



Universidad Nacional Mayor de San Marcos

Universidad del Perú. Decana de América

Facultad de Educación

Escuela Profesional de Educación Física

**Evaluación del perfil de potencia de ciclismo y su
relación con la frecuencia cardíaca en triatletas Lima-
año 2022**

TESIS

**Para optar el Título Profesional de Licenciado en Educación
Física**

AUTOR

Eduardo Alfredo SAL Y ROSAS MAGUIÑA

ASESOR

Dr. Hernando DÍAZ ANDÍA

Lima, Perú

2022



Reconocimiento - No Comercial - Compartir Igual - Sin restricciones adicionales

<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>

Usted puede distribuir, remezclar, retocar, y crear a partir del documento original de modo no comercial, siempre y cuando se dé crédito al autor del documento y se licencien las nuevas creaciones bajo las mismas condiciones. No se permite aplicar términos legales o medidas tecnológicas que restrinjan legalmente a otros a hacer cualquier cosa que permita esta licencia.

Referencia bibliográfica

Sal y Rosas, E. (2022). *Evaluación del perfil de potencia de ciclismo y su relación con la frecuencia cardíaca en triatletas Lima- año 2022*. [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Facultad de Educación, Escuela Profesional de Educación Física]. Repositorio institucional Cybertesis UNMSM.

Metadatos complementarios

Datos de autor	
Nombres y apellidos	Eduardo Alfredo Sal y Rosas Maguiña
Tipo de documento de identidad	DNI
Número de documento de identidad	40664257
URL de ORCID	0000-0002-9077-3319
Datos de asesor	
Nombres y apellidos	Hernando Díaz Andía.
Tipo de documento de identidad	DNI
Número de documento de identidad	06045204
URL de ORCID	0000-0001-9962-0944
Datos del jurado	
Presidente del jurado	
Nombres y apellidos	Mitchell Alberto Alarcón Díaz
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	09728050
Miembro del jurado 1	
Nombres y apellidos	Xavier Fuentes Ávila
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	06072422
Miembro del jurado 2	
Nombres y apellidos	Luis Martín Chávez Alván
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	07295790
Datos de investigación	

Línea de investigación	E4Educación de calidad 18 Educación y actividad física corporal
Grupo de investigación	No aplica
Agencia de financiamiento	Sin financiamiento
Ubicación geográfica de la investigación	Edificio: Asociación Cristiana de Jóvenes - Gimnasio País: Perú Departamento: Lima Provincia: Lima Distrito: Surco Jirón Francisco Javier Mariátegui 350 Latitud: -12.13951 Longitud: -77.00615
Año o rango de años en que se realizó la investigación	Marzo 2021- Abril 2022
URL de disciplinas OCDE	Ciencias de la salud https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#3.03.00 Ciencias del deporte y la aptitud física https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#3.03.11



UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS

Universidad del Perú. Decana de América

FACULTAD DE EDUCACIÓN

ESCUELA PROFESIONAL DE EDUCACIÓN FÍSICA

“Carlos Cáceres Álvarez”



ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS
VIRTUAL N° 001-2022-EPEF-FE/UNMSM

En la ciudad de Lima, a los 31 días del mes de agosto de 2022, siendo las 15:00 horas, se reunió en acto público el Jurado Examinador para la sustentación de la Tesis titulada: **“EVALUACIÓN DEL PERFIL DE POTENCIA DE CICLISMO Y SU RELACIÓN CON LA FRECUENCIA CARDÍACA EN TRIATLETAS LIMA- AÑO 2022”**, que presenta el Bachiller **Eduardo Alfredo SAL Y ROSAS MAGUIÑA**, para optar el **Título Profesional de Licenciado en Educación Física**.

Luego de la exposición y absueltas las preguntas del Jurado Examinador se procedió a la calificación individual y secreta, habiendo sido evaluado **MUY BUENO**, con la calificación de **Dieciocho (18)**.

Como testimonio del acto realizado, cada uno de los miembros del jurado procedió a suscribir la presente ACTA para que sea remitida a las instancias correspondientes, a fin de que se expida previo trámite administrativo, el diploma que acredite al bachiller como Licenciado en Educación Física.

En señal de conformidad, siendo las 17:00 horas se suscribe la presente acta, dándose por concluido el acto.

Dr. Mitchell Alberto ALARCÓN DÍAZ
Presidente

Dr. Hernando DÍAZ ANDÍA
Asesor

Mg. Xavier FUENTES ÁVILA
Jurado Informante

Mg. Luis Martín CHÁVEZ ALVÁN
Jurado Informante



UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS
Universidad del Perú. Decana de América
FACULTAD DE EDUCACIÓN
ESCUELA PROFESIONAL DE EDUCACIÓN FÍSICA
“Carlos Cáceres Álvarez”



INFORME DE EVALUACIÓN DE ORIGINALIDAD N°. 001-2022-EPEF-FE/UNMSM

Autoridad	Dr. HERNANDO DÍAZ ANDÍA
Título de la tesis evaluada	Evaluación del perfil de potencia de ciclismo y su relación con la frecuencia cardíaca en triatletas Lima-Año 2022
Grado a obtener	Título profesional en Educación Física
Autor de la tesis	Eduardo Alfredo SAL Y ROSAS MAGUIÑA
Fecha de recepción de la tesis	12/07/2022
Fecha de aplicación del programa informático de similitudes	12/07/2022
Software utilizado	Turnitin
Configuración del programa detector de similitudes	• Exclusión de material citado. • Exclusión de material bibliográfico. • Exclusión de fuentes pequeñas (40 palabras).
Porcentaje de similitud	11 %
Fuentes originales de las similitudes encontradas	Ninguna
Observaciones	Ninguna
Calificación de originalidad	El documento cumple criterios de originalidad, sin observaciones.

Lima, 12 de julio de 2022



UNMSM

Firmado digitalmente por DIAZ ANDIA
Hernando FAU 20148092282 soft
Motivo: Soy el autor del documento
Fecha: 19.07.2022 12:43:58 -05:00

Dr. HERNANDO DÍAZ ANDÍA
DIRECTOR DE LA ESCUELA PROFESIONAL DE EDUCACIÓN FÍSICA

HDA/gae

Dedicatoria

A Dios, por todo lo que me dio, sobre todo por unos padres maravillosos.

A mi madre, a quien desde su vientre me amó.

A mi padre, por todo el amor y cariño que me dio, por todo lo que me enseñó.

No alcanzan las palabras para expresarles a ambos, mi eterno agradecimiento por todo lo que hicieron por mí. Ahora que ya no están físicamente conmigo, los recuerdo siempre con mucho amor.

A mis hermanos, en especial a Javier, Judith y Paola, así como a sus familias, por su amor, cariño, apoyo y comprensión. Además de mi hermana adoptiva Lixef y a mi primo Carlos.

A todos mis compañeros y amigos de la Universidad, en especial a: Caleb, Edson Reyes, Edson Chirinos, Alcido, Hagi, César, Carla, Godoy, Yisus, Luis Edgar, Xiomara, Jorge, Alexis. Gracias por todos los momentos que pasamos, por las risas, las anécdotas. Sin ustedes no habría sido lo mismo.

A mis amigos desde hace muchos años: Manu, Gonzalo, Otto, Edgar, Julito, María Elena, Paolita y Cindy.

A mis compañeros de ciclismo, con quienes he compartido muchos momentos de esfuerzo y diversión.

No puedo dejar de mencionar a Miguel Indurain, aquel ciclista que hizo que me enamore de este deporte. Además de infinidad de grandes campeones de ciclismo que, con sus hazañas y proezas, hicieron que me apasione de este deporte.

Agradecimientos

Al profesor Dr. Hernando Diaz Andía, mi Asesor de Tesis,

gracias a su guía pude lograr este trabajo.

Al profesor y entrenador de triatlón Ángelo Ballón. Gracias por darme las facilidades

para elaborar esta investigación con los triatletas que el entrena.

Además, no puedo dejar de agradecer a todos mis profesores y a todos los que forman

parte de mi querida Universidad Nacional Mayor de San Marcos.

Adelante San Marcos por siempre.

*"Fui a los bosques porque quería vivir deliberadamente; enfrentar solo los hechos
esenciales de la vida y ver si podía aprender lo que ella tenía que enseñar. Quise vivir
profundamente y desechar todo aquello que no fuera vida...para no darme cuenta, en el
momento de morir, de que no había vivido".* Henry David Thoreau

Esta no es una canción para los
corazones rotos
no es una oración silenciosa para los que han
perdido la fé.
Y yo no voy a ser solo una cara entre la
multitud,
vas a escuchar mi voz cuando grite bien alto.

Es mi vida,
es ahora o nunca,
no voy a vivir para siempre
solo quiero vivir mientras siga vivo.

Es mi vida.
Mi corazón es como una autopista sin peaje,
como dijo Frankie (Sinatra): "Lo hice a mi
manera"

Tan sólo quiero vivir mientras siga
vivo, porque es mi vida.

Esta es por los que se mantuvieron en
pie, para Tommy y Gina que nunca se echaron
atrás.
El mañana cada vez es mas difícil, no cometes
errores.
Ni siquiera la suerte tiene suerte,
tienes que buscarte tus propios golpes de suerte.

Es mi vida.
Es ahora o nunca,
no voy a vivir para siempre.
solo quiero vivir mientras siga vivo.

Es mi vida.
Mi corazón es como una autopista sin peaje.
Como dijo Frankie: "Lo hice a mi manera".
Tan solo quiero vivir mientras siga vivo,
porque es mi vida.

Será mejor que te mantengas erguido
cuando te reclamen,
no te doblegues, no te rindas,
cariño, no te echas atrás.

Es mi vida.
Es ahora o nunca,
no voy a vivir para siempre.
solo quiero vivir mientras siga vivo.

Es mi vida.
Mi corazón es como una autopista sin peaje.
Como dijo Frankie: "Lo hice a mi manera".
Tan solo quiero vivir mientras siga vivo,
(bis)

Bon Jovi - Es mi vida

Resumen

Este trabajo tuvo como objetivo determinar la relación que existe entre la potencia de ciclismo y la frecuencia cardiaca en triatletas de Lima, además de conocer el perfil de potencia de ciclismo y la frecuencia cardiaca para cada prueba de este perfil. Evaluándose a 10 triatletas entre 15 a 21 años, 8 hombres y 2 mujeres.

Se obtuvo como resultado una correlación entre las variables de 0.87, 0.49, 0.81 y 0.69 en los hombres y en el grupo de hombres con mujeres de 0.716, 0.199, 0.462 y 0.535 para las pruebas de 5 segundos, 1 minuto, 5 minutos y 20 minutos respectivamente. En hombres se halló los valores de potencia de 8.52 $\pm$ 3.33, 4.96 $\pm$ 1.11, 3.84 $\pm$ 0.46, 3.03 $\pm$ 0.49 vatios por kilo para 5 segundos, 1, 5 y 20 minutos, de igual manera para las mujeres se obtuvo 4.82 $\pm$ 0.06, 3.67 $\pm$ 0.18, 2.91 $\pm$ 0.22, 2.46 $\pm$ 0.22. Para la frecuencia cardiaca en las pruebas de 5 segundos, 1, 5 y 20 minutos se encontró en hombres 146.75 $\pm$ 21.5, 160 $\pm$ 15.76, 170.38 $\pm$ 15.61, 170.88 $\pm$ 16.5 latidos por minuto, del mismo modo en mujeres 151 $\pm$ 7.07, 173 $\pm$ 11.31, 174.5 $\pm$ 6.36 y 174 $\pm$ 4.24.

Concluyendo que existen correlaciones diferentes entre la frecuencia cardiaca y cada prueba del perfil de potencia; además en la prueba de perfil de potencia se pudo notar que tanto hombres como mujeres destacan más en las pruebas de 5 y 20 minutos. Variando la frecuencia cardiaca en cada individuo según la intensidad y tiempo de esfuerzo.

