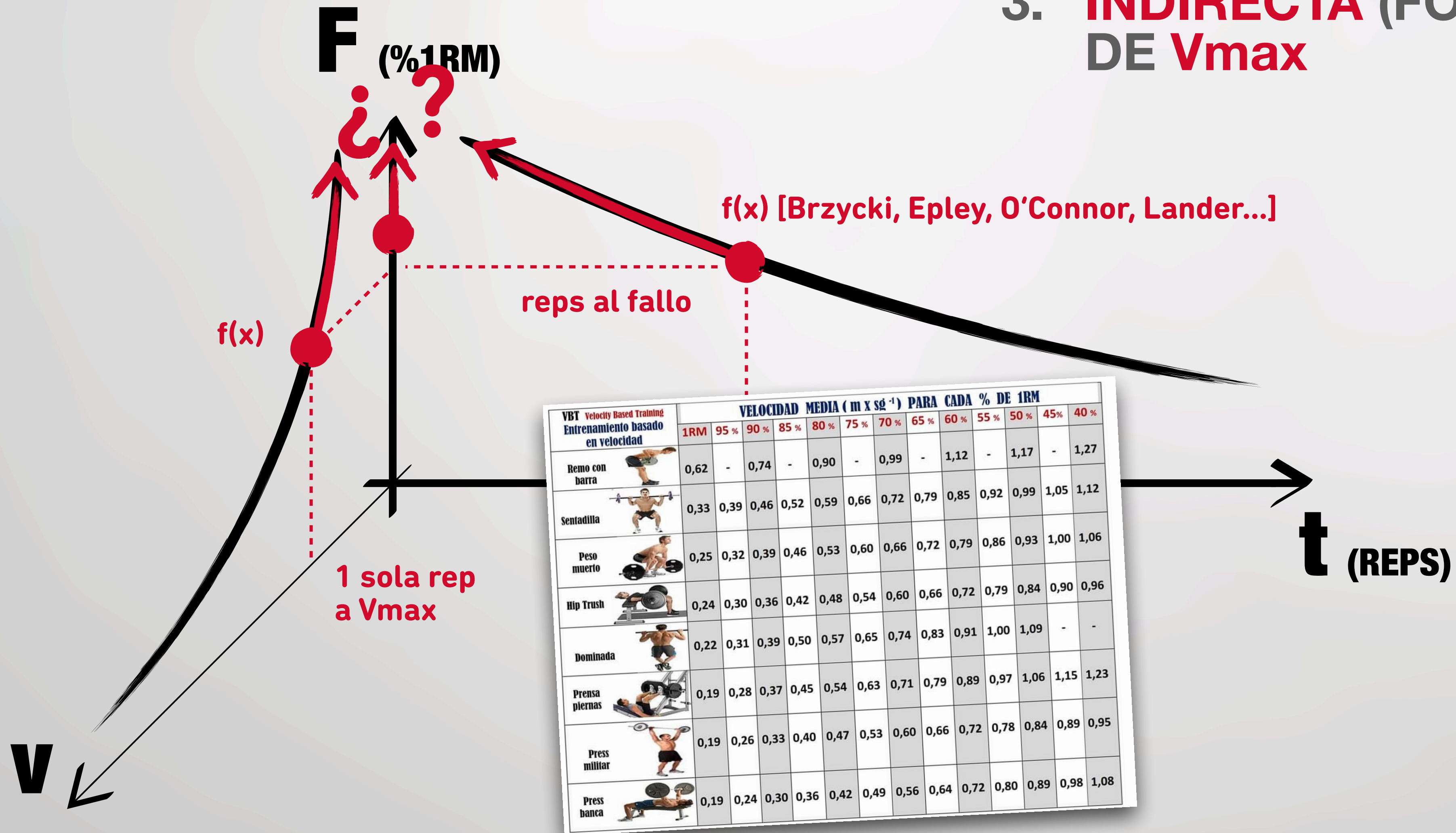




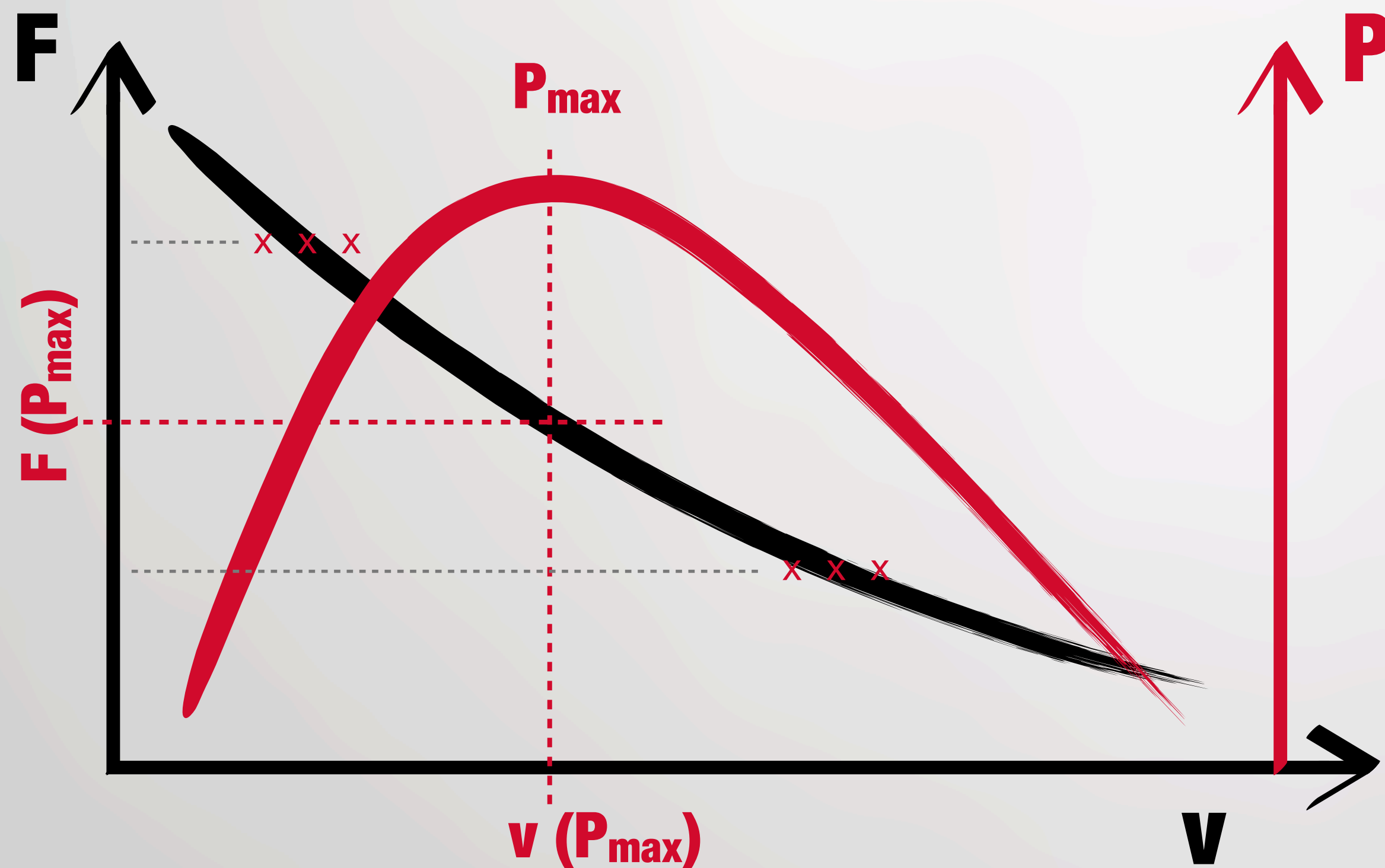
# RESUMEN VBT

# HALLAR LA 1RM (100%RM)

1. **ENSAYO-ERROR** HASTA PR
2. **INDIRECTA** (FÓRMULA) A TRAVÉS DEL FALLO
3. **INDIRECTA** (FÓRMULA) A TRAVÉS DE  $V_{max}$



# RESUMEN VBT



## PROGRAMAR CARGAS A TRAVÉS DE LA POTENCIA MECÁNICA

1. **TEST 6 reps** (3 ALTAS / 3 BAJAS)
2. RELACIÓN **FUERZA-VELOCIDAD**
3. RELACIÓN CON **POTENCIA**
4. HALLAR  **$P_{max}$**

