

See discussions, stats, and author profiles for this publication at: <https://www.researchgate.net/publication/384578644>

UTILIDAD DEL POTENCIÓMETRO EN LAS CARRERAS POR MONTAÑA. ARCADI MARGARIT. V CONGRESO INTERNACIONAL DE CARRERAS POR MONTAÑA

Presentation · October 2022

DOI: 10.13140/RG.2.2.20840.28165

CITATIONS

0

READS

17

1 author:



[Arcadi Margarit Boscà](#)

University of Valencia

12 PUBLICATIONS **0** CITATIONS

SEE PROFILE

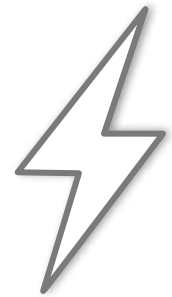
UTILIDAD DEL POTENCIÓMETRO EN LAS CARRERAS POR MONTAÑA

ARCADI MARGARIT

**V CONGRESO INTERNACIONAL DE CARRERAS
POR MONTAÑA**

ÍNDICE

- ¿**QUE ÉS** - y qué no es- Y CÓMO SE CALCULA LA POTENCIA EN CARRERA?
- ¿**POR QUÉ LA POTENCIA EN TRAIL RUNNING?**
- **APLICACIONES PRÁCTICAS**
 - Estimación de la demanda energética.
 - Individualización y aplicaciones al entto.
 - Análisis de entrenamiento y competiciones.



¿QUÉ ES LA POTENCIA?

...DESDE UN PUNTO DE VISTA MECÁNICO...

- POTENCIA (P) = trabajo por unidad de tiempo = FUERZA (F) x VELOCIDAD (V)
- POTENCIA (W) = ‘fuerza aplicada en el suelo por la velocidad con que el pie despega’

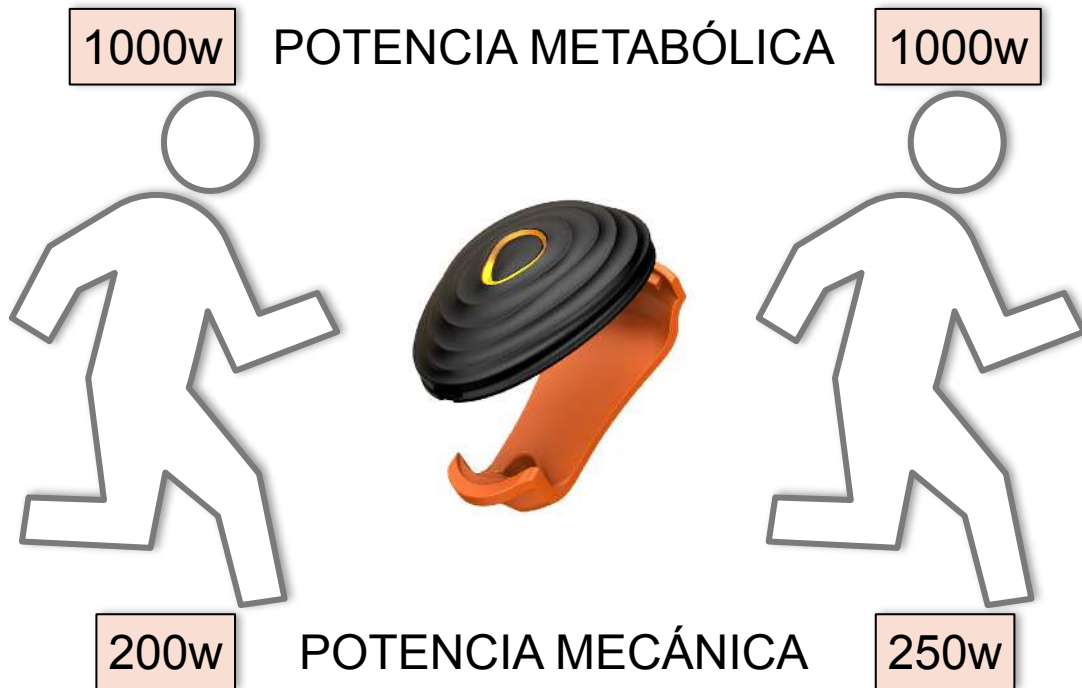
Vance (2016)



VÁLIDO PARA CICLISMO PERO, ¿PARA CARRERA?

¿PERO ESTO REALMENTE SE PUEDE MEDIR
EN CARRERA CON *WEARABLES*?

¿Qué es la potencia?



POTENCIA METABÓLICA

- **Input** o marcador interno.
- **Energía o trabajo total** por unidad de tiempo.
- **Calorimetría indirecta, VO2, RPE...**
- Evalúa **esfuerzo general**.

POTENCIA MECÁNICA

- **Output** o marcador externo.
- Energía empleada para **mover el cuerpo** para avanzar.
- Suele estar en torno al **20-25% de la energía total**.
- Evalúa la **biomecánica**.

Snyder et al. (2020). Running Power Definition and Utility. Stryd White Paper.

POTENCIA MECÁNICA: ESFUERZO QUE SE DESTINA A AVANZAR

'the running speed is assumed to be constant' (Jenny & Jenny, 2020)

¿CÓMO SE CALCULA/ESTIMA ESTA POTENCIA MECÁNICA?

THE RUNNING MODEL

Power of the human engine equals the sum of:

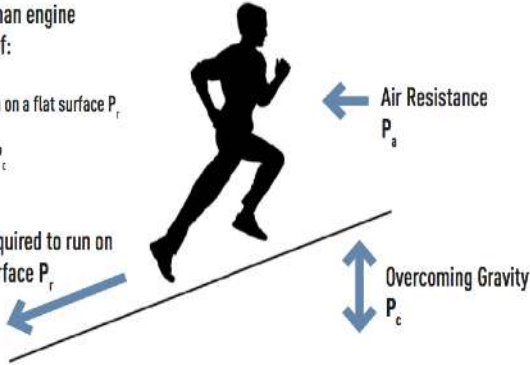
Effort required to run on a flat surface P_r

Air Resistance P_a

Overcoming Gravity P_c

$$P = P_r + P_a + P_c$$

Effort required to run on a flat surface P_r



Van Dijk, van Megen & de Jong (2021)

Running power meters and theoretical models based on laws of physics: effects of environments and running conditions

Running head: Running power meters and theoretical models

Cerezuela-Espejo et al. (2020)

- Power reflects your intensity and effort by quantifying speed, form, elevation change and wind resistance as a single number in real-time.
- Stryd tracks your foot through three dimensional space and records the accelerations, impacts, and forces that are being applied.

Curso de Stryd para entrenadores (2020)

On the mechanical power output required for human running – Insight from an analytical model

David F. Jenny, Patrick Jenny*

Department of Mechanical and Process Engineering, Swiss Federal Institute of Technology, Switzerland

Jenny & Jenny (2020)



**ESTIMACIÓN DEL DATO A PARTIR DE DIFERENTES VARIABLES Y
MODELOS DE CÁLCULO**

APROXIMACIÓN A LA ESTIMACIÓN DE LA POTENCIA

STRYD: ACELERACIONES +
VARIABLES
ESPACIOTEMPORALES +
VELOCIDAD + VIENTO +
PENDIENTE



**POTENCIA 'POSITIVA' o
'CONCÉNTRICA'**
(fase aceleración, propulsión...)

**POTENCIA 'NEGATIVA'
o 'EXCÉNTRICA'** (fase
deceleración, frenado, cambio
dirección...)

**POTENCIA MECÁNICA
INTERNA** (brazos)

**POTENCIA
MECÁNICA EXTERNA**
(piernas).
 $F \text{ (GRFs)} \times V \text{ (CoM)}$

*Pod solo mide V. Estima F (modelo
masa-muelle en carrera o péndulo
invertido en caminar)

**POTENCIA
MECÁNICA**

(+/-20-25% de la potencia
metabólica)

**CALOR/ENERGÍA
TÉRMICA, 'PÉRDIDAS
ENERGÉTICAS'...**

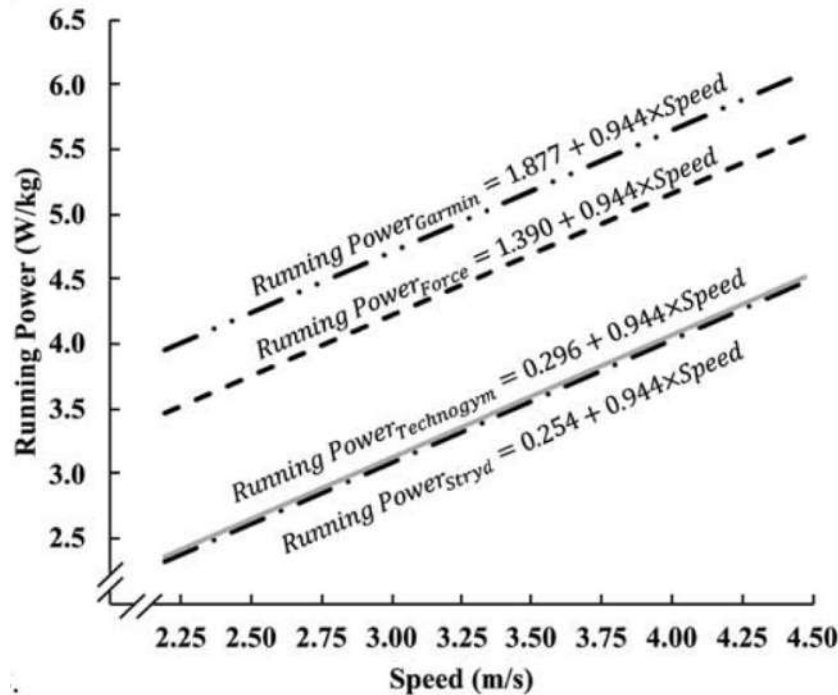
**POTENCIA
METABÓLICA/
TRABAJO x
UNIDAD DE
TIEMPO** (fuerzas por
velocidad/ratio gasto
energético)