Palabras clave: Perfil de potencia, frecuencia cardiaca

Abstract

The objective of this work was to determine the relationship between cycling power and heart rate in triathletes from Lima, in addition to knowing the cycling power profile and heart rate for each test of this profile. Evaluating 10 triathletes between 15 to 21 years old, 8 men and 2 women.

As a result, a correlation was obtained between the variables of 0.87, 0.49, 0.81 and 0.69 in men and in the group of men with women of 0.716, 0.199, 0.462 and 0.535 for the tests of 5 seconds, 1 minute, 5 minutes and 20 minutes. minutes respectively. In men, power values of 8.52 ± 3.33 , 4.96 ± 1.11 , 3.84 ± 0.46 , 3.03 ± 0.49 watts per kilo were found for 5 seconds, 1.5 and 20 minutes, in the same way for women. women, 4.82 ± 0.06 , 3.67 ± 0.18 , 2.91 ± 0.22 , 2.46 ± 0.22 were obtained. For the heart rate in the tests of 5 seconds, 1, 5 and 20 minutes, it was found in men 146.75 ± 21.5 , 160 ± 15.76 , 170.38 ± 15.61 , 170.88 ± 16.5 beats per minute, of the same mode in women 151 ± 7.07 , 173 ± 11.31 , 174.5 ± 6.36 and 174 ± 4.24 .

Concluding that there are different correlations between heart rate and each power profile test; In addition, in the power profile test, it was possible to notice that both men and women stand out more in the 5 and 20 minute tests. Varying the heart rate in each individual according to the intensity and time of effort.

Keywords: power profile, heart rate

Tabla de contenido

Índice de figuras	III
Índice de tablas.....	VI
Índice de abreviaturas	VII
I. Introducción	1
1.1. Descripción de la situación problemática.....	3
1.2. Formulación del problema	3
1.2.1. Problema general.....	3
1.2.2. Problemas específicos	3
1.3. Objetivos de la investigación	3
1.3.1. General:	3
1.3.2. Específicos	4
1.4. Justificación o importancia.....	4
1.5. Limitaciones de la investigación	4
II. Revisión de la literatura.....	4
2.1. Antecedentes	4
2.1.1. Internacionales	4
2.1.2. Nacionales	11
2.2. Bases teóricas	12
2.2.1 La potencia en el ciclismo.....	12
2.2.2. Frecuencia cardiaca.....	50
2.2.3 Ácido láctico y lactato.....	65
III. Hipótesis y variables	89
3.1. Formulación de hipótesis	89
3.1.1. General	89
3.1.2. Específicas.....	89
3.2. Variables	89
3.2.1. Definición conceptual	89
3.2.2 Definición operacional	90
IV. Materiales y métodos	90
4.1. Área de estudio.....	90
4.2. Diseño de investigación	90
4.3. Población y muestra	90
4.4. Procedimientos, Técnicas e instrumentos de recolección de información	91

4.5. Análisis estadístico.....	91
V. Resultados	93
5.1. Presentación y análisis de los resultados.....	93
VII Conclusiones y recomendaciones	114
Conclusiones	114
Recomendaciones.....	115
Referencias	116
Anexos.....	120
1.- Matriz de consistencia	120
2.- Descripción del Test de Perfil de Potencia	121
3.-Relación de la potencia y la frecuencia cardiaca con el tiempo de trabajo.....	122
4.-Álbum de fotos.....	142

Índice de figuras

Figura 1 Fuentes de energía según la intensidad	17
Figura 2 Modelo trifásico de transición aeróbica-anaeróbica de Skinner & McLellan.	21
Figura 3 Relación de la concentración de lactato con el consumo máximo de oxígeno	24
Figura 4 Relación entre la potencia incremental y el consumo máximo de oxígeno (VO ₂ máx)	27
Figura 5 Relación entre el consumo de oxígeno y el volumen de trabajo.....	29
Figura 6 Relación porcentual entre frecuencia cardíaca y el consumo de oxígeno.....	30
Figura 7 Pico de VO ₂ máx o potencia aeróbica máxima (PAM).....	31
Figura 8 Hitos fisiológicos	32
Figura 9 Adaptaciones fisiológicas que mejoran el consumo máximo de oxígeno.....	33
Figura 10 Evolución en el tiempo del consumo máximo de oxígeno y de uso fraccional	33
Figura 11 Capacidades y volúmenes pulmonares.....	35
Figura 12 Relación entre los niveles de lactato y el umbral ventilatorio	36
Figura 13 Determinación del MLSS.....	38
Figura 14 Comparación de los niveles clásicos con los iLevels	41
Figura 15 Ejemplo de iLevels.....	42
Figura 16 Producción de potencia relativa (vatios/kg) para hombres y mujeres según Allen & Coggan.....	43
Figura 17 Diferentes modelos de potenciómetros	47
Figura 18 Diferentes marcas y modelos de ciclocomputador.....	47
Figura 19 Perfil de potencia de un ciclista todoterreno	48
Figura 20 Perfil de Potencia de un esprintero.....	49
Figura 21 Perfil de potencia de contrarrelojista, escalador y constante	49
Figura 22 Perfil de potencia de ciclista de persecución.....	50
Figura 23 Sistema de transmisión de los estímulos cardíacos.....	51
Figura 24 Circulación sistémica y circulación pulmonar	52
Figura 25 Respuesta del sistema nervioso autónomo	56
Figura 26 Respuesta de los receptores periféricos en el sistema nervioso autónomo ...	57
Figura 27 Factores que condicionan la respuesta del gasto cardíaco durante el ejercicio	58

Figura 28 Comportamiento de la frecuencia cardíaca durante un ejercicio incremental	59
Figura 29 Respuesta del volumen sistólico al aumento de la intensidad del ejercicio...	61
Figura 30 Comportamiento del gasto cardíaco en un esfuerzo incremental hasta el agotamiento	62
Figura 31 Pulsómetro integrado en ciclocomputador con GPS, marca Garmin.....	64
Figura 32 Zonas de entrenamiento según la frecuencia cardíaca	64
Figura 33 Comparación de intensidades según la potencia y la frecuencia cardíaca	65
Figura 34 Algunos destinos del lactato desde que se produce en la musculatura	67
Figura 35 Efectos de la fatiga	74
Figura 36 Factores que generan fatiga.....	74
Figura 37 Efecto Pasteur.....	76
Figura 38 Mecanismos celulares de producción y remoción de lactato	78
Figura 39 Comportamiento del ácido láctico según zona de intensidad y tiempo	79
Figura 40 Comparación entre la tasa de recuperación activa y pasiva.....	80
Figura 41 Potencia relativa en vatios/kg por cada prueba para hombres y mujeres.....	94
Figura 42 Potencia relativa (vatio/kg) individual de triatletas hombres para cada prueba	94
Figura 43 Puntuación por prueba de cada triatleta hombre	95
Figura 44 Potencia relativa individual de triatletas mujeres por prueba	96
Figura 45 Puntuación individual de potencia para cada prueba de triatletas mujeres...	97
Figura 46 Puntuación promedio en cada prueba por sexo.....	97
Figura 47 Relación porcentual de potencia del Umbral de potencia funcional y la prueba de 5 minutos	98
Figura 48 Frecuencia Cardíaca promedio del perfil de potencia según el tiempo	99
Figura 49 Frecuencia cardíaca por prueba de cada triatleta hombre	100
Figura 50 Frecuencia cardíaca de cada triatleta mujer para cada prueba	101
Figura 51 Diagrama de dispersión para la frecuencia cardíaca y potencia en 5 segundos para hombres	102
Figura 52 Diagrama de dispersión para la frecuencia cardíaca y potencia en 1 minuto para hombres	102
Figura 53 Diagrama de dispersión para la frecuencia cardíaca y potencia en 5 minutos para hombres	103

Figura 54 Diagrama de dispersión para la frecuencia cardiaca y potencia en 20 minutos para hombres	103
Figura 55 Diagrama de dispersión para la frecuencia cardiaca y potencia en 5 segundos para hombres y mujeres.....	104
Figura 56 Diagrama de dispersión para la frecuencia cardiaca y potencia en 1 minuto para hombres y mujeres.....	104
Figura 57 Diagrama de dispersión para la frecuencia cardiaca y potencia en 5 minutos para hombres y mujeres.....	105
Figura 58 Diagrama de dispersión para la frecuencia cardiaca y potencia en 20 minutos para hombres y mujeres.....	105
Figura 59 Correlación entre la frecuencia cardiaca y la potencia relativa por prueba para hombres y mujeres.....	106

Índice de tablas

Tabla 1 Cuadro comparativo de los diferentes tipos de fibras muscular.....	16
Tabla 2 Velocidad de Resíntesis de ATP	19
Tabla 3 Matriz de operacionalización	90
Tabla 4 Características morfológicas y tiempo de entrenamiento de hombres y mujeres	93
Tabla 5 Potencia relativa promedio por prueba de triatletas hombres	93
Tabla 6 Perfil de Potencia relativa promedio de triatletas mujeres por prueba.....	93
Tabla 7 Potencia relativa individual de triatletas hombres para cada prueba.....	94
Tabla 8 Puntuación para cada prueba por triatleta hombre y tipo de perfil de potencia	95
Tabla 9 Potencia relativa individual por prueba de cada triatleta mujer	96
Tabla 10 Puntuación individual de perfil de potencia de triatletas mujeres.....	96
Tabla 11 Puntuación promedio por prueba y por sexo.....	97
Tabla 12 Relación porcentual entre el (UPF) y la potencia en 5 minutos.....	98
Tabla 13 Frecuencia cardiaca promedio en hombres	98
Tabla 14 Frecuencia cardiaca promedio en mujeres	98
Tabla 15 Frecuencia cardiaca de cada triatleta hombre para cada prueba.....	99
Tabla 16 Frecuencia cardiaca para cada prueba de triatletas mujeres.....	100
Tabla 17 Correlación entre frecuencia cardiaca y la potencia para hombres por prueba	102
Tabla 18 Correlación entre frecuencia cardiaca y la potencia para mujeres por prueba	106
Tabla 19 Protocolo del Test de Perfil de Potencia.....	121

Índice de abreviaturas

AL = Ácido Láctico

CP = Critical Power (potencia crítica)

FTP = Funcional Threshold Power

IMC = Índice de Masa Corporal

LT1= Umbral de Lactato 1

LT2 = Umbral de Lactato 2

MLSS = Maximal Lactate Steady State, (máximo estado estable de lactato)

PAM = Potencia Aeróbica Máxima

UA= Umbral Aeróbico

UAn = Umbral Anaeróbico

UL = Umbral de Lactato

UPF= Umbral de Potencia Funcional

UV = Umbral Ventilatorio

VO₂máx = Consumo máximo de oxígeno

W= Vatios

I. Introducción

El triatlón, es un deporte que reúne tres pruebas diferentes que se hace una continuación de la otra en el siguiente orden: natación, ciclismo y carrera a pie. El ganador es el que realiza el recorrido en el menor tiempo, lo que lo hace un deporte muy exigente físicamente. Tuvo su origen a finales de la década de los 70 del siglo pasado, concretamente en la Isla de Kona- Hawai, esto sucedió por una apuesta de tres marines norteamericanos por determinar que deporte era más exigente, si la natación, ciclismo o carrera pedestre, por lo que el comandante Jhon Collins decidió realizar las tres pruebas en una sola que se corrió en 1978 y se llamó el Triatlón Ironman de Hawai. Luego poco a poco se fue difundiendo a nivel mundial, añadiéndose nuevas distancias más cortas para hacerlo más asequible. Adquiriendo mayor popularidad, para hacer su debut como Deporte Olímpico en Atlanta 1996. (Historia del deporte, 2019).

En el Perú se inició a finales de la década de los 80 del siglo pasado, con los años ha ido ganando adeptos, pero aún es un deporte minoritario y de escasa difusión por los medios de comunicación.