CONOCER **TODAS** LAS RELACIONES **POTENCIA vs VELOCIDAD vs FUERZA**



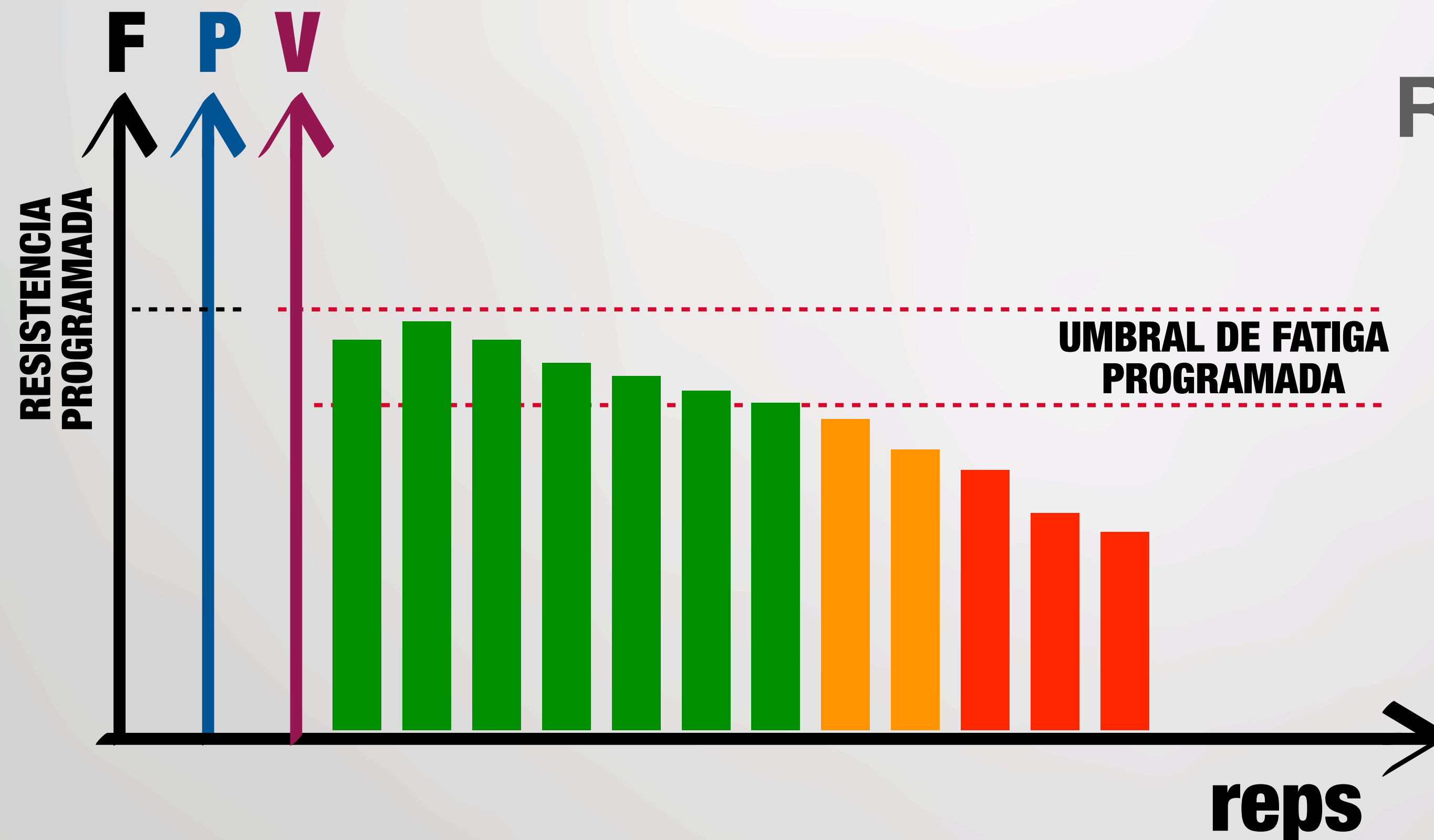
# RESUMEN VBT

**CONTROL DE LA FATIGA  
PROGRAMADA**

**REPETICIONES DE CALIDAD**

**VS**

**REPETICIONES VACÍAS  
MÁS RECUPERACIÓN & RIESGOS**



# RESUMEN VBT

## VARIABLES DEL ENTRENAMIENTO

PARÁMETROS APROXIMADOS	%1RM APROXIMADO	REPS DE TRABAJO	RIR / RPE APROXIMADO	%CE-MAX APROXIMADO	% PÉRDIDA DE VELOCIDAD	DESCANSO ENTRE SERIES
F-MAX (NEURAL)	>85%1RM	<6	1-4** / 9-6	50-70%	↓V<15%	COMPLETO 3-5' (+)
HIPERTROFIA*	65-85%1RM*	6-15* (8-12)*	0-2 / 10-8	80-100%	↓V 30-40% (+)	INCOMPLETO 1-3' (2')
FUERZA-RESISTENCIA*	<65%1RM*	>15*	0-4** / 10-6	>70%	↓V 20-30% (+)	INCOMPLETO 30''-60''
FUERZA-EXPLOSIVA*	30-70%1RM*	4-12* (6-10)*	>5** / 5-6	<50%	↓V<10%	COMPLETO 3-5' (+)

\*PUEDE DARSE A CARGAS BAJAS, MEDIAS Y ALTAS  
\*\*DEPENDE DE LAS REPS A REALIZAR, MEJOR VER EL %CE-MAX



# RESUMEN VBT

## ENTRENAMIENTO **DE LA** POTENCIA

&

## ENTRENAMIENTO **CONTROLANDO** LA POTENCIA (**VELOCIDAD**)

- MAYOR **FUNCIONALIDAD** ( $F_{max}$ , RFD)
- **SINCRONIZACIÓN** UNIDADES MOTORAS
- **COORDINACIÓN** NEUROMUSCULAR
- PRIORIDAD DE **FIBRAS RÁPIDAS** FT(Iib)
- MAYOR **ANABOLISMO** (TEST & GH)
- **COMPOSICIÓN** CORPORAL
- **PREVENCIÓN** (LESIONES, CAÍDAS...)

- INDICADOR DE **INTENSIDAD** ( $W/t = F \cdot v$ ) REAL
- INDICADOR DE **FATIGA** (PÉRDIDA DE P) REAL
- **PRESCRIPCIÓN** PRECISA DE LAS CARGAS DE ENTTO
- CÁLCULO **1RM SIN FATIGA**
- CÁLCULO **RESISTENCIA ÓPTIMA**
- CÁLCULO **VELOCIDAD ÓPTIMA**
- **FEEDBACK** AUTOMÁTICO EN CADA REPETICIÓN