*A partir de Jenny & Jenny (2020), Cerezuela-
Espejo et al. (2020), Snyder et al. (2020),
Taboga et al. (2021), Peyré-Tartaruga et al.
(2021), Patoz et al. (2021)*

'mechanical power output is proportional to the O2 consumption rate' (Jenny & Jenny, 2020)

Stryd, p.e., a partir de la **estimación de la 'potencia positiva'**, estima la **POTENCIA METABÓLICA** y con ello **APROXIMA LA RATIO DE GASTO ENERGÉTICO**

APROXIMACIÓN DEL GASTO ENERGÉTICO



Taboga et al. (2021)

> VELOCIDAD

> VATIOS

> VO₂

CONDICIONANTES

- **Mismo modo de locomoción** (correr vs correr - caminar vs caminar)
- **Superficie** no (demasiado) irregular y no blanda (Lara et al. 2018).
- Comparaciones **intrasujeto** (Imbach et al. 2020).
- **Movimiento** más o menos **lineal y velocidad** más o menos **constante** (sin cambios bruscos).

EXCELENTE RELACIÓN ENTRE POTENCIA (Stryd) Y VO₂ (incrementando la velocidad) (Imbach et al., 2020; Van Dijk & Van Megen, 2017)

DISPOSITIVOS



Stryd fue el dispositivo con la **mejor reproducibilidad** (en app y en el reloj) tanto indoor –llano y pendiente– como outdoor; así como el que mostró **mayor correlación con el VO2**.

Conclusión: ‘**basados en la alta reproducibilidad y correlación con VO2 de stryd, recomendamos a los deportistas a usar este dispositivo para medir la potencia en carrera**’.



Cerezuela-Espejo et al. (2020). Are we ready to measure running power? Repeatability and concurrent validity of five commercial technologies? European Journal of Sport Science.

¿POR QUÉ LA POTENCIA EN TRAIL?

1. Paliar algunas **limitaciones de otros marcadores**.
2. **Predicciones y aplicaciones en el entrenamiento** (curva, CP...)
3. Incluye la **pendiente y el viento**.
4. **Variable instantánea** de la 'demanda metabólica'.
5. Determinación de **métricas biomecánicas (y 'fisiológicas')** para el **postanálisis**.

PERO... ¿LE LLAMAMOS 'POTENCIA' O 'NÚMERO QUE APROXIMA UNA DEMANDA ENERGÉTICA'?

'power represents the function of the human motor, the muscles and the heart-lung function, which can deliver a certain power, in a number expressed in watts' (Van Dijk, Van

Megen, De Jong 2021)

PRINCIPALES APLICACIONES PRÁCTICAS DE LA POTENCIA EN TRAIL RUNNING

- Estimación de la **ratio de consumo energético**.
- **Evaluación** del rendimiento y análisis de datos biomecánicos.
- Generación de métricas/datos (**análisis y predicción**).

ESTIMACIÓN DE LA RATIO DE DEMANDA ENERGÉTICA (VELOCIDAD, PENDIENTE Y VIENTO)

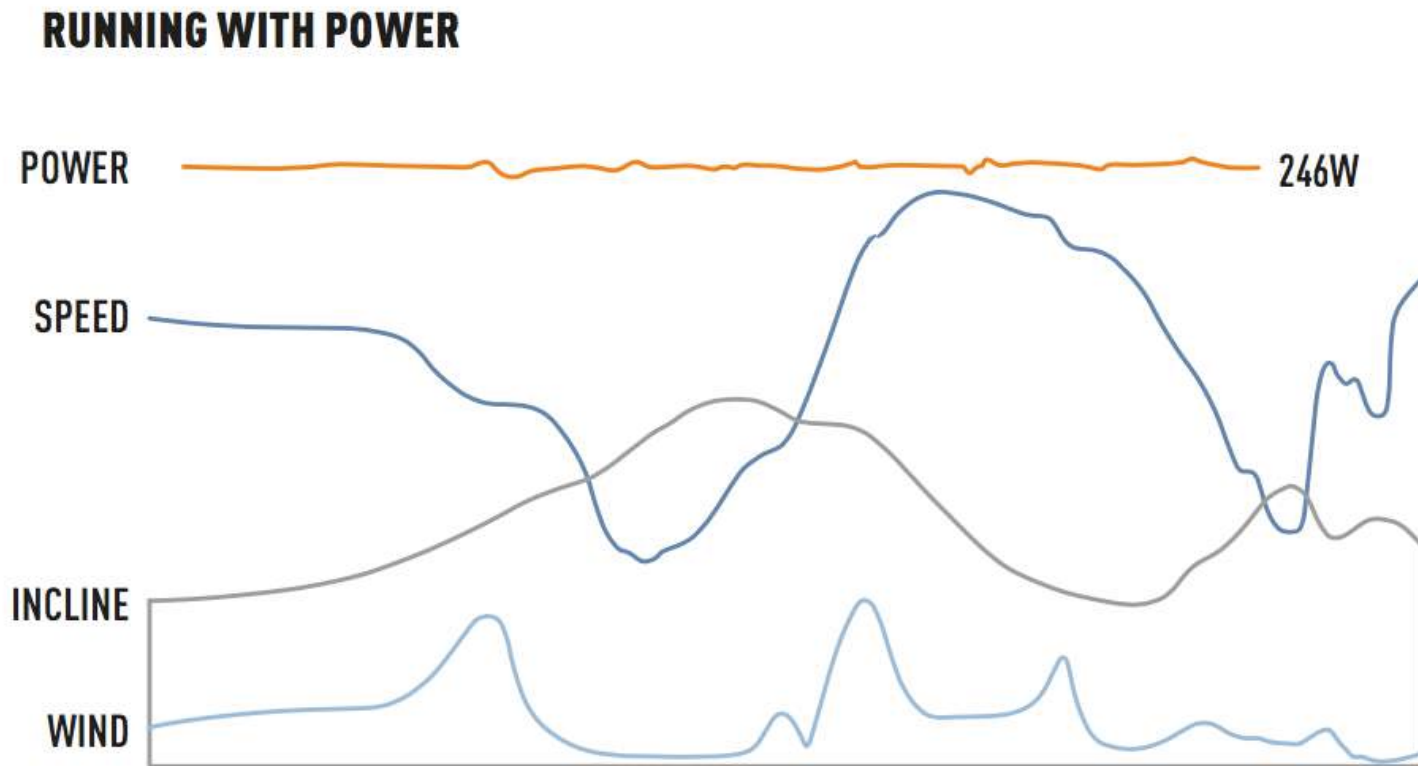
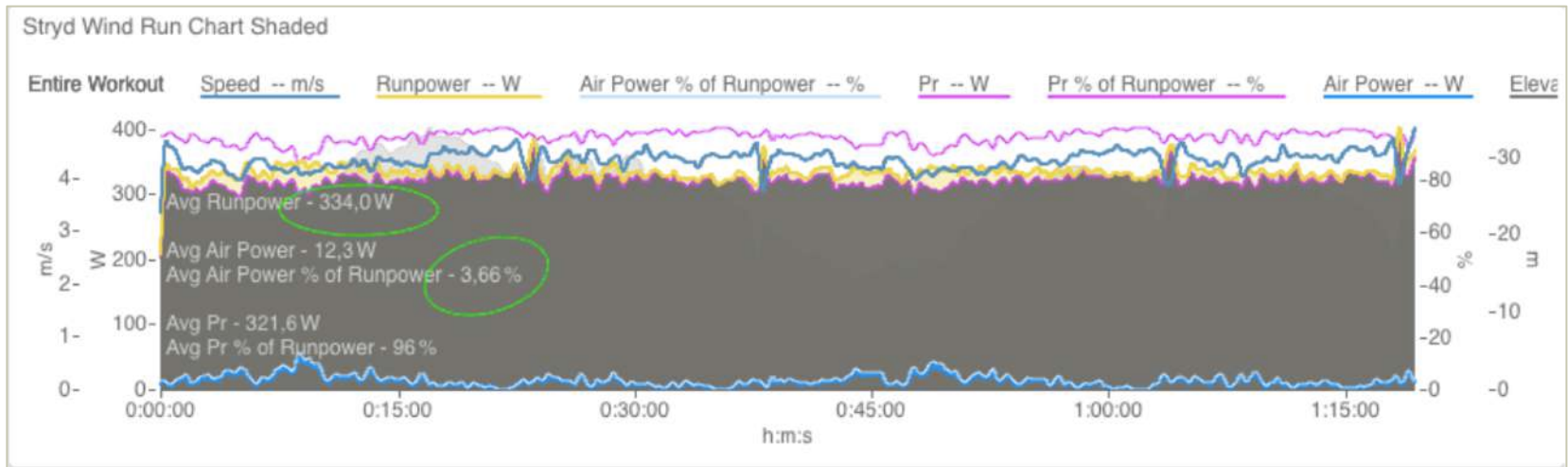


Figure 2: Running with Power: one number

The fastest way to your next personal best: Running Power. Van Dijk, van Megen & de Jong (2021).