“El ciclismo a diferencia del atletismo y la natación que cuentan con un área específica de entrenamiento (pista y piscina respectivamente), no cuenta con un espacio determinado y las carreteras son todas muy heterogéneas, además de que, al ir a mayor velocidad, el factor del viento cobra mayor relevancia. Por lo que medir su rendimiento y mejora se hace difícil”. (Friel, La biblia del triatleta, 2018).

El ritmo cardíaco por sí solo no indica el estado de forma del deportista, lo que señala es cuántas veces late el corazón por minuto. Pero esto se puede ver influenciado por muchos factores internos como el grado de hidratación, la calidad de sueño, el estrés y externos como la temperatura ambiental, entre otros. Si bien es cierto que medir la

frecuencia cardíaca ha hecho mejorar la condición física de muchos deportistas, esta debemos analizarla según cada contexto y con otros datos para tener una mejor idea del rendimiento deportivo (Allen & Coggan, 2014).

La potencia es una forma de medir el trabajo, en el tiempo efectuado, sus unidades son vatios. Esta está íntimamente ligada al rendimiento, si esta aumenta también lo hace la velocidad de desplazamiento. Siendo actualmente la forma más eficaz de medir el esfuerzo (Friel, Manual de entrenamiento del ciclista, 2011).

“El triatlón se ha ido nutriendo de las técnicas de entrenamiento de los deportes que lo componen (natación, ciclismo y atletismo) para a su vez producir técnicas específicas. Por ello ha ganado mucho auge el entrenamiento primero con frecuencia cardíaca y posteriormente con la medición de la potencia en el sector de ciclismo. Ambas formas de medir el esfuerzo se complementan, para darle mayor precisión a los entrenamientos” (Friel, La biblia del triatleta, 2018).

Por tanto, el relacionar la frecuencia cardíaca con la potencia realizada por determinado tiempo, nos permite ver cómo esta varía según el tiempo y la intensidad del esfuerzo. Por lo que podemos conocer la relación entre ambas variables, para así tener mejores parámetros y mediciones a la hora de planificar la rutina de entrenamiento ideal que debe ser personalizada y actualizada constantemente.

El presente trabajo tuvo como objetivo evaluar el perfil de potencia de ciclismo y como ésta se relaciona con la frecuencia cardíaca. Ello con el fin de conocer el estado de forma del deportista y sus cualidades para el ciclismo. Además de tener un parámetro comparativo con triatletas de otras partes del mundo.

Se hizo este estudio en diez triatletas, ocho hombres y dos mujeres de entre 15 a 21 años, ayudando a saber si sus características son de un gran fondista o por el contrario

son más anaeróbicas. Si bien es cierto aún son muy jóvenes para tener un perfil de atleta completamente definido, nos puede dar una idea de su evolución futura.

1.1. Descripción de la situación problemática

En la actualidad, los entrenamientos de los ciclistas y de los triatletas son cada vez más individualizados, en función de sus objetivos y características. Para conocer las cualidades y características de un ciclista, específicamente a un triatleta. Por lo cual es de mucha utilidad la potencia que este genera según el tiempo de trabajo. Lo que nos indica si predomina la capacidad aeróbica o anaeróbica. Lo que es un excelente predictor del rendimiento. Por otro lado, es necesario saber sus cualidades y cuales predominan (aeróbicas o anaeróbicas).

1.2. Formulación del problema

1.2.1. Problema general:

- ¿Cuál es la relación entre el perfil de potencia de ciclismo y la frecuencia cardíaca en triatletas de Lima?

1.2.2. Problemas específicos:

- ¿Cuál es el perfil de potencia de ciclismo en triatletas de Lima?
- ¿Cómo varía la frecuencia cardíaca a distintas intensidades y tiempos de trabajo de ciclismo?

1.3. Objetivos de la investigación

1.3.1. General:

- Determinar la relación entre el perfil de potencia de ciclismo y la frecuencia cardíaca en triatletas de Lima.

1.3.2. Específicos

- Evaluar el perfil de potencia de ciclismo en triatletas de Lima.
- Evaluar como varía la frecuencia cardíaca a distintas intensidades y tiempos de trabajo de ciclismo.

1.4. Justificación o importancia

El conocer el perfil de potencia de ciclismo de un triatleta nos permite saber si predomina la capacidad anaeróbica aláctica, láctica o la capacidad aeróbica. Y en base a esto predecir su futuro rendimiento deportivo. Los resultados de esta investigación van a ser muy importantes para tener un valor de referencia para los entrenadores en el futuro.

1.5. Limitaciones de la investigación

La falta de un laboratorio de fisiología, que impide medir el intercambio gaseoso y así hallar con exactitud el consumo máximo de oxígeno, como también el no contar con un medidor de lactato, impide que se pueda conocer estos datos. Además, no contar con un potenciómetro portátil con ciclocomputador para cada triatleta, dificulta obtener mayores datos. Además, no contar con un equipo de triatletas o ciclistas propio para realizar varias pruebas a lo largo de la temporada.

II. Revisión de la literatura

2.1. Antecedentes

2.1.1. Internacionales

De Lucas Rogero, Fernández Alba, & Carabantes (2022) en su trabajo titulado: **“Perfil de potencia record en ciclismo: Valores de referencia en categorías inferiores”** , cuyo objetivo fue conocer los valores promedio del perfil de potencia de ciclistas masculinos de élite de las diferentes categorías de ciclismo, para ello recopilaban los datos de potencia en el software Training Peaks . Obteniendo los

siguientes resultados para Elite-sub 23(Mayores de 18 años) en 5 segundos 18.17 +/- 2.50 , 1 minuto 9.70 +/- 1.43 , 5 minutos 6.68 +/- 0.76 , 20 minutos 5.48 +/- 0.42 . Para ciclistas de la categoría junior(17-18 años) en 5 segundos 17.29 +/- 2.29 , 1 minuto 8.69 +/- 1.35 , 5 minutos 5.88 +/- 0.76 , 20 minutos 5.03 +/- 0.52 . Para ciclistas de la categoría cadete(15 a 16 años) 5 segundos 16.23 +/- 2.36 , 1 minuto 7.85 +/- 1.29 , 5 minutos 5.55 +/- 0.68 , 20 minutos 4.50 +/- 0.63 todo ello expresado en vatios/kg.

Agudelo (2018) en su trabajo de investigación titulado: “ **Perfil de potencia de un equipo profesional de ciclistas ruterros**”. Realizado en la “Universidad de Antioquia”- Colombia, cuyo objetivo fue caracterizar el perfil de potencia de un equipo de ciclistas ruterros. Usando como método de trabajo un estudio de tipo descriptivo. El estudio se hizo con pruebas de 5'', 1', 5' y 20', a 19 ciclistas hombres de 22.8 ± 2.6 años y peso de 58.1 ± 2.7 kilogramos. Hallando como resultados en la prueba de 5'' una media de 11.87 ± 2.27 vatios/kg; en la de 1', la media fue de 7.51 ± 1.56 vatios/kg; en la prueba de 5' la media fue de 5.56 ± 0.85 vatios/kg; En la de 20' la media fue de 5.23 ± 0.85 vatios/kg. Llegando a las siguientes conclusiones, que los entrenamientos se deben enfocar a aumentar la capacidad anaeróbica para mejorar en la última parte de las carreras y las pruebas de contrarreloj.

Vázquez (2019) hizo un estudio titulado: “**Comparación de vatios de Gómez Noya, Sanders y Cameron Wurf en Kona 2018**”, realizado en España. Siendo el objetivo conocer los vatios medios en el sector de ciclismo, en el que recopiló los datos de los potenciómetros publicados en el software Training Peaks hallando que Cameron Wurf mantuvo 3.79 vatios/kg, Sanders 4.12 vatios/kg y Gómez Noya 4.14 vatios/kg promedio a lo largo de los 180 kilómetros de los que consta el sector de ciclismo en un Ironman. Aunque no especificase el Umbral de Potencia Funcional. Se concluye que a pesar de que Cameron Wurf no obtuvo los mayores valores de vatios, puso la mejor

marca en el sector ciclista, por lo que la biomecánica y la aerodinámica muestran su importante papel.

Cortado (2017) en su tesis de grado titulada: **“Análisis del sector de ciclismo en Ironman. Parámetros coincidentes de rendimiento a nivel profesional y de grupos de edad”**. Realizada en la “Universidad Miguel Hernández”, Elche -España. Recabó los datos de potencia en el sector de ciclismo de Training Peaks, a siete triatletas que participaron en el Ironman de Kona, entre los años 2011 al 2016, y que se ubicaron entre los diez primeros de la clasificación, no especificando sus nombres. Los cuales obtuvieron 3.7 ± 0.2 W/kg promedio. Sin embargo, tampoco indica el Umbral de Potencia Funcional.

Niño (2020) realizó una investigación titulada: **“Correlación entre el umbral de potencia funcional (FTP) y el umbral de lactato en los ciclistas del equipo “Boyacá es para vivirla”**, efectuada en Boyacá – Colombia. El objetivo fue determinar si existe correlación entre estas dos variables, para lo cual se evaluó a 23 ciclistas profesionales, con una edad de 24.25, de 170 centímetros y 59.09 kilogramos de talla y peso promedio, quienes realizaron el Test de 20 minutos a máximo esfuerzo, para luego los vatios promedio multiplicarlos por 0.95 y sacar el valor de FTP, luego de tres días se realizó el test de carácter incremental de escalones comenzando con 30 vatios menos que los obtenidos en el Test de FTP y aumentaban en 10 vatios cada 4 minutos, tomando una muestra de sangre al final de cada escalón para medir el lactato con un equipo portátil lactate scout y así determinar en qué momento se rompe el equilibrio entre la remoción y producción. Para ello se usó un cicloergómetro de freno electromagnético Tacx Neo 2 en ambas pruebas. Hallando un Umbral de Potencia Funcional promedio de 276.65 vatios, a 4.69 vatios por Kilo promedio, además halló una fuerte correlación (0.957) entre ambas variables. Se concluyó que lo ideal es medir

el umbral de lactato y no estimarlo, ya que este es diferente en cada individuo, pues, aunque exista una gran correlación no tendría que ser así en cada individuo.

Matthew (2015) en su trabajo de investigación titulado: **“Validez de utilizar el Umbral de Potencia Funcional y la potencia intermitente para predecir los resultados de una competencia de Mountain Bike Cross Country”**. hecho en la “Universidad de East Stroudsburg”- Nueva Zelanda. Cuyo objetivo fue evaluar la posibilidad de utilizar los test de campo del Functional Threshold Power (FTP) y de potencia intermitente relativa (IP) para estimar el tiempo de finalización en carreras de mountain bike a Cross Country (XCO-MTB). Para ello evaluó a 11 ciclistas de la especialidad de mountain bike Cross Country sexo masculino altamente entrenados (edad media: 35.8 ± 8.2 años; peso medio: 80.8 ± 13.4 kg). Los valores de IP relativa y la media de todos los intervalos de trabajo intermitentes se registró como IP, que consistió en 20 intervalos de 45 segundos de trabajo y 15 segundos de descanso. y FTP se calculó a partir del 95% de la potencia máxima media en 20 minutos. El tiempo de rendimiento en la carrera se obtuvo en el campo mediante una carrera simulada de XCO-MTB de 17.4 km con salida en masa. Para realizar los test de FTP e IP, a las bicicletas se les colocó una rueda trasera CycleOps PowerTap (G3 o Pro XCO-MTB Disc) y fueron sujetadas en un entrenador fijo (CycleOps Supermagneto Pro). Obteniendo que los dos test predijeron significativamente el resultado de la carrera. Sin embargo, los errores de la predicción fueron menores cuando se utilizó la IP relativa que cuando se utilizó el FTP. Concluyendo que el test IP es un mejor estimador del tiempo de carrera en XCO-MTB que el test FTP.

Gómez (2016) en su tesis de grado titulada: **“Test de campo en ciclismo para determinar rendimiento y zonas de entrenamiento mediante el uso de potenciómetro”**, realizada en la “Universidad Miguel Hernández”, Elche – España.

Trabajó con 8 ciclistas, 2 de carretera y 6 de montaña, usando un potenciómetro portátil en su bicicleta, de la marca SRM y PowerTap, siendo analizados los datos en el software WOK+4.0, comprobando los datos obtenidos en un Test incremental en cicloergómetro Cardgirus SNT, con analizador de gases. Realizando el Test de FTP en carretera y contrastados en el laboratorio, para ver si coinciden los hitos fisiológicos. En la publicación no muestra los resultados obtenidos.

Torres (2016) con su trabajo titulado: " **Consumo de oxígeno, potencia, frecuencia cardíaca y economía de pedaleo en jóvenes ciclistas y triatletas** ", realizado en el Departamento de Educación Física y Deportiva de la "Universidad de Valencia", España. En el que estudio a 300 deportistas, 150 de cada especialidad, entre 12 a 16 años, pertenecientes al centro de tecnificación de la comunidad Valenciana. Con el objetivo de evaluar el VO₂, la frecuencia cardíaca, la potencia mecánica y la economía de pedaleo en ciclistas de ruta y triatletas. Para lo cual usó un cicloergómetro incremental con incrementos de 15 vatios cada minuto, hasta el agotamiento, además de un analizador de gases modelo CPX Ultima System de Medgraphics y el software Breeze Gas Suite 6.4.1. Hallando que los ciclistas tienen valores más altos de potencia que los triatletas y mejor economía de pedaleo. Concluyendo que:

1) Los ciclistas presentan mejores parámetros fisiológicos que los triatletas, expresados en VO₂, FC y %VO₂-FC. Así mismo tienen mejores parámetros mecánicos, expresados en PAM, potencia relativa (W/Kg) y economía de pedaleo.

2) Los ciclistas tienen un porcentaje relativo más alto frente a los triatletas de la FC, VO₂ y Potencia, respecto de la FC_{máx}, VO_{2máx} y PAM. El porcentaje de Potencia es mayor que el de FC, y este mayor que el de VO_{2máx}.

3) La especificidad metabólica influye en los resultados, ya que los ciclistas entrenan específicamente en la bicicleta, en contra de los triatletas que la bicicleta es una disciplina de su deporte conjuntamente con carrera a pie y natación.

Roig (2018) con su trabajo titulado: **“Efecto del entrenamiento de la fuerza y su relación con el perfil de potencia en ciclismo”** efectuado en la “Universidad Ramón Llull”, Barcelona- España. Siendo su objetivo observar las adaptaciones y mejoras que produce genera el entrenamiento de la fuerza en los niveles de potencia media y máxima del perfil de potencia en ciclismo tras 6 semanas de entrenamiento. Evaluando a ocho ciclistas hombres de alto nivel, separándolos aleatoriamente en un grupo control y uno de trabajo. El grupo de trabajo hizo media sentadilla en la máquina Smith, 3 series de 10 repeticiones y 3 de 6, respectivamente, 2 veces/semana durante 6 semanas, como complemento a su rutina de entrenamiento de ciclismo. El grupo control siguió con su entrenamiento de resistencia habitual el mismo tiempo. Para ello usó un cycloergómetro Cycleops indoor trainer, el cual se instaló en la propia bicicleta de cada ciclista, midiéndose la potencia máxima en 5 segundos y 1 minuto, el primer día, el segundo día, la prueba de 5 minutos y 20 minutos de potencia antes de empezar la investigación y al finalizar las 6 semanas de trabajo. Concluyendo que sólo hubo mejoras en las pruebas de 1 y 5 minutos en el grupo de trabajo y en el grupo control, únicamente mejoró en la prueba de 20 minutos.

Así mismo Carabantes (2015) con su trabajo de fin de Master, titulado:

“Variación de los parámetros en diferentes categorías a lo largo de una temporada”, realizado en la “Universidad Miguel Hernández” Elche – España. En el que participaron 18 ciclistas, 3 por categoría cadete, junior, sub-23, Master A y Master B. Cada ciclista realizó tres evaluaciones, una en diciembre a dos semanas de comenzar la temporada, otra en febrero y por último en abril en fase de competición, para ello usó

un rodillo estático B-Kool, realizando un calentamiento de 10 minutos entre 100 a 150 vatios, aumentando 25 vatios cada minuto hasta la extenuación. Para analizar los datos se usó el software SPSS, hallando diferencias significativas a lo largo de la temporada.

Montes de Oca et al. (2009) con su tesis doctoral llamada: **“Análisis tiempo-frecuencia de la variabilidad de la frecuencia cardíaca (VFC) durante la aplicación de un esfuerzo incremental en ciclistas”**. Realizada en la “Universidad de las Palmas” Gran Canaria- España. Cuyo objetivo fue describir el comportamiento de la frecuencia cardíaca (VFC). Para lo cual estudió a 8 ciclistas varones de 17 años promedio, usando para ello un cicloergómetro Jaeger ER800 incrementando la carga en 5 W/12s (25 W · min⁻¹), los ciclistas pedaleaban hasta el agotamiento con una cadencia de pedaleo de 90 revoluciones por minuto, midiendo además los parámetros respiratorios y la frecuencia cardíaca con un pulsómetro polar S 810, dando por resultado que existe una elevada correlación entre la evolución de los picos de la variabilidad cardíaca y la frecuencia respiratoria.

Pentón et al. (2018) en su trabajo de investigación titulado: **“ Estudio del umbral anaeróbico en ciclistas, categoría 14-15 años”**, realizado en la Escuela Integral Deportiva (EIDE) "Lino Salabarría Pupo" en la provincia de Sancti Spíritus, Cuba. Teniendo como objetivo determinar el umbral del metabolismo anaeróbico en las ciclistas. Para lo cual estudió a cuatro ciclistas femeninas de 14-15 años, usando el test de Conconi. Obteniendo como resultados que las ciclistas de la categoría 14-15 años no mostraron niveles satisfactorios en la potencia anaeróbica (Atleta 1: 191pm: 33Km/h; Atleta 2: 157pm: 34Km/h; Atleta 3: 184pm: 40Km/h y Atleta 4: 180pm: 33Km/h), mostrándose aún separado el punto de deflexión con respecto a su frecuencia Cardíaca máxima y el tiempo de trabajo realizado.

Zapico et al. (2014) con su trabajo titulado: “**Perfil de la frecuencia cardíaca en triatletas altamente entrenados**”, realizado en la “Universidad Politécnica de Madrid-España”. Que tuvo como objetivo monitorizar la variabilidad de la frecuencia cardíaca a lo largo de una temporada. Trabajando con nueve triatletas hombres ($68.0 \pm 2.0 \text{ mL} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$, 25 ± 1.9 años, $68.3 \pm 2.2 \text{ kg}$ y $1.77 \pm 0.22 \text{ m}$) que hicieron un test incremental en cicloergómetro tres veces, en el inicio de la temporada, periodo precompetitivo y periodo competitivo, con el siguiente protocolo: El test empezaba en un cicloergómetro (Jaeger ER800, Erich Jaeger) con una carga de 0 vatios (W) que se incrementaba 25W por minuto. El test acabó cuando el deportista no pudo mantener la cadencia de pedaleo dentro del intervalo 70-90 revoluciones por minuto. Obteniendo como resultado que la frecuencia cardíaca varía muy poco el transcurso de una temporada y puede ser suficiente un único test de laboratorio al comienzo de la temporada para indicar las intensidades de trabajo, usando zonas de frecuencia cardíaca en triatletas altamente entrenados.

2.1.2. Nacionales

En el Perú se ha estudiado poco el Umbral de Potencia Funcional tanto en ciclistas como en triatletas, aunque en el último año 2020, debido a la pandemia la Federación Peruana de Ciclismo ha utilizado Rodillos inteligentes estáticos para medir la potencia de sus seleccionados y preseleccionados por la falta de competencias nacionales. Sin embargo, dichos datos no han sido publicados.

La Federación Peruana de Triatlón no utiliza como criterio de selección o evaluación la medición del Umbral de Potencia Funcional, esta falta de estudios también se puede deber al alto costo de los potenciómetros.

Con respecto a la frecuencia cardíaca, tampoco hay trabajos publicados tanto en triatletas como ciclistas sobre su variación o medición en esfuerzo. Por lo que se hace necesario investigar más al respecto.

2.2. Bases teóricas

2.2.1 La potencia en el ciclismo

Sin duda uno de los mayores avances en la ciencia del entrenamiento de las últimas décadas ha sido la adquisición de medidores de potencia, principalmente en el ciclismo. Estos permiten la medición directa del trabajo y la energía producidos en la bicicleta (Lillo J. , 2019).

Estos dispositivos llevan siendo usados hace muchos años atrás en los cicloergómetros, pero a finales del siglo XX se comenzó a extender el uso de medidores portátiles en la propia bicicleta. Todos los medidores de potencia miden el trabajo que el ciclista desarrolla al aplicar fuerza a los pedales, permitiendo obtener una medida precisa y estable de la energía transmitida en cada pedaleada, separándola de factores externos (tipo de superficie, gradiente de subida, viento, efecto de rebufo) e internos (estado de hidratación, fatiga, estado de forma) (Lillo J. , 2019).

Antes de la aparición de los potenciómetros, para medir el esfuerzo y estrés en el deportista, se usaba la frecuencia cardíaca, siendo esta reemplazada por la medición de la potencia, puesto que responde inmediatamente a la fuerza ejercida en cada pedaleada, pudiendo además cuantificar valores por encima del VO₂máx. Sin embargo, ambos datos potencia y frecuencia cardíaca se complementan, para tener una información más completa. Cabe señalar que diferentes autores demostraron la poca variabilidad de la frecuencia cardíaca en los diferentes hitos fisiológicos (LT1, LT2, PAM) en un año completo de entrenamiento, a pesar de la mejora de forma de los deportistas. Esta

medición cobra especial interés para conocer la cuantificación del trabajo de cada ciclista (Lillo J. , 2019).

La potencia es una forma de medir el trabajo, en el tiempo efectuado, sus unidades son vatios. Esta está íntimamente ligada al rendimiento, si esta aumenta también lo hace la velocidad de desplazamiento. Siendo actualmente la forma más eficaz de medir el esfuerzo (Friel, Manual de entrenamiento del ciclista, 2011).

Para medir la potencia se usa un potenciómetro, que consta de un sensor y un monitor donde visualizar los datos, que es una unidad central de proceso y que se conoce como ciclocomputador. Esto mide la fuerza ejecutada al pedalear, denominada torque y la velocidad con la que giran las bielas con los pedales (cadencia); estas dos variables mezcladas se expresan en vatios (Friel, La biblia del triatleta, 2018).

El perfil de potencia de un ciclista nos dice si estamos ante un deportista en el que prima la capacidad anaeróbica o aeróbica y de este modo decidir los mejores entrenamientos para que alcance el éxito deportivo según la especialidad en la cual muestre mejores cualidades. Este perfil consiste en medir la máxima potencia promedio en 5 segundos, 1 minuto, 5 minutos y 20 minutos. Lo que permite realizar entrenamientos más personalizados y precisos. Para ello necesitamos de un potenciómetro que mida los vatios que el ciclista produce, aportando muchas ventajas como la fiabilidad y precisión, pero el inconveniente de su precio elevado. Sin embargo, en el triatlón, el sector de la bicicleta es muy difícil de evaluar o medir el rendimiento de forma objetiva, ya que no tiene la facilidad de una distancia fija y sin variantes, como puede ser una piscina, o pista de atletismo. En el ciclismo las distancias, aunque se pueden fijar, tiene dos grandes variables como son la resistencia al viento y la carretera, que puede tener mayor o menor inclinación, haciéndolo demasiado heterogéneo. Aunque existe una tabla sobre perfiles de potencia del ciclista, no existe

una tabla de perfil de potencia específica homologada de triatletas (Friel, Manual de entrenamiento del ciclista, 2011).