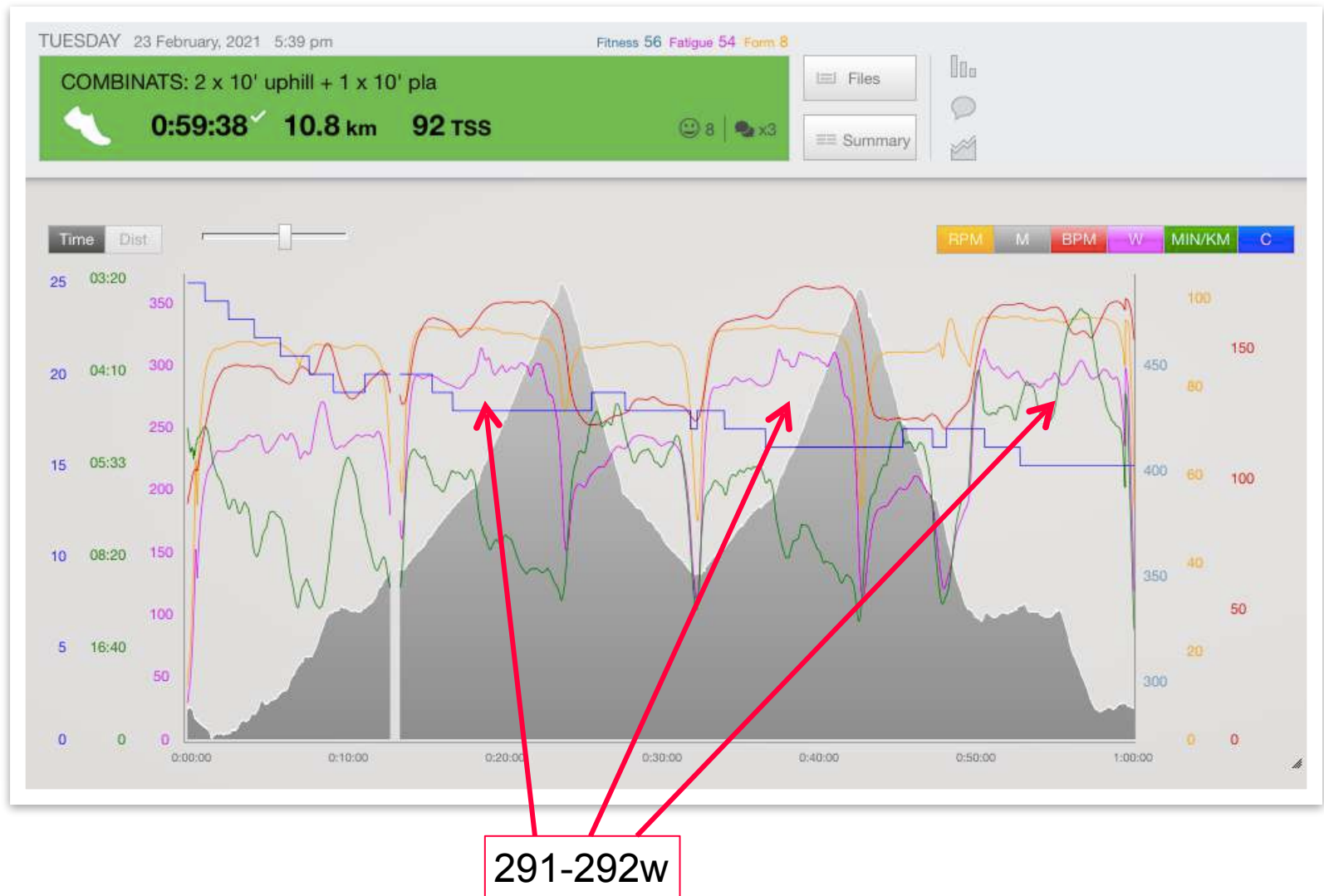
ESTIMACIÓN DE LA DEMANDA METABÓLICA

(VIENTO)

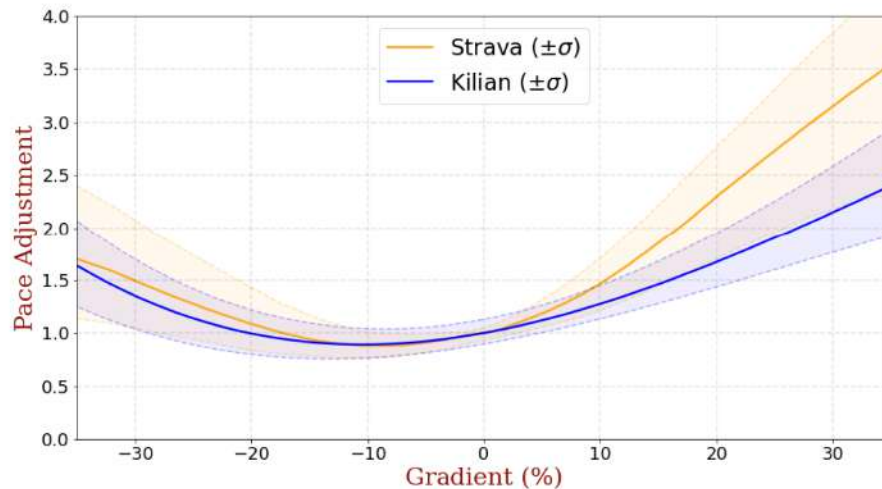


Potencia objetivo < ritmo con viento

ESTIMACIÓN DE LA DEMANDA ENERGÉTICA (PENDIENTE)



Kilian Jornet vrs. Strava GAP



Gradient Adjusted Pace Comparison: Strava GAP model and 1 sigma confidence region as extracted from [here](#), together with the GAP model we have computed for Kilian Jornet and its corresponding 1 sigma confidence region. Image by PickleTech.

Fuente: <http://www.pickletech.eu> (2022)

POTENCIA vs GAP

- Mayor facilidad de **comparativa intrasujeto** del 'perfil' de corredor y para individualizar.
- Mayor facilidad para **comparar diferentes % de pendientes**.
- Potencia: tiene en cuenta el **viento**.

TEST PAM SUBIDA 5'

Duration		Distance		TSS	
05:32.72		1.16 km		12	
Work	74 kJ	IF	1.19		
NP	225 W	VI	1.01		
Pa:Hr	16.06%	EF	1.49		
El. Gain	92 m	Grade	7.3%		
El. Loss	7 m	VAM	883 m/h		
W/kg	4.61				

TEST 1KM

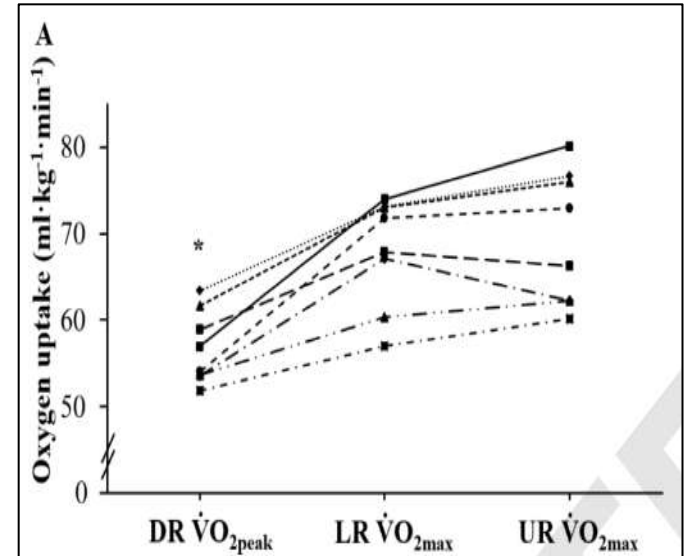
Duration		Distance		TSS	
03:36.43		0.99 km		7	
Work	46 kJ	IF	1.14		
NP	217 W	VI	1.01		
Pa:Hr	10.82%	EF	1.27		
El. Gain	15 m	Grade	-0.2%		
El. Loss	17 m	VAM	90 m/h		
W/kg	4.44				

**CUESTA ARRIBA SE PUEDE/SUELE GENERAR MÁS POTENCIA
(‘CONCORDANCIA’ CON LO QUE PASA ENERGÉTICAMENTE,
>VO2MAX)**

(Paavolainen et al. (2000); Lauenstein et al. (2013), Balducci et al. (2016)...