El perfil de potencia revela desde el rendimiento anaeróbico aláctico (5 segundos), anaeróbico láctico (1 minuto), consumo máximo de oxígeno (5 minutos) y capacidad aeróbica (20 minutos). Por lo que hacer estas cuatro pruebas del perfil de potencia conlleva un enorme esfuerzo por parte del deportista, recomendándose dividir en dos sesiones de pruebas para poder obtener los mejores resultados de cada deportista (Allen & Coggan, 2014).

2.2.1.1 Clasificación de las fibras musculares

La clasificación se realiza en base a las características bioquímicas y de fuerza producida, por las diferentes células que lo componen. Algunos grupos musculares, están formados por un tipo de fibras musculares, la mayoría tiene diferentes proporciones variables de diferentes fibras. Esto viene determinado por la genética del individuo (Billat, 2002).

El tipo de miosina determina principalmente la velocidad de contracción de la célula, ya que es el "motor" de la contracción. Por otro lado, la actina, la otra proteína de la contracción, no muestra diferencias según el tipo de fibras (López , J.; Fernández ,A., 2006).

Billat (2002) menciona que: La predominancia de cierto tipo de fibra influye en gran medida en las cualidades del deportista. Según su velocidad de contracción y características bioquímicas, se pueden clasificar en:

a) Fibras lentas

También conocidas como fibras oxidativas o tipo I. Estas tienen abundantes mitocondrias y están muy vascularizadas. Además, contienen gran cantidad de

mioglobina, una proteína encargada de la fijación del oxígeno. Todo esto facilita la oxidación, lo que les confiere una gran capacidad para la fatiga (Billat, 2002).

Estas fibras poseen un retículo sarcoplásmico menos abundante que las otras, por lo que tienen menor que capacidad para almacenar calcio, en general muestran un menor desarrollo de los componentes celulares encargados de la contracción-excitación, debido a que los potenciales de acción son transmitidos en menor frecuencia. Todo esto genera un ahorro energético, por lo que le otorga mayor resistencia a la fatiga (López , J.; Fernández ,A., 2006)

b) Fibras rápidas

Se les denomina IIb también. Tienen escasas mitocondrias, bajo metabolismo aeróbico y escasa resistencia. Por el contrario, son ricas en enzimas glucolíticas y glucógeno, confiriéndoles una enorme capacidad anaeróbica láctica. También tienen más miofibrillas con enzimas ATPasa que las fibras tipo I, esto hace que la célula tenga más puentes de unión de actinmiosina, generando mayor fuerza que los otros tipos de fibra (Billat, 2002).

c) Fibras intermedias

Sus características bioquímicas, son entre las fibras rápidas y lentas. También se les conoce como fibras tipo IIa. Al parecer las fibras intermedias son un estado transitorio entre las fibras lentas y las rápidas como respuesta a una nueva intensidad de ejercicio, en lo que se puede llamar adaptación (Billat, 2002).

Tabla 1

Cuadro comparativo de los diferentes tipos de fibras muscular

Características	Lentas (tipo I)	Intermedias (tipo IIA)	Rápidas (tipo IIB)
Diámetro	Intermedio	Grande	Pequeño
Grosor de línea Z	Ancho	Intermedio	Estrecho
Contenido de glucógeno	Bajo	Intermedio	Alto
Resistencia a la fatiga	Alta	Intermedia	Baja
Capilares	Muchos	Muchos	Pocos
Contenido de mioglobina	Alto	Alto	Baja
Velocidad de contracción	Lenta	Rápida	Rápida
Actividad ATPasa	Baja	Alta	Alta
Sistema energético predominante	Aeróbico	Combinado	Anaeróbico
Motoneurona	Pequeña	Grande	Grande
Descarga	Baja	Alta	Alta

Nota Fuente: López , J.; Fernández ,A., 2006**2.2.1.2 Fuentes energéticas en el ejercicio**

Existen tres formas para que la célula muscular obtenga energía a través de la resíntesis de ATP, siendo exergónicas puesto que liberan energía (López , J.; Fernández ,A., 2006). Pudiendo realizarse en las mitocondrias(aeróbico) de las células musculares o en su citoplasma (anaeróbico). (Hans van Dijk, 2017). Según la intensidad y el tiempo predominará determinada una fuente de energía, pero todas intervienen en alguna medida (García-Verdugo M. , 2018).

Según López, J. & Fernández, A. (2006), estos mecanismos son:

- 1) La resíntesis de ATP a partir de fosfocreatina (PCr).
- 2) Por medio de la glucólisis anaeróbica con la degradación de glucógeno muscular en lactato.

3) Por la fosforilación oxidativa. Los dos primeros no necesitan de oxígeno, realizándose en el citoplasma. Sin embargo, el tercero si necesita de oxígeno, ocurriendo esto en la mitocondria.

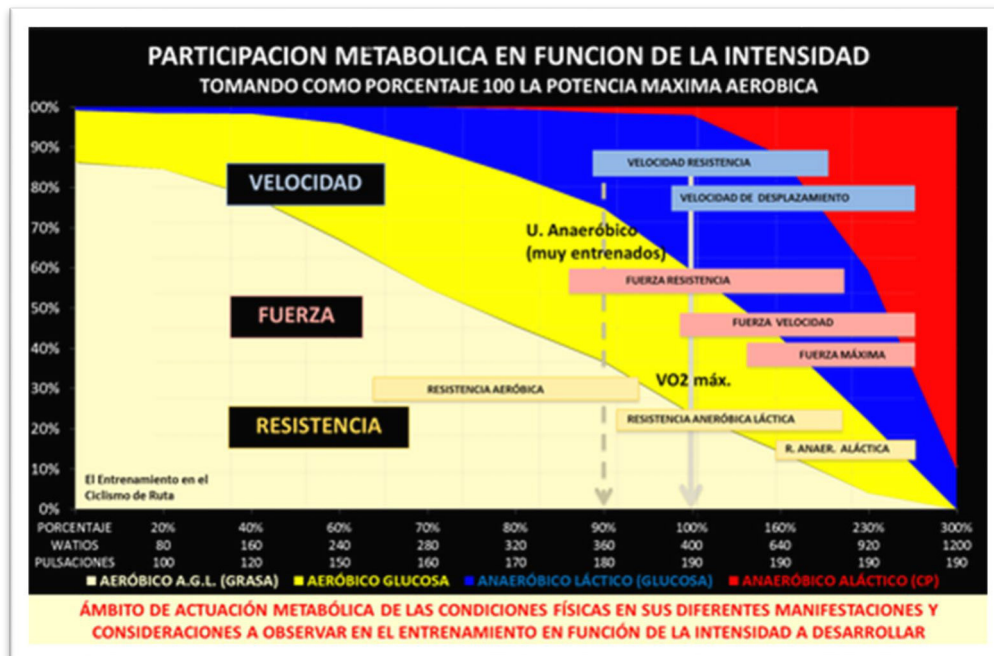


Figura 1 Fuentes de energía según la intensidad

(Algarra & Gorrotxategi, 2012)

a) Vía anaeróbica aláctica

Se produce a partir de la fosfocreatina (PC), ubicada en las células musculares en ínfimas cantidades. Una vez que se va terminando, el mecanismo se bloquea y pasa a ser otra fuente de energía la que provea ATP. Esta fuente permite esfuerzos de máxima intensidad como esprines, saltos, lanzamientos (García-Verdugo M. , 2018).

Es anaeróbica pues no necesita de oxígeno para producir ATP y aláctica porque no produce ácido láctico. Esta fuente energética dura en torno a 10 -12 segundos aproximadamente, dependiendo también de cada deportista y su nivel de rendimiento (García-Verdugo M. , 2018).

b) Vía anaeróbica láctica

Esta vía es la que permite utilizar la glucosa sin que intervenga el oxígeno para producir ATP. Este proceso tiene como resultado final el ácido láctico (AL) (García-Verdugo M. , 2018). A su vez, este ácido láctico se puede acumular, lo que genera agotamiento. Es con el entrenamiento que se mejora la eficacia de esta. Siendo menos potente que la anaeróbica aláctica, pero puede durar varios minutos, dependiendo siempre del estado físico del deportista (Hans van Dijk, 2017).

Predomina esta vía, cuando la potencia se ubica entre el 85% a 100% del VO₂máx, esto conlleva sobrepasar el umbral anaeróbico o de lactato. Agotándose rápidamente las reservas de glucógeno (García-Verdugo M. , 2018).

El AL, al salir de la célula y mezclarse con un medio líquido como el líquido intersticial o la sangre se separa en lactato (L) e iones de hidrógeno (H⁺). El lactato se vuelve a usar o se almacena en el hígado para generar nuevamente glucosa. Por otra parte, los H⁺, provocan acidez y esto hace que el músculo baje la intensidad de trabajo. Esto es un mecanismo de defensa que evita que siga bajando el pH (García-Verdugo M. , 2018).

c) Vía aeróbica

La vía aeróbica provee un suministro de energía abundante y prolongado. Esta está influenciada en gran parte por el consumo máximo de oxígeno. Éste depende de la capacidad de rendimiento de los sistemas respiratorio (volumen, minuto respiratorio, capacidad de difusión) y cardiovascular (volumen, minuto cardíaco, cantidad de sangre, contenido en hemoglobina) (Huter-Becker, 2006).

Para ello usa el oxígeno, por lo tanto, es un proceso aeróbico. Esta vía produce menos potencia que la glucólisis anaeróbica pero dura mucho más tiempo. Incluso

deportistas con un buen plan nutricional y bastante entrenados pueden usarla hasta 2-3 horas. Esta vía también utiliza los ácidos grasos, pero produce menos potencia que usando el glucógeno. Aunque estos son la mayor reserva de energía del cuerpo y la que dura más tiempo (Hans van Dijk, 2017).

Tabla 2

Velocidad de Resíntesis de ATP

Sistema energético	Tasa máxima de regeneración de ATP (nmol de ATP.s-1.kg de peso húmedo -1) Citosólico
Fosfágeno	2.4
Glicolítico	1.3
	Respiración mitocondrial
Oxidación de CHO	0.7
Oxidación de grasas	0.3

Nota. Fuente: Ahumada, 2021

2.2.1.3 Zonas de esfuerzo y de trabajo físico

La transición aeróbica-anaeróbica ha sido un punto de referencia para muchos investigadores, actualmente se tiene el consenso de dos puntos relevantes en la llamada transición; el umbral aeróbico y el umbral anaeróbico. Estos se basan en cuatro puntos fisiológicos: el equilibrio del ácido-base, el metabolismo energético, la concentración de lactato en sangre (y relacionado con todo ello), la regulación de la ventilación (Skinner & Mclellan, 1980 como se citó en Lillo, 2019).

Además, Skinner & Mclellan (1980) también describieron el modelo trifásico que se refiere a la transición que hay desde el metabolismo aeróbico al anaeróbico durante el desarrollo de ejercicios de esfuerzos incrementales y establecieron estas condiciones, dividiéndolas en tres fases:

1. En la primera se realiza ejercicio a baja intensidad, caracterizándose por:

Un aumento del consumo de oxígeno (VO_2), junto con este se da una disminución de la concentración fraccional de oxígeno en el aire espirado (FEO_2). Paralelamente se incrementa la producción de dióxido de carbono (VCO_2) provocando un aumento de la concentración fraccional de dióxido de carbono en el aire expirado (FECO_2). La relación entre el VO_2 y el VCO_2 se mantiene equilibrada y lineal. Habiendo una acidez metabólica limitada lleva que la producción de ATP para obtener energía se obtenga fundamentalmente por vía aeróbica (Lillo J. , 2019).

2. La segunda fase (aeróbica-anaeróbica), se da al aumentar la intensidad del ejercicio (en torno al 60% del $\text{VO}_{2\text{máx}}$), comenzando esto el inicio en el reclutamiento de las fibras musculares tipo II (glucolíticas). Caracterizándose por:

Un incremento no lineal en la ventilación pulmonar del VO_2 , implicando el aumento simultáneo del VCO_2 . Esta adaptación respiratoria es efectiva, ya que los niveles de lactato en sangre, pese a aumentar, son estabilizados por los sistemas de aclarado. Ya que el organismo no es capaz de extraer más oxígeno que el necesario para sustituir el ATP utilizado, el resultado será el aumento de la FEO_2 . El lactato sanguíneo aumenta respecto a los valores de reposo, situación relacionada con un incremento en la participación de fibras tipo II (glucolíticas) (Lillo J. , 2019).

La tasa de VO_2 se queda lineal, la ventilación pulmonar y el CO_2 se incrementan de forma acelerada, y el equivalente respiratorio del oxígeno (VE/VO_2) comienza a elevarse sin aumento concurrente en el equivalente ventilatorio del dióxido de carbono (VE/VCO_2). A esta transición de la fase I (totalmente aeróbica) y la fase II (comienzo de la participación anaeróbica de obtención de energía), se le denomina umbral aeróbico, siendo el método de detección el Primer Umbral Ventilatorio (VT_1) (Lillo J. , 2019).

3. La tercera fase (aeróbica-anaeróbica), se da por la realización de actividad física de alta intensidad (superior al 80% del VO_2). Se caracteriza por:

Un aumento continuo de la concentración de lactato en sangre, con una saturación del sistema de bicarbonato ocasiona la rotura del equilibrio ácido base, provocando descenso del pH. Por lo que aparece una importante hiperventilación pulmonar cuya finalidad es producir la compensación de la acidosis metabólica a través de la eliminación del CO_2 . Esta hiperventilación produce una disminución de la FECO_2 y un aumento de la FEO_2 , que implica a su vez un aumento de los valores del equivalente ventilatorio del dióxido de carbono (VE/VCO_2), que permanecían en un estado de estabilidad relativa. Esta transición entre las fases II y III se le llama umbral anaeróbico, llamado también el Segundo Umbral Ventilatorio (VT2) (Lillo J. , 2019).

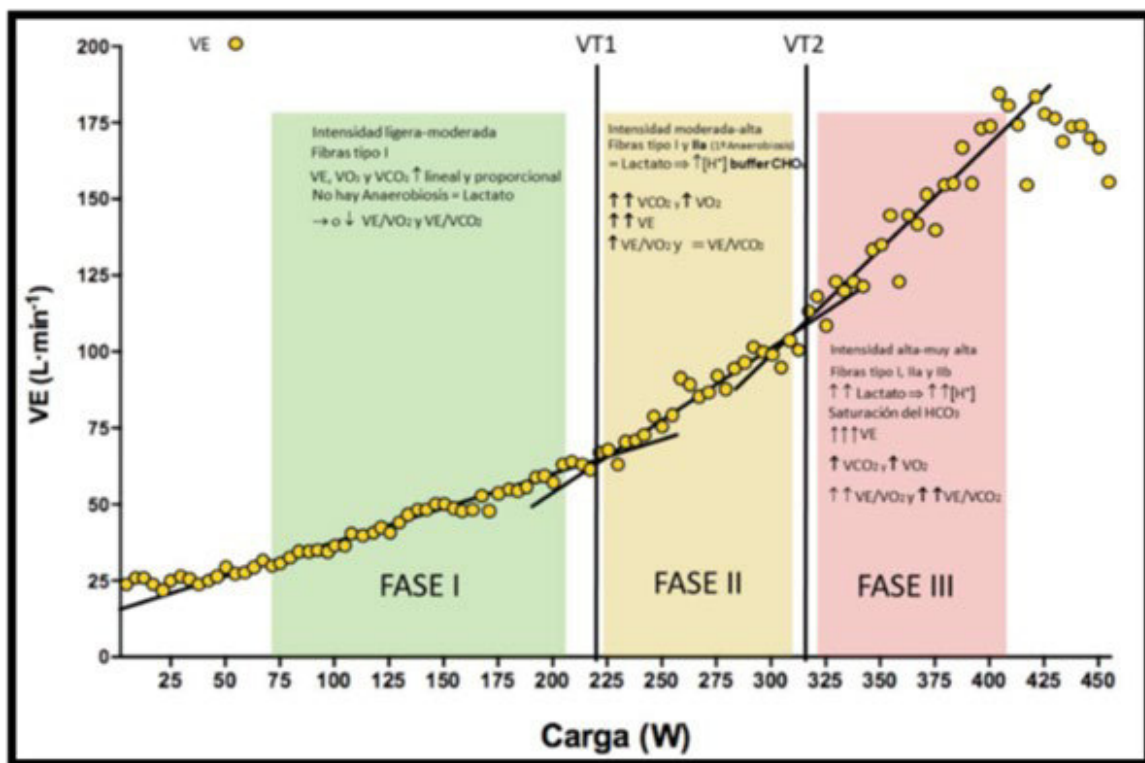


Figura 2 Modelo trifásico de transición aeróbica-anaeróbica de Skinner & McLellan

(Lillo J. , 2019)

El entrenamiento deportivo continuo potencia la flexibilidad metabólica de la célula muscular, aumentando el volumen de las reservas de sustratos y su capacidad de pasar a usar grasas en vez de carbohidratos como fuente de energía con el fin de cubrir las demandas energéticas de los músculos que realizan la actividad física. Las personas entrenadas en deportes de resistencia cuentan con mayores depósitos de glucógeno en sus músculos en reposo frente a personas sedentarias, aunque en muchas ocasiones la exigencia de energía supera la capacidad de reservas de glucógeno muscular y la oportunidad de rellenar las reservas propias entre competencias o entrenamientos deportivos (Burke & Hawley, 2021).

1. Umbral aeróbico

Es la intensidad del esfuerzo en la que el metabolismo aeróbico no es capaz por sí solo para cubrir las exigencias energéticas del tejido muscular activo y que hace necesario recurrir por primera vez a las fuentes anaeróbicas adicionales de suministro energético (Holloszy & Coyle, 1984, tomado de Lillo, 2019).

El umbral aeróbico, coincide con el instante en el que comienza a verse lactato en el torrente sanguíneo. A intensidades menores a este, el lactato apenas es vertido en el torrente sanguíneo y se resintetiza. Suele situarse en torno a 1.5-2 mmol/L (García-Verdugo M. , 2018).

El umbral aeróbico se produce a una intensidad mucho menor que el UL (Umbral de lactato), Aunque es también de suma importancia para el rendimiento deportivo (Friel, Manual de entrenamiento del ciclista, 2011).

Conforme se incrementa la intensidad del ejercicio, el lactato en la sangre se eleva hasta 2 mmol/l, esto corresponde al umbral aeróbico. Este suele estar al 65% de la

frecuencia cardíaca máxima. Este también suele estar entre 20 a 40 pulsaciones por minuto menos que el umbral anaeróbico (Friel, La biblia del triatleta, 2018).

Este aumento de la intensidad implica aumentar la frecuencia cardíaca, lo que también implica cambios de fuente de energía, así como la proporción de los gases inhalados y exhalados. A este evento fisiológico también se le conoce como umbral ventilatorio 1 (VT1) o umbral de lactato 1 (LT1). En esta zona la principal fuente de energía son las grasas, conforme la intensidad aumenta cobra más importancia la glucosa como sustrato energético. Así también en intensidades menores al VT1 predomina el trabajo de las fibras lentas, cobrando mayor protagonismo las fibras mixtas y rápidas conforme aumenta la intensidad del ejercicio (Apta Vital Sport, 2021).

2. Umbral anaeróbico

El umbral anaeróbico o umbral de lactato 2 es el momento en el que el lactato sanguíneo empieza a acumularse. Por lo que incluso si la intensidad del ejercicio es constante, el lactato aumenta su concentración progresivamente, ya que el organismo no es capaz de reciclar todo lo que se produce. Suele situarse en torno a los 4 mmol/L, sin embargo, en deportistas de resistencia de gran nivel, suele situarse a niveles inferiores. El umbral anaeróbico se encuentra muy cerca del consumo máximo de oxígeno en sujetos altamente entrenados, en personas sedentarias está en torno al 60% del $VO_{2m\acute{a}x}$, sin embargo, en individuos altamente entrenados puede situarse en torno al 90% del $VO_{2m\acute{a}x}$ (García-Verdugo M. , 2018).

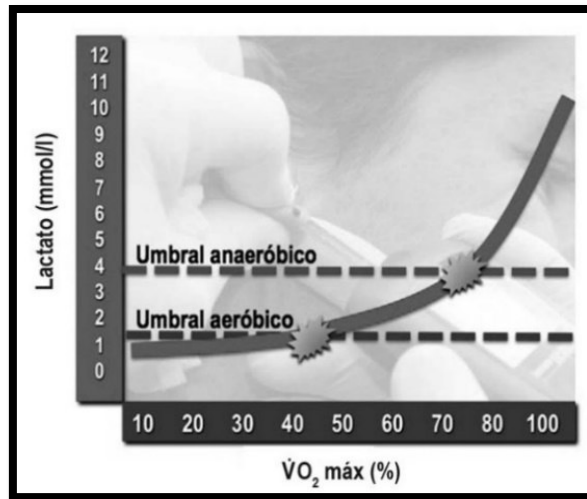


Figura 3 Relación de la concentración de lactato con el consumo máximo de oxígeno

(García-Verdugo M. , 2018)

El umbral anaeróbico se puede asociar a una frecuencia cardíaca, un ritmo o velocidad de desplazamiento y la potencia. Además de a una fracción del consumo máximo de oxígeno, siendo posible de mejorarse. La ventaja de la frecuencia cardíaca que varía poco y es mucho más constante que la potencia, la velocidad o ritmo, por lo que puede ser también muy útil para monitorizar esfuerzos (García-Verdugo M. , 2018).

Siendo la intensidad en la que la glucólisis anaeróbica empieza a funcionar de manera relevante como proveedora de ATP (5-7% del total de la energía), saturando el sistema buffer del bicarbonato (Lillo J. , 2019).

El Umbral de Lactato (UL), que según el método de medición puede denominarse umbral anaeróbico, corresponde a un nivel de esfuerzo muy alto pero que se puede mantener poco tiempo. Intensidades superiores al UL (4 mmol/l), hacen que se acumule lactato así como iones hidrógeno en sangre, lo que limita la contracción de los músculos; aquí predomina la glucólisis anaeróbica. Mientras este umbral esté más cerca

del VO₂máx, mejor rendimiento tendrá el atleta (Friel, Manual de entrenamiento del ciclista, 2011).

La diferencia entre umbral de lactato y umbral anaeróbico radica en la forma de determinarlo, mientras que en el primero se mide el lactato en sangre, en el segundo se mide con un analizador de gases; pero pueden asumirse como iguales. Por este motivo esta intensidad se puede mantener por tiempos breves, llegando algunos deportistas altamente entrenados a mantenerlo cerca de una hora (Friel, La biblia del triatleta, 2018).

Aquí se produce una frontera entre la zona aeróbica y la zona anaeróbica, de manera que en este punto predomina la obtención de energía por anaerobiosis. Dándose además un incremento desproporcionado de la ventilación en relación al consumo de oxígeno. En este punto predomina el trabajo de las fibras rápidas. Todo esto conlleva a la caída del pH, lo que produce fatiga en corto tiempo. También se le conoce como segundo umbral ventilatorio (VT₂) o segundo umbral de lactato (LT₂) (Riusec, 2021).

Este también coincide con el máximo estado estable de lactato, más conocido por sus siglas en inglés MLSS (maximal lactate steady state) (Ahumada, Fisiología del entrenamiento. Conceptos básicos., 2021)

3. Consumo máximo de oxígeno

La cantidad de oxígeno que se necesita para realizar una actividad física durante un tiempo determinado se conoce como consumo de oxígeno. Este se ve limitado por la capacidad muscular para usarlo y su principal factor limitante está en el funcionamiento de las mitocondrias, para ello debe de llegar en cantidades suficientes por lo que los sistemas respiratorio y cardiovascular resultan fundamentales, por lo que deben de trabajar en forma coordinada. Este se mide por la cantidad de litros por minuto de

oxígeno consumido, siendo mejor dividiendo esta cantidad entre los kilos del sujeto para tener una mejor idea (ml/kg/min) (García-Verdugo M. , 2018).