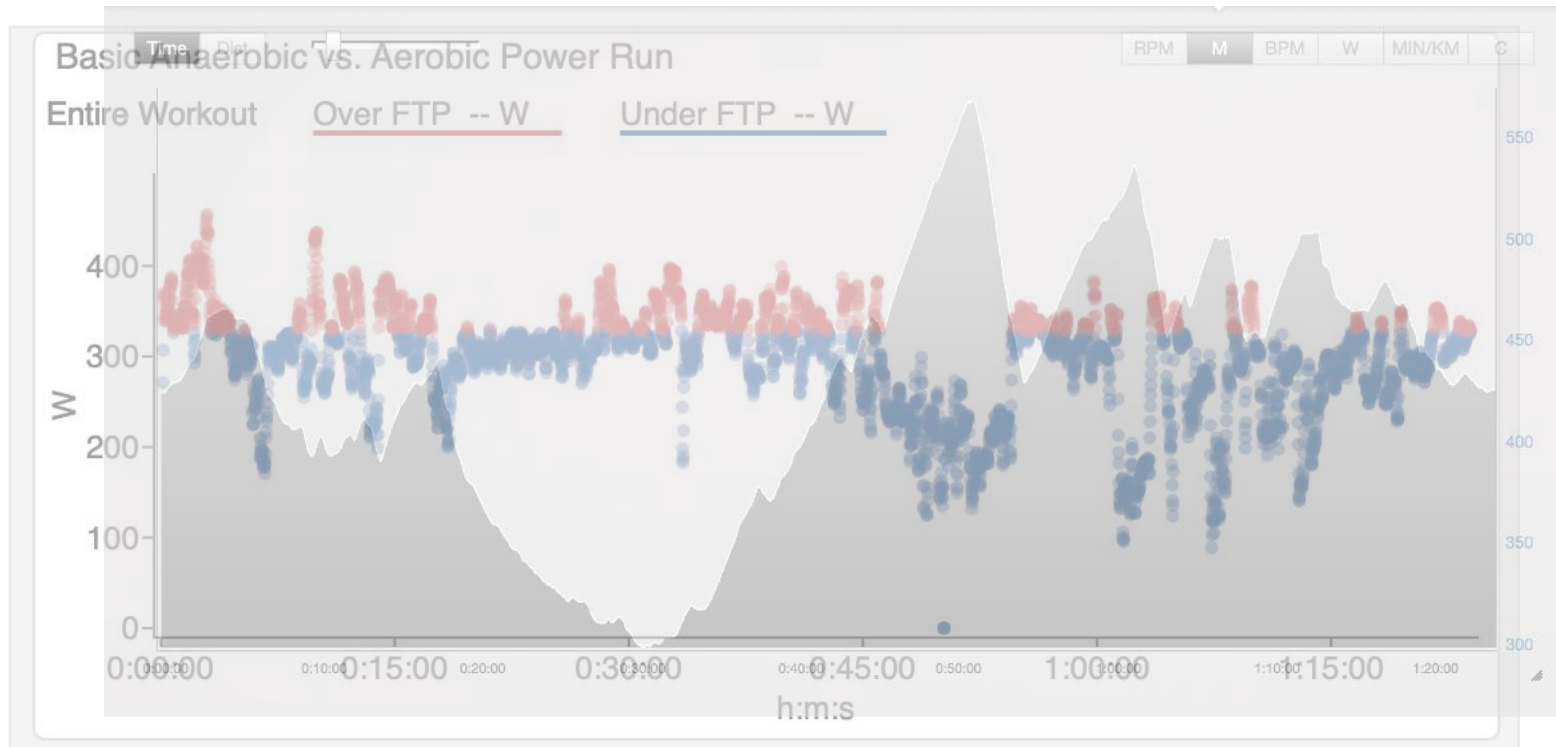
Watts y carrera downhill

- Los dispositivos que estiman la potencia no contemplarían la **fase “negativa”** o fase de frenado.
- Esto sería especialmente **relevante en pendientes de a partir del -15%** (también en zig-zags, deceleraciones...)
- El **terreno irregular, blando...** limitaría la generación de watts.



Lemire et al. (2020)

‘CONCORDANCIA’ DE VALORES DE
VATIOS CON LO QUE PASA
ENERGÉTICAMENTE



MAYOR POTENCIA EN CARRERA DE SUBIDA vs BAJADA

	POTENCIA	
	>VT2	<VT2
SUBIDA		
BAJADA		
LLANO		
CAMINAR		

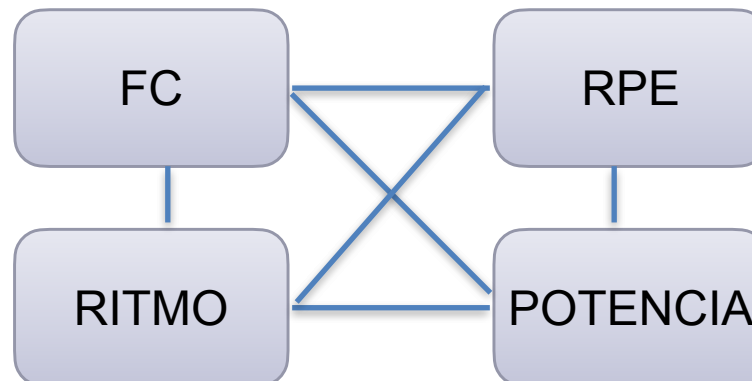
		POTENCIA
INTENSIDAD	ALTA	
	LIGERA-MODERADA	
TERRENO	TÉCNICO	
	NO TÉCNICO	
CONDICIONES DE FATIGA		Análisis