Aunque no todo el oxígeno puede ser usado, dependiendo de la cantidad que este llegue a las células musculares, se realiza este proceso en las mitocondrias, encargadas de procesar dentro de ellas, mediante la oxidación, todos los macronutrientes (carbohidratos, grasas y proteínas). A expensas del oxígeno, que es transportado por la hemoglobina a través de la circulación sanguínea y que se fija a la fibra muscular con la mioglobina para adherirse a la mitocondria, donde se producen este proceso aeróbico de la oxidación en el ciclo de Krebs (García-Verdugo, 2018).

Al continuar incrementándose la intensidad del ejercicio, hace que el consumo de oxígeno también lo haga, pero va a llegar a un límite, cuando las necesidades energéticas no pueden ser totalmente satisfechas por la oxidación ya sea porque las mitocondrias no se dan abasto o porque el sistema circulatorio no provee suficiente oxígeno. Momento en el cual se eleva la producción de lactato, y se produce un equilibrio entre los procesos aeróbicos mitocondriales y los procesos anaeróbicos sarcoplasmáticos. De seguir aumentando la intensidad del ejercicio, llegará el momento en que los procesos aeróbicos ya no pueden aumentar por saturarse, aunque se eleve la intensidad, denominándose a este momento máximo consumo de oxígeno o $VO_{2\text{máx}}$ (García-Verdugo M. , 2018).

Actualmente se conoce que el principal factor limitante del máximo consumo de oxígeno es la capacidad del músculo para sustraer y usar el oxígeno de la sangre, concretamente depender prioritariamente de la mitocondria celular. Por lo que se infiere que un aumento de enzimas mitocondriales y una mayor capilarización, mejorarían el $VO_{2\text{máx}}$. Por otra parte, hay investigadores que sostiene la determinación del aparato cardiovascular y respiratorio para el $VO_{2\text{máx}}$ (García-Verdugo M. , 2018).



Figura 4 Relación entre la potencia incremental y el consumo máximo de oxígeno (VO₂máx)

(García-Verdugo M. , 2018)

Según García- Verdugo (2018) el VO₂máx. se ve limitado por una serie de parámetros, entre ellos:

- 1.-El oxígeno suministrado por el sistema circulatorio, que a su vez depende del volumen total de sangre y de los niveles de hemoglobina, supeditado también a la cantidad y calidad de eritrocitos. Incluso de la mejor distribución del gasto cardíaco, en las que prioriza los músculos en acción.
- 2.- De la capacidad de las fibras musculares para usar el oxígeno. Estas producen una serie de adaptaciones que mejoran su eficiencia, entre ellas el aumento de mitocondrias y mayor actividad enzimática.
- 3.- De la genética, ya que el entrenamiento mejora entre un 20 a 30 por ciento, incluso algunos autores señalan menores mejoras.
- 4.- De la cantidad de masa muscular implicada, pues si esta es mayor, demanda mayor consumo de oxígeno, lo que hace que esta se desarrolle.

5.- La edad, el pico de $\text{VO}_2\text{máx}$ alcanza en torno a los 25 años. Luego se va reduciendo gradualmente, pudiendo redirigirse mediante el entrenamiento.

6.- Sexo, las mujeres tiene un $\text{VO}_2\text{máx}$ menor al hombre, entre un 10% a 30%.

7.- Motivación: Pues el $\text{VO}_2\text{máx}$ es regulado por el Sistema Nervioso y el Sistema Límbico influye en gran medida. Así pues, las emociones pueden influir en éste.

El VO_2 máx. varía significativamente en personas sedentarias desde los 35 a 45 ml hasta más de 85 ml/kg/min en deportistas de élite. Sin embargo, aunque se han mejorado las marcas en diferentes deportes de resistencia, el valor de $\text{VO}_2\text{máx}$ apenas se ha modificado, lo que sugiere que hay otros factores que afectan al rendimiento y resultados. En cualquier caso, es necesario tener un $\text{VO}_2\text{máx}$ alto para tener un gran rendimiento, pero no lo es todo. Influye también el tiempo que este se pueda sostener, el promedio suele estar en torno a 5 minutos, si esta se prolonga también mejoraría el rendimiento (García-Verdugo M. , 2018). Para García-Verdugo M. (2018), hay dos parámetros que se relacionan con el consumo de oxígeno, como son:

- a) **El déficit de oxígeno:** Que corresponde al inicio de un ejercicio aeróbico, en la que muchas veces no hay suficiente sustrato energético para satisfacerla. Produciéndose lactato en gran medida hasta que poco a poco se logra un equilibrio. Esto va a depender de la capacidad del individuo y de tu efectividad en proporcionar el oxígeno necesario para la intensidad con que se produce el ejercicio. Siendo este uno de los motivos por lo cual el $\text{VO}_2\text{máx}$ tarda un par de minutos en alcanzarse. Por lo que un calentamiento adecuado ayuda a disminuir este déficit.
- b) **Deuda de oxígeno:** Al iniciar una actividad física de elevada intensidad, se produce una hiperventilación debido a que se necesita más O_2 . Al finalizar esta

actividad, el jadeo no cesa al momento sino este continúa por un tiempo, esta hiperventilación (aumento de la frecuencia y amplitud respiratoria), es consecuencia de la necesidad de cubrir una cantidad extra de O_2 que se necesita para el retorno al estado de reposo. Esta cantidad extra de O_2 , que se requiere se le denomina deuda de oxígeno. Por lo que sería la cantidad de oxígeno necesaria para el periodo de recuperación de una actividad física. Esta deuda está relacionada con la recuperación del ejercicio intenso aeróbico, por ello la marcada diferencia entre sujetos entrenados ante similares esfuerzos.



Figura 5 Relación entre el consumo de oxígeno y el volumen de trabajo

(García-Verdugo M. , 2018)

Cuando se llega al máximo consumo de oxígeno, el corazón llega muy cerca a sus niveles máximos de frecuencia cardíaca. Las mayores necesidades de oxígeno que demanda el aumento de intensidad del ejercicio, se abastecen con una mayor fuerza de contracción sistólica, pero llega a un punto en que esta ya no aumenta y la demanda de oxígeno son cubiertas por un aumento de la frecuencia cardíaca. Por lo que esta es un claro indicativo del aumento de potencia del ejercicio, principalmente hasta alcanzar el VO_{2max} (García-Verdugo M. , 2018).

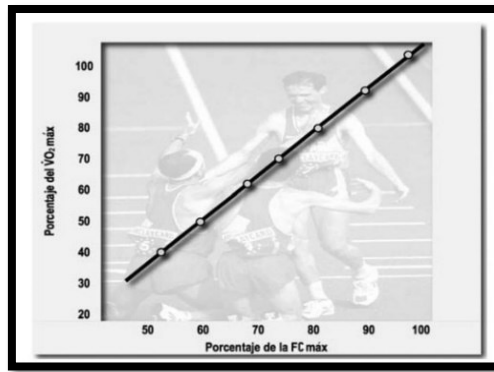


Figura 6 Relación porcentual entre frecuencia cardíaca y el consumo de oxígeno

(García-Verdugo M. , 2018)

Así pues, el máximo consumo de oxígeno corresponde al máximo volumen de oxígeno (VO₂máx) que la persona puede captar en esfuerzo físico, este se expresa en mililitros de oxígeno por kilogramo de peso corporal y por minuto (ml O₂/kg/min). Muchos estudios han ratificado la importancia de este para el rendimiento deportivo, sobre todo en deportes de largo aliento. Tanto las evidencias empíricas como estudios, ratifican que esta intensidad se puede mantener por pocos minutos, no más de diez minutos; como siempre dependiendo del nivel del deportista (Hans van Dijk, 2017).

Pudiendo cambiar la orientación del débito cardíaco de los músculos del 15 a 20 por ciento en reposo hasta el 80 a 85 por ciento en máximo esfuerzo (Billat, 2002).

Nuevos estudios dilucidan que el VO₂máx no es la causa sino la consecuencia de un gran estado de forma, además otros estudios afirman que el gasto cardíaco es la variable que determina el máximo consumo de oxígeno (Ahumada, Fisiología del entrenamiento. Conceptos básicos., 2021)

Según la ecuación de Fick para el consumo máximo de oxígeno (VO₂máx) es:

$$VO_2Máx: GC \times D(a-v)O_2$$

GC: Gasto cardíaco D(a-v): diferencia arteriovenosa de oxígeno (López , J.; Fernández ,A., 2006)

El $\text{VO}_2\text{máx}$ puede estimarse en test de laboratorio, con un analizador de gases y aumentando progresivamente la carga hasta alcanzar el agotamiento. Los mejores ciclistas masculinos mundiales tienen valores entre 70 y 80 ml/kg/ min, en las mujeres suele ser un 10 por ciento menor (Friel, Manual de entrenamiento del ciclista, 2011).

Lo que marca la diferencia es la potencia que se puede producir entre ciclistas altamente entrenados (Torres, 2016).

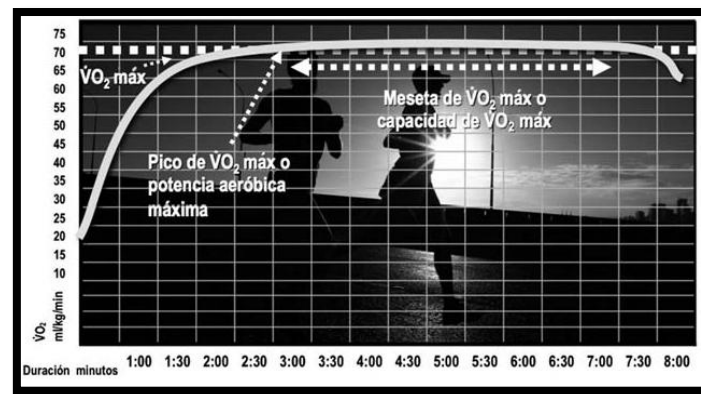


Figura 7 Pico de $\text{VO}_2\text{máx}$ o potencia aeróbica máxima (PAM)

(García-Verdugo M. , 2018)

Factores que influyen en el $\text{VO}_2\text{máx}$:

- 1. Genética 3. Edad, disminuye a partir de los 35 años un 0,5-1,0 % anual
- 2. Sexo 4. Entrenamiento

Hay consenso en indicar que la frecuencia cardíaca no es capaz de señalar con precisión donde están los umbrales. En cuanto al modelo de los hitos fisiológicos, el LT1 y LT2 corresponde a 2 y 4 miliMoles de lactato respectivamente, pero puede haber

cierta variación por el deporte específico o el individuo (Ahumada, Fisiología del entrenamiento. Conceptos básicos., 2021) .

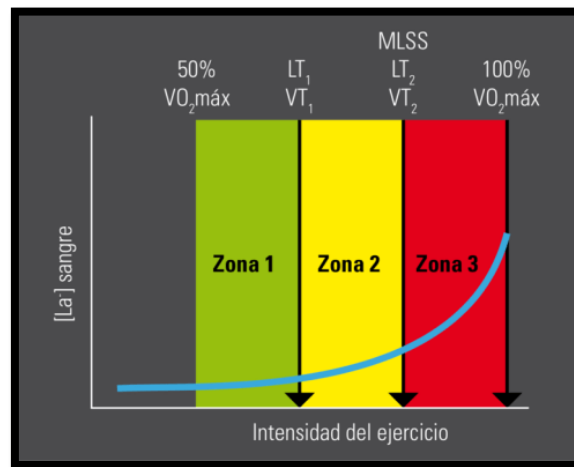


Figura 8 Hitos fisiológicos

(Corsini, 2021)

El consumo máximo de oxígeno, el umbral de lactato y la economía de esfuerzo. Constituyen los tres determinantes del rendimiento en deportes de fondo. Siendo el VO₂máx la máxima velocidad a la que se puede desplazar el oxígeno desde la atmósfera hasta la oxidación en las mitocondrias musculares, a su vez está determinado por el gasto cardíaco (factor central) y la diferencia arteriovenosa de oxígeno (periférico). La capacidad de usar el mayor porcentaje del consumo máximo de oxígeno implicará que el deportista pueda hacer esfuerzos a intensidades muy altas en esfuerzos prolongados (Ahumada & Tur, Endurance group, 2021).