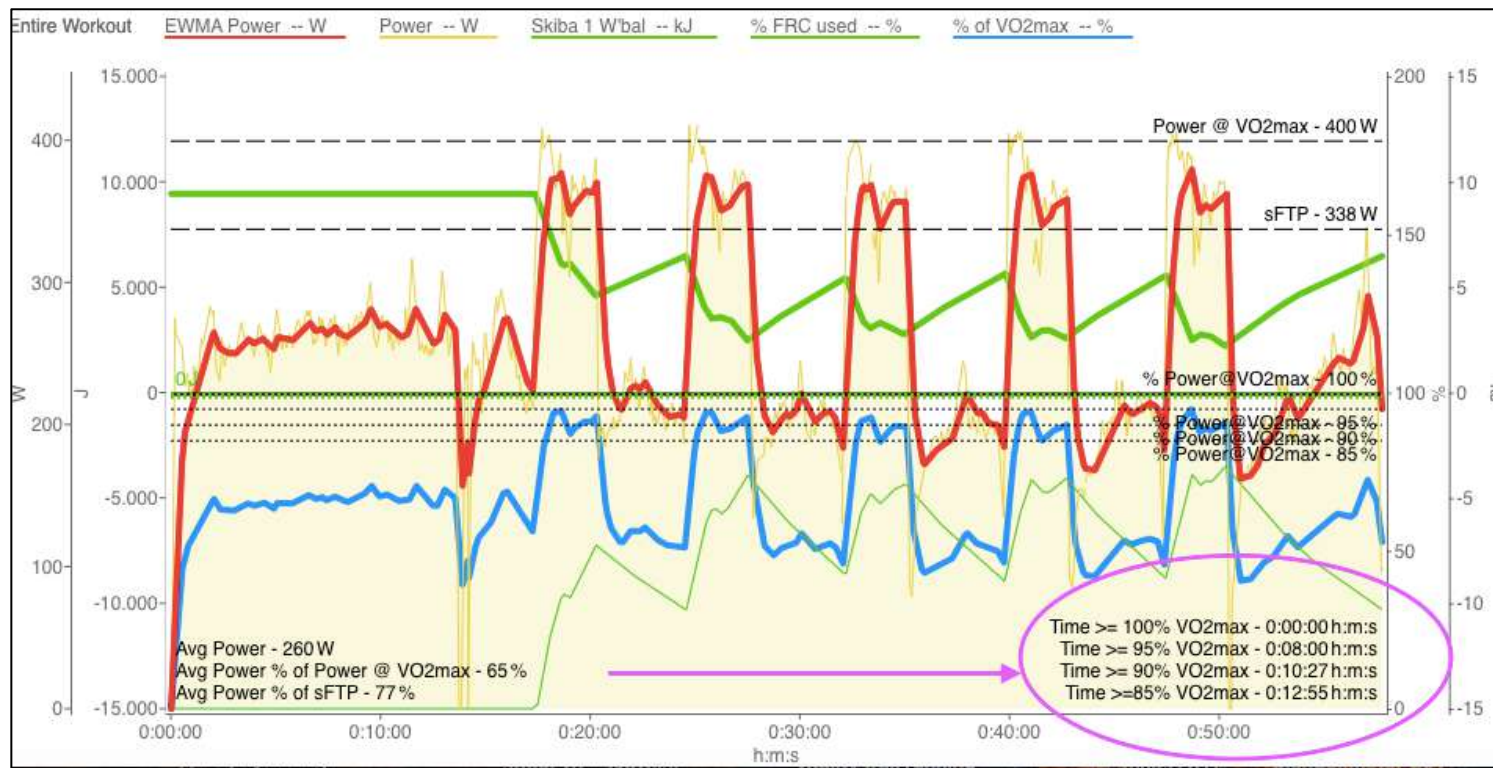
LA POTENCIA DEBE COMPLEMENTARSE CON LOS DIFERENTES MARCADORES DE INTENSIDAD

November 2018						
MONDAY	TUESDAY	WEDNESDAY	THURSDAY	FRIDAY	SATURDAY	SUNDAY
5	6	7	8	9	10	11
 FUERZA MÁXIMA A 0:45:00 ✓ 30 TSS* C: 319 kcal P: 30 TSS* Strength P: 0:45:00	 HIIT 2 x 3 x 3'24/1'15" 0:57:30 ✓ 12.3 km 75 TSS C: 595 kcal C: 779 kJ C: 07:53 PM P: 71 TSS	 AEL 1:12:04 ✓ 10.6 km 67 TSS C: 677 kcal C: 855 kJ C: 04:52 PM P: 71 TSS P: 0.80 IF	 CUESTAS 2 x 4 x 2'1'1//4" 0:58:33 ✓ 13.1 km 81 TSS C: 646 kcal C: 864 kJ C: 04:57 PM P: 80 TSS	 MOVILIDAD DINÁMICA 0:10:00 ✓ C: 83 kcal Other Hacer 2 series de 10 repeticiones. Premisa de no	 TRAIL CACO 1:48:09 ✓ 17.5 km 105 TSS C: 1118 kcal C: 1381 kJ C: 04:27 PM P: 111 TSS P: 0.75 IF	 Trail CACO 1:45:07 ✓ 17.0 km 99 TSS* C: 1111 kcal C: 875 kJ C: 09:28 AM P: 102 TSS* P: 0.72 IF

POTENCIA + RPE

FC + RPE (+ POTENCIA)





Buchheit et al., 2021. 5 x 3 min 90-95% VAM.

15' volumen sesión 'garantizan' unos 9' por encima del 90% VO2max.

SATURDAY 31 October, 2020 9:53 am

Fitness 55 Fatigue 61 Form 8

TRAIL CaCo



2:47:41 ✓ 28.1 km 161 TSS



x1



5



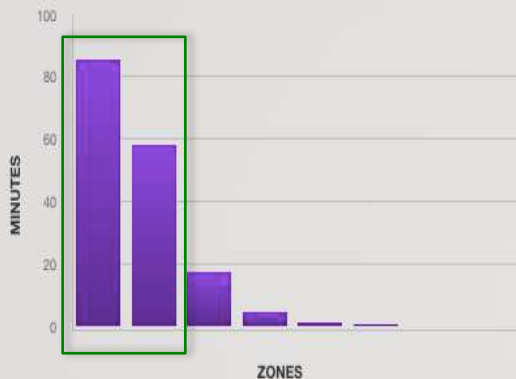
Files



Summary

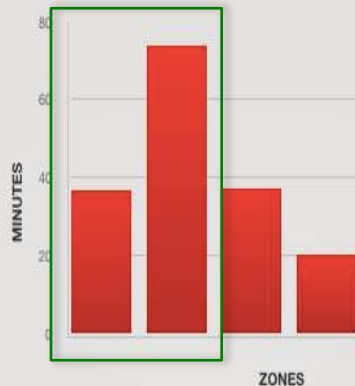


Power By Zones



Pace By Zones

Heart Rate By Zones



Cadence Distribution Chart

Data Series	1a hora	2a hora	3a hora
Run Power	232	223	230
Hiking Power	211	231	191

Data Series	1a hora W	2a hora W	3a hora W
Run Power Uphill	242	239	250

Data Series	1a hora ms	2a hora ms	3a hora ms
GTC running uphill	311	322	302
GTC running downhill	256	251	254

Data Series	1a hora bpm	2a hora bpm	3a hora bpm
FC run uphill	139	147	162
FC running downhill	132	148	148
FC hiking uphill	138	158	--

- CaCo/aeróbico extensivo.
- Consignas: caminar cuando los W pasen de 250 o FC de 153.

CARGA EXTERNA vs
INTERNA

- Demasiado drift.
- CaCo que acaba siendo 'menos aeróbico' (MIX de intensidades).
- Empezar más suave o que sea más corto (si el objetivo es AEL).
- Revisar otros (T^a, hidratación...)

SUNDAY 17 January, 2021 11:30 am

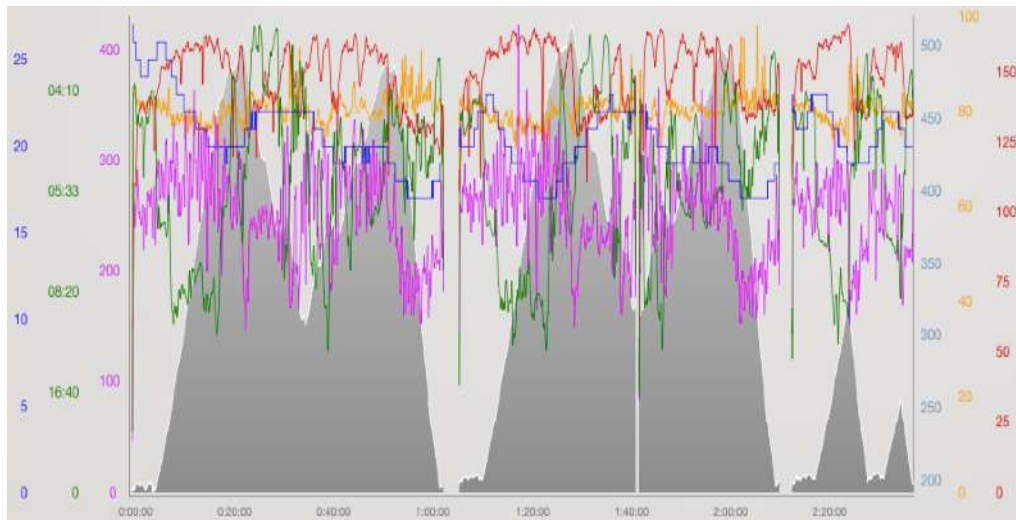
Fitness 162 Fatigue 113 Form 55

TRAIL AEL



2:30:49 ✓ **28.6 km** **146 TSS**

👤 x3 | 😊 4 | 💬 x2



Data Series	Entire Workout h:m:s
-------------	-------------------------

Time Z3	0:00:00,000
---------	-------------

Time Z2	0:22:19,000
---------	-------------

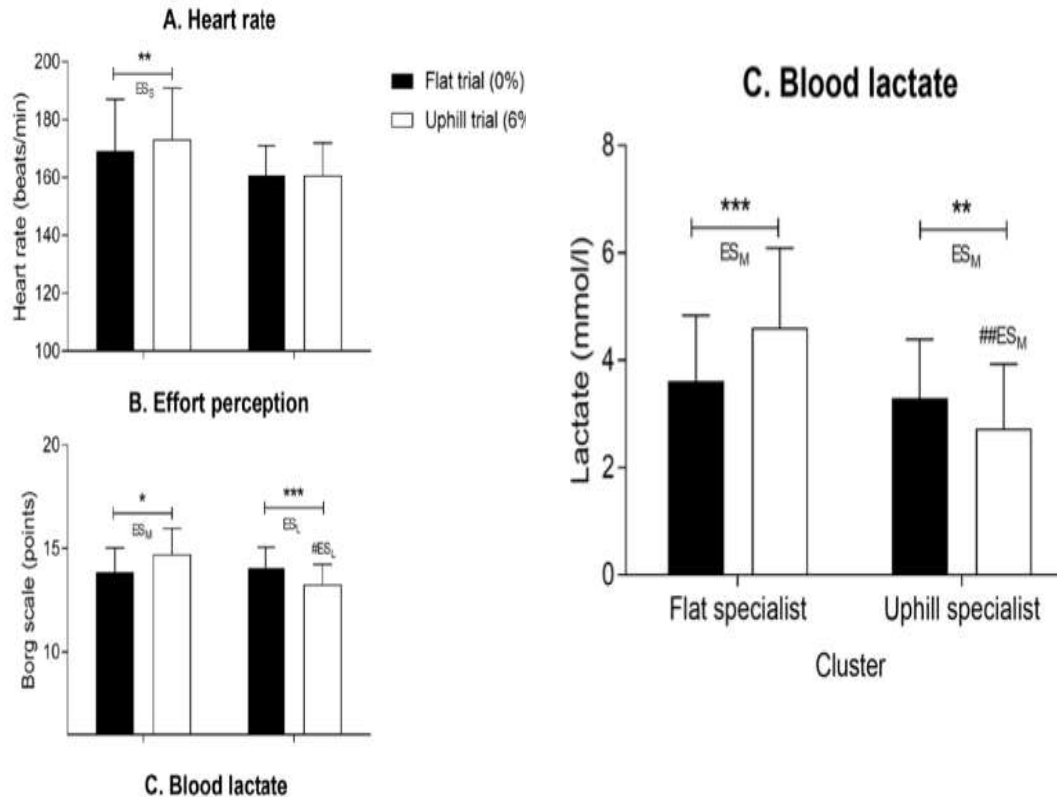
Time Z1	2:08:32,122
---------	-------------

Data Series	Part 1	Part 2	Part 3
	W	W	W
Run Power	254	258	259
Hiking Power	245	--	139
Run Power Uphill	285	279	270
Downhill power	215	211	209

Data Series	Part 1	Part 2	Part 3
	bpm	bpm	bpm
FC run uphill	156	158	159
FC running downhill	137	139	141
FC hiking uphill	108	95	--

INDIVIDUALIZACIÓN DEL ENTRENAMIENTO

POTENCIA LLANO vs UPHILL



(...) ‘cyclists with different specialization (flat or uphill specialists), exercising at the same external load, report lower effort perception and physiological response when riding on their typical specialization road gradient’.

Gandia-Soriano et al. (2020).

¿APLICABLE A TRAIL?

COMPARATIVA DOS CORREDORES EN UN SPRINT TRAIL

Data Series	Entire Workout
Run Power	282
Hiking Power	296
Run Power Uphill	301
Downhill power	252
Normalised Power	284

Run Power	316
Hiking Power	232
Run Power Uphill	276
Downhill power	264



¿QUIÉN NO ES UN CORREDOR DE MONTAÑA?

INDIVIDUALIZACIÓN DEL ENTRENAMIENTO



¿DÓNDE DEBE
GENERAR MÁS
POTENCIA UN TRAIL
RUNNER?

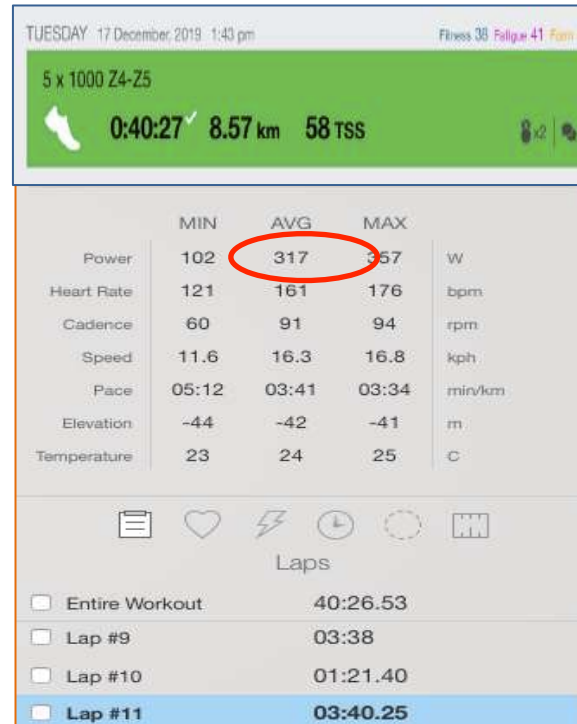
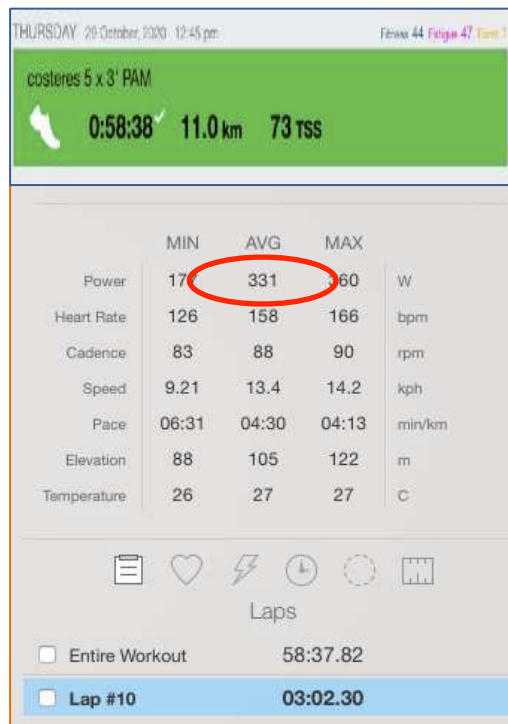
*Entrenamientos, test,
curva de potencia...*

COMPARATIVAS
POTENCIA LLANO vs
SUBIDA



- + Análisis cruzado de ritmo, RPE y FC.

INDIVIDUALIZACIÓN DEL ENTRENAMIENTO

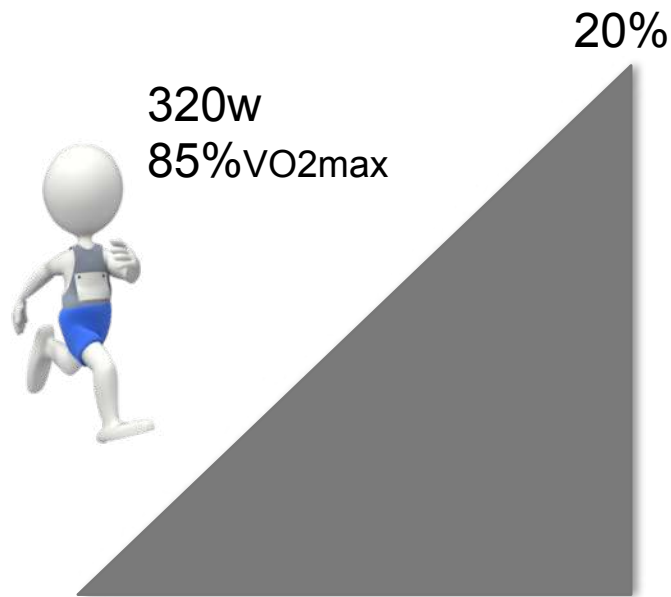


¿Y si no se sacan watts en llano? ¿Es importante que el *trail runner* genere watts también? ¿Qué perfil tienen las carreras que compite?

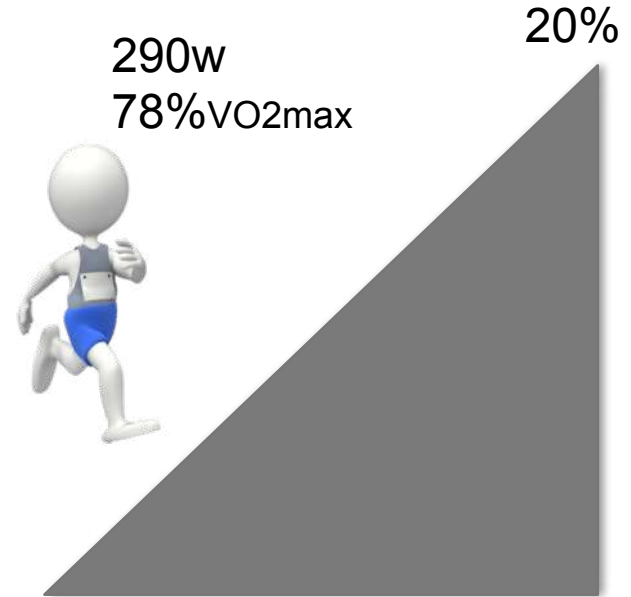
Una posible guía sería **generar entre 2-3%** (hasta 4-5% en función del tipo de competición) **más watts corriendo en subida que en llano.**

ESPECIFICIDAD Y RESISTENCIA MUSCULAR

Potencia crítica ambos: 320w



CORREDOR MUY ADAPTADO



CORREDOR POCO ADAPTADO

'uphill training in rats has proven to increase glycogen content in the **gastrocnemius muscle** as well as enhance mitochondrial function in **soleus and vastus intermedius muscles**' (Morais et al., 2018 en Schöffl et al. 2021)

'body weight and **muscular tone gastrocnemius** were associated with the time-to-finish, which supports that low weight alone could not be enough to be faster, and **strength training of plantar flexors** may be a determinant in UR' (4,2km 565+) (Berzosa et al. 2021)

POTENCIA COMO MARCADOR EXTERNO



MUY ALTA CONDICIÓN FÍSICA ESPECÍFICA (IF 1.00)

PREDICCIÓN Y ANÁLISIS DE COMPETICIONES

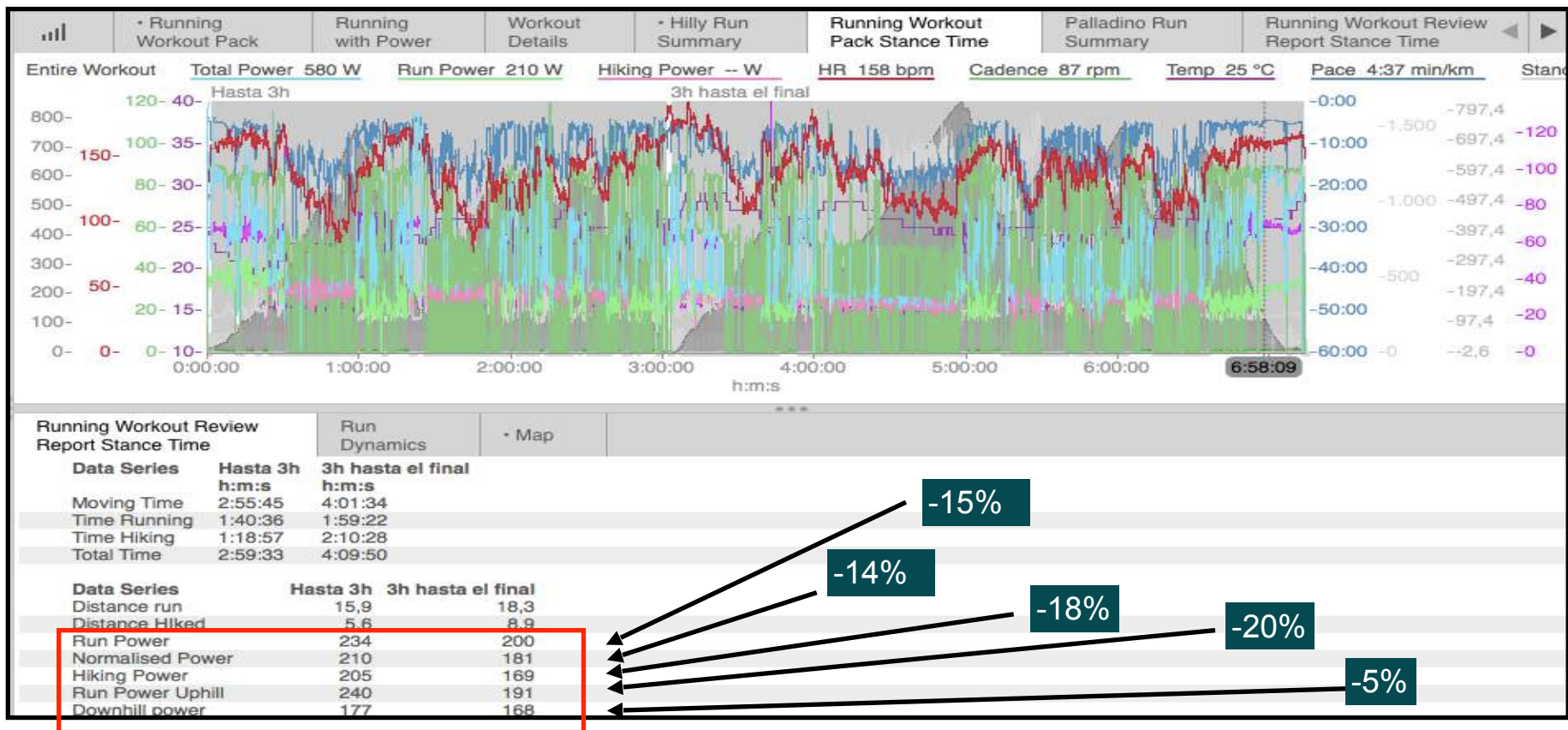


Potencia estimada run uphill	316
Potencia estimada run llano	300
Potencia estimada hiking	252
Potencia estimada downhill	252

Data Series	Entire Workout W
Run Power	304
Hiking Power	222
Run Power Uphill	317
Downhill power	255

CUANTO MÁS SE CORRE, PERFIL CON MENOR COEFICIENTE DE DESNIVEL Y MÁS CORTA ES LA CARRERA, MÁS SENCILLO PREDECIR EL RENDIMIENTO CON POTENCIA

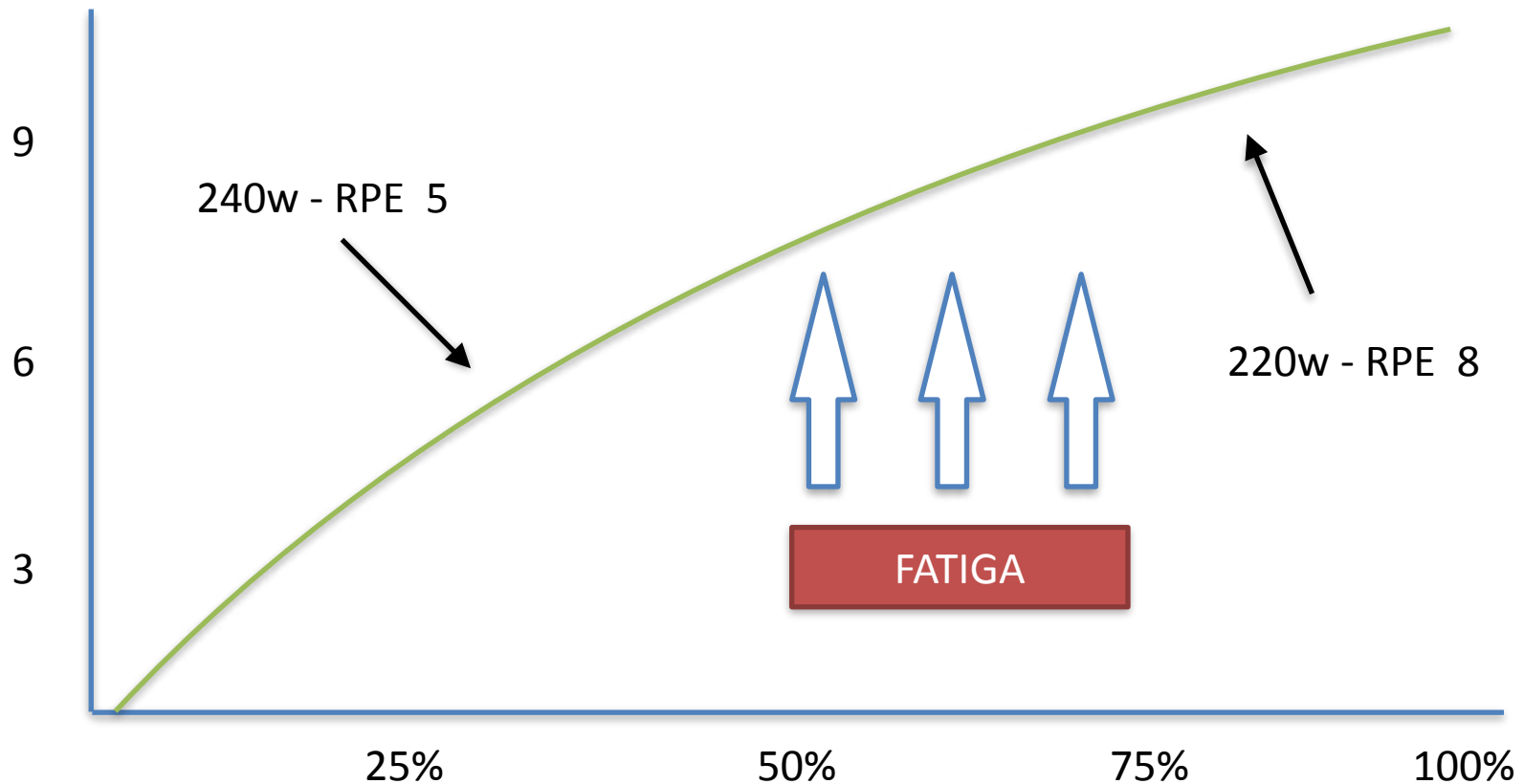
PREDICCIÓN Y ANÁLISIS DE COMPETICIONES



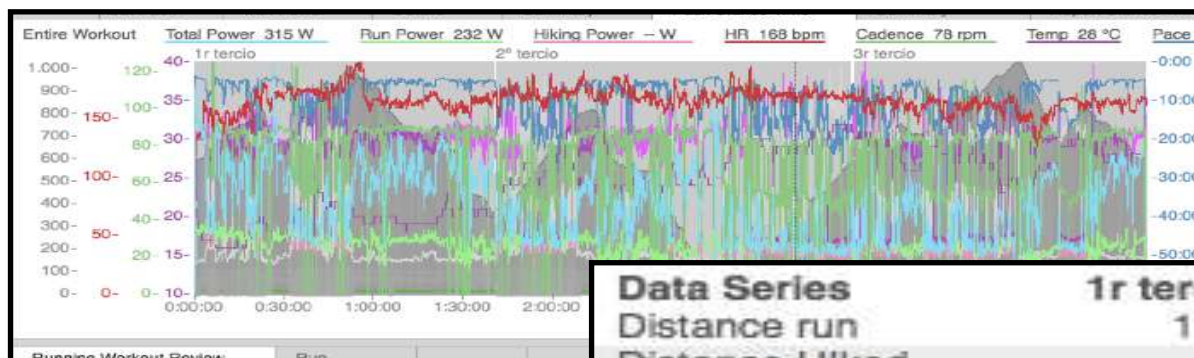
Mayor pérdida de rendimiento intrasujeto en subidas (Björklund et al., 2019; Gros Lambert et al. 2020)

LA POTENCIA COMO VARIABLE EXTERNA Y OBJETIVA DE ANÁLISIS

PERCEPCIÓN DE
ESFUERZO



DURACIÓN DEL EJERCICIO/PRUEBA



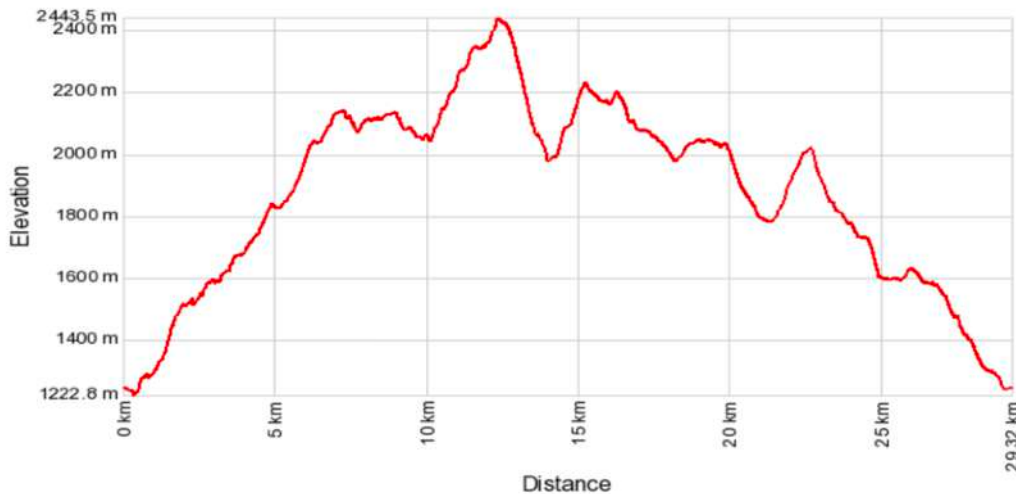
Data Series	1r tercio	2º tercio	3r tercio
Distance run	16,2	10,3	9,6
Distance Hiked	1,3	3,9	3,0
Run Power	253	223	188
Normalised Power	239	203	194
Hiking Power	226	192	179
Run Power Uphill	259	221	204
Downhill power	222	186	188

- **Potencias objetivo:** carrera uphill 245W, caminando uphill 215W y carrera llano 235W.
- Descenso de la potencia entre el primer tercio y los dos restantes (hasta 25%).
- **Sensaciones subjetivas:** esfuerzo uniforme y dosificación del esfuerzo.
- **Ganando posiciones** durante la carrera.
- Otros aspectos: calor...

• ANÁLISIS DE COMPETICIÓN FLEXIBLE
→ GESTIÓN DEL PACING MEJORABLE

ANÁLISIS DE COMPETICIONES

Data Series	0-1h W	1-2h W	2-3h W	3h-final W
Run Power	165	136	151	180
Hiking Power	153	128	125	135
Run Power Uphill	176	160	165	169
Downhill power	156	108	122	142



**WORLD
SKYRUNNING
CHAMPS 2022**

+ otras variables (internas
y externas), percepciones,
feedback, similitud
terreno...



ANÁLISIS-PREDICCIÓN POR SEGMENTOS

MAYOR CONTROL SOBRE EL PACING



‘SÉ COMO LA FOCA DE WEDDEL’

Fuente: @adrian.castillogarcia

ANÁLISIS VARIABLES BIOMECÁNICAS

Test submáximos

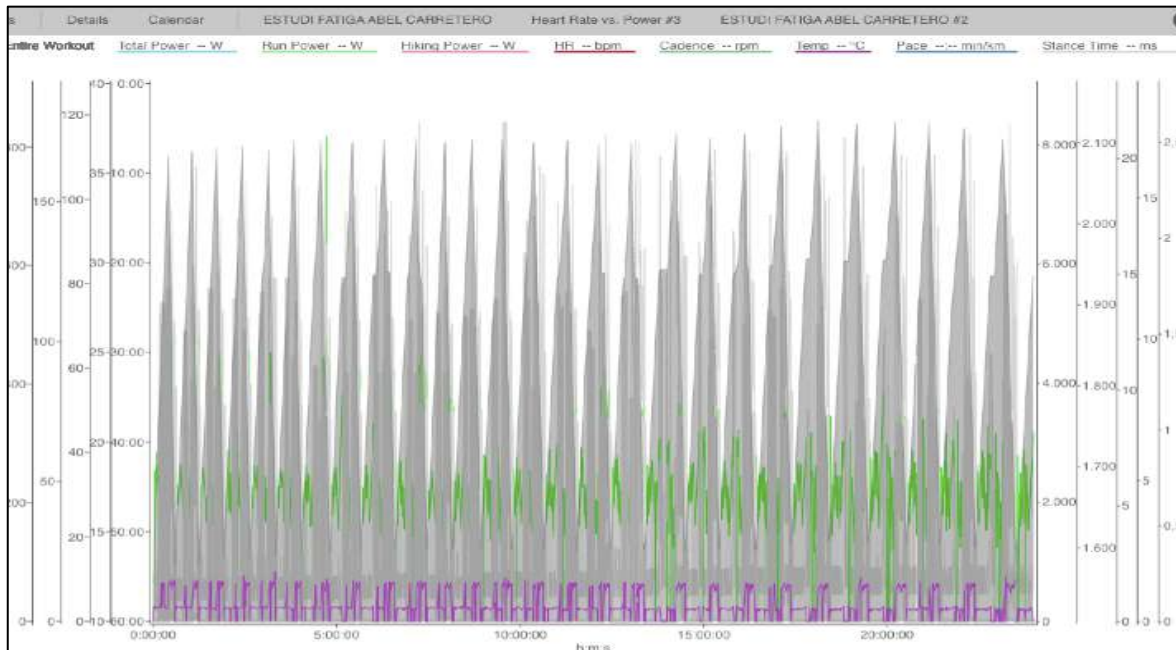
TEST RE 20'		
	4/6/20	22/9/20
Pot. Media	211	207
PN	210	205
RE	0,932	0,971
Pwr/kg	3,9	3,8
Economy	221	212
Pace	0:04:34	0:04:33
Horit. Pwr	76,50%	75,90%
Osc Pwr	23,50%	24,10%
GTC	230	229
LSS	7,5	6,9
LSS/kg	0,139	0,129
Cadencia	190	187
Tº vuelo	31,79%	32,14%
Duty factor	72,84%	71,34%
Long. Zancada	1,14	1,2
Form Power	50	50
%Form Power	23,70%	24,15%
FCm	167	160
Fcmax	173	169
Tª Cº	21	25

Aplicación de 11 semanas de trabajo F_{máx} y pliometría.

Mejorar en **tiempo de contacto, duty factor y tiempo de vuelo a un mismo ritmo** (además de menor potencia y menor FC).



ANÁLISIS VARIABLES BIOMECÁNICAS



Datos de Abel Carretero, récord nacional de desnivel positivo en 24h. Datos en proceso de publicación.

ANÁLISIS VARIABLES BIOMECÁNICAS

	Parciales tiempo			
	0-8h	8-16h	16-24h	
Potencia caminando	186	156	141	-23%
Potencia run uphill	254	240	245	
Potencia bajada	183	159	134	-27%
Tiempo total	7:58:44	7:56:15	7:57:05	
Tº movimiento	7:08:56	6:36:18	6:34:51	
Tº caminando	5:01:38	4:42:00	4:34:16	-8%
Tº corriendo uphill	0:14:15	0:05:43	0:03:05	
Tº corriendo bajada	1:55:48	1:52:58	2:07:14	-18%
FC media	153	136	126	
Cadencia bajada	190	189	185	
Cadencia caminando	104	94	88	+13%
TC bajada	220	230	249	
TV bajada	32,54%	31,83%	30,70%	-3%
Duty Factor bajada	67,46%	68,18%	69,30%	
Vel. de caminar (km/h)	4,3	3,9	3,6	-17%
Vel. subida corriendo	8,9	9,2	8,2	
Vel. carrera bajada	13	11,4	9,3	+12% ¿?
LSS downhill (kN/m)	11,89	12,59	13,36	

EVALUACIÓN SEGÚN FTP

CLASIFICACIÓN NIVELES			Stryd v3		Stryd wind llano		Stryd wind uphill	
			FTP	FTP	FTP	FTP	FTP	FTP
			Hombres	Mujeres	Hombres	Mujeres	Hombres	Mujeres
			(w/kg)		(w/kg)		(w/kg)	
ÉLITE	10	Top mundial	6,4	5,7	6,7	6	6,6	5,8
	9	Nivel internacional	5,8	5,1	6,1	5,3	5,9	5,2
EXPERTO	8	Nivel nacional	5,1	4,6	5,3	4,8	5,2	4,7
	7	Nivel regional	4,5	4	4,7	4,1	4,6	4,1
AMATEUR	6	Recreacional	3,8	3,4	3,9	3,5	3,9	3,4
	5	Regular	3,2	2,8	3,3	2,9	3,2	2,8
POBRE	4	Poco entrenado	2,6	2,3	2,7	2,3	2,6	2,3
	3	Pobre	1,9	1,7	2	1,7	1,9	1,7
SEDENTARIO	2	Muy pobre	1,4	1,1	1,4	1,1	1,4	1,1
	1	Sedentario	1	0,7	1	0,7	1	0,7

*Tabla de elaboración propia a partir de Van Dijk y Van Megen (2017).
Valores de referenciales y no vinculantes.

KEY POINTS

- **POTENCIA COMO COMPLEMENTO A OTROS MARCADORES (Y NO COMO SUSTITUTIVO).**
- **POTENCIA ENTENDIDA COMO MARCADOR EXTERNO QUE 'ESTIMA LA RATIO DE GASTO ENERGÉTICO'.**
- **CONOCER LAS LIMITACIONES.**
- **NO COMPARAR VALORES DIFERENTES MEDIDORES.**
- **POTENCIA COMO VARIABLE ÚTIL EN LA PREDICCIÓN Y ANÁLISIS DE COMPETICIONES Y ENTRENAMIENTOS.**

¡Muchas gracias!



 facebook.com/amtraining.es

 www.amtraining.es

 [arcadi_margarit](https://instagram.com/arcadi_margarit)

 [@ArcadioMargarit](https://twitter.com/ArcadioMargarit)