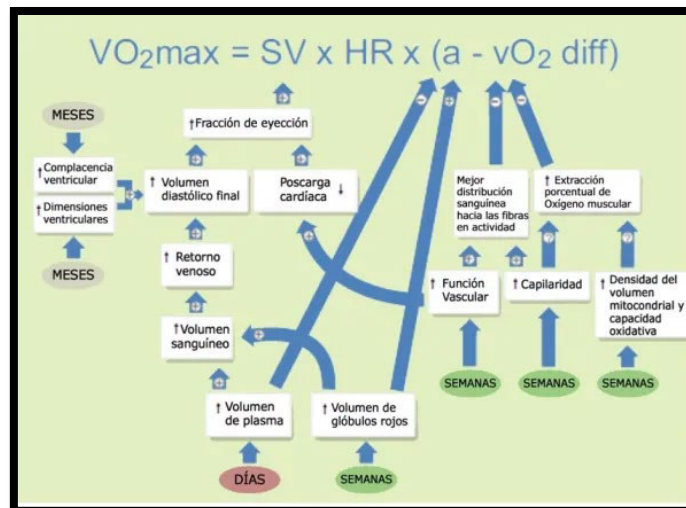


Figura 9 Adaptaciones fisiológicas que mejoran el consumo máximo de oxígeno

(Ahumada & Tur, Endurance group, 2021)

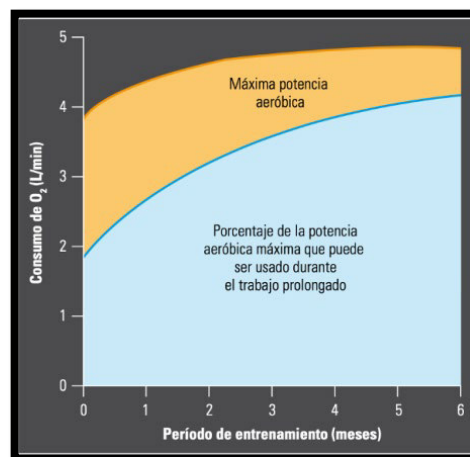


Figura 10 Evolución en el tiempo del consumo máximo de oxígeno y de uso fraccional

(Ahumada & Tur, Endurance group, 2021)

Sin embargo, la importancia del consumo máximo de oxígeno, aunque es muy importante, ha sido sobrestimada, ya que hay otros factores que pueden predecir mejor el rendimiento como la potencia máxima alcanzada en un Test incremental de esfuerzo (Ahumada & Tur, Endurance group, 2021).

Además de todo esto, debemos de mencionar que según García- Verdugo, 2018. Existen dos tipos de respiración:

- 1).- Respiración celular:** Referida al metabolismo del oxígeno en la célula muscular con producción de dióxido de carbono (CO₂).
- 2).- Respiración pulmonar o ventilación:** Que se refiere al movimiento gaseoso a través de la inspiración y espiración, por el cual se intercambia el O₂ y el CO₂ en los alveolos pulmonares (García-Verdugo M. , 2018).

Para García- Verdugo, 2018, la ventilación o respiración pulmonar depende de dos factores como son el volumen pulmonar y la frecuencia respiratoria.

A) Volumen pulmonar (VP) Se refiere a la cantidad de aire que se puede almacenar en los pulmones. Que a su vez se dividen en:

- a) Volumen corriente (VC):** Es el gas espirado o inspirado durante un ciclo respiratorio típico, oscila entre 500 y 1000 mililitros de aire
- b) Volumen inspiratorio de reserva (VIR):** Se refiere al aire inhalado en una inspiración máxima. Fluctuando de 1 a 3 litros de aire.
- c) Volumen espiratorio de reserva (VER):** Es el aire extra que se expulsa en una espiración forzada. Que oscila entre 1 a 2 litros.
- d) Volumen de aire residual (VAR):** Es la cantidad de aire que resta en una respiración forzada y va de 1 a 1,5 litros.

B) Frecuencia respiratoria (FR) Es el número de respiraciones que se realiza en un minuto. En reposo está entre 10 a 20 por minuto y en esfuerzos superiores al VO₂máx puede alcanzar 80 respiraciones por minuto (García-Verdugo M., 2018).

En base a lo anterior, encontramos diferentes capacidades, como son:

1). - **(CPT):** se refiere a la capacidad pulmonar total que abarca a la totalidad de volúmenes

(García-Verdugo M. , 2018) sostiene que, en función de lo anterior, existen diferentes capacidades:

1.1). - Capacidad vital (CV): Se refiere a la máxima cantidad de aire que un individuo puede expulsar de los pulmones después de una inspiración máxima. A su vez se compone de los volúmenes siguientes: $VC + VIR + VER$, oscilando entre los 3 y 7 litros de aire, dependiendo esto del tamaño de los pulmones y de la fuerza de los músculos respiratorios.

1.2). - La capacidad residual funcional (CRF): Se refiere a la capacidad residual funcional que es la cantidad de aire que resta tras una espiración normal. Abarcando el $VER + VR$ (volumen residual).

Además, el volumen respiratorio es el aire que se mueve en cada respiración dentro de los pulmones, dependiendo de la situación de fatiga o estrés. Por consiguiente, se puede reclamar como máximo la capacidad vital, variando significativamente entre 1 y 6-7 litros (García-Verdugo M. , 2018).

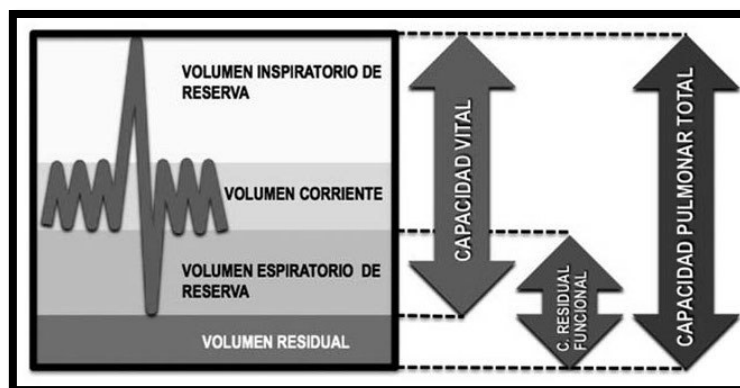


Figura 11 Capacidades y volúmenes pulmonares

(García-Verdugo M. , 2018)

Según (García-Verdugo M. , 2018) Por todo ello el débito respiratorio (DR), depende de la frecuencia respiratoria y del volumen de aire expulsado en cada exhalación en un minuto. Teniendo la siguiente fórmula:

$DR \text{ (ml/min)} = FR \text{ (respiraciones/minuto)} \times VR \text{ (litros/respiración)}$ En la que DR = débito respiratorio; FR = frecuencia respiratoria; VR = volumen respiratorio.

Cuando se incrementa la intensidad del ejercicio, lo hacen las demandas de oxígeno, por lo que se necesita llevar más aire a los alveolos, incrementándose la ventilación pulmonar pero una vez que esta llega a su límite, las necesidades de más aire se cubren aumentando la frecuencia respiratoria. A este momento en el que el deportista suele hiperventilar, se le denomina umbral ventilatorio y suele coincidir con el umbral anaeróbico. Pudiendo ser la acidosis la desencadenante de esto (García-Verdugo M. , 2018).

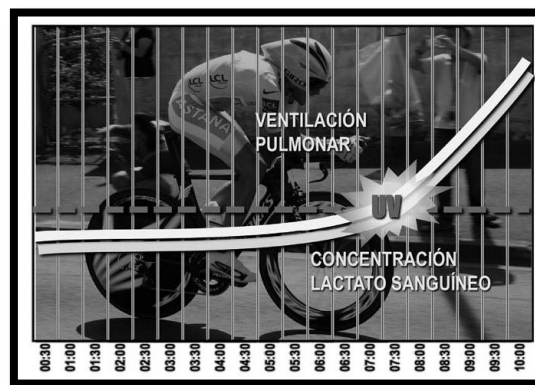


Figura 12 Relación entre los niveles de lactato y el umbral ventilatorio

(García-Verdugo M. , 2018)

4. Máximo Estado Estable de Lactato (Maximal Lactate Steady State) (MLSS)

Owles en 1930, escribe sobre la evidencia de una intensidad individual y única en que la concentración de lactato del plasma tiene un incremento progresivo, llamado punto Owles, por esto surgió el concepto de Máximo estado estable de lactato (MLSS).

Al aparecer los potenciómetros, la potencia correspondiente al MLSS, se volvió en uno de los datos más importantes para planificar los entrenamientos (Lillo J. , 2019).

“ El concepto de MLSS se refiere a la intensidad de esfuerzo más elevada en la que el bicarbonato plasmático (sistema buffer), es capaz de taponar y controlar la acidosis producida por el metabolismo de la glucólisis anaeróbica, evitando una acumulación continua de la acidosis. El MLSS ha sido definido como la intensidad correspondiente a la máxima velocidad de carrera, o potencia en ciclismo, a la que la concentración de lactato sanguíneo [Lact] permanece estable durante cargas de ejercicio a intensidad submáxima prolongadas en el tiempo. Esta intensidad se localiza dentro de la fase II del modelo trifásico, antes de alcanzar el Umbral Anaeróbico, estando localizada en la mayoría de los ciclistas entre el 70 y 75 % del VO₂máx ” (Lillo J. , 2019)

El MLSS es estimado como referente para el rendimiento en pruebas de medio fondo y fondo, se ha asociado la posición del Umbral Anaeróbico con la del MLSS, pero recientes estudios en ciclistas han demostrado que el MLSS evidencia otro factor limitante, relacionado principalmente con la disponibilidad del glucógeno y no con la acidosis metabólica, y se ubica en la mayoría de ciclistas y corredores entre el 83% - 88% de la potencia asociada al Umbral anaeróbico. En otro trabajo se observó que el MLSS y la potencia crítica no están en la misma intensidad. Parecen que se trata de diferentes intensidades fisiológicas, con distintos factores limitantes y adaptaciones crónicas asociadas (Lillo J. , 2019).

“El máximo estado estable de lactato, se refiere a la máxima concentración de lactato compatible con un equilibrio entre la tasa de producción de lactato respecto a su aclaramiento, durante un ejercicio de carga constante de aproximadamente 30 minutos de duración” Suele ser coincidente con el Umbral Anaeróbico (López, 2020).

Para hallar el MLSS se necesita hacer un test progresivo, debiendo de realizarse varias repeticiones con una carga fija durante 30 minutos. Teniendo como referencia de carga el umbral de lactato 2 o umbral anaeróbico y el 90% del máximo consumo de oxígeno. Por lo que se deben de realizar tomas de niveles de lactato en los minutos 10, 20 y 30 del Test. Se ubicará al MLSS en la intensidad más alta producida donde las diferencias de concentración de lactato en sangre entre los minutos 10 y 30 sean menores a 1 mmol. L⁻¹ (Dominguez, 2021).

Se expresa el MLSS en % del consumo máximo de oxígeno, siendo considerado un importante indicador de rendimiento de resistencia cardiorrespiratoria. Así mismo se han hallado una gran variabilidad en la concentración de lactato en pruebas de MLSS, entre 2 a 8 mm en sangre de los capilares, no relacionándose al rendimiento. Por lo que no se puede tomar en cuenta valores fijos de lactato como zonas de entrenamiento pues no toma en cuenta la diferencia entre individuos deportistas (Dominguez, 2021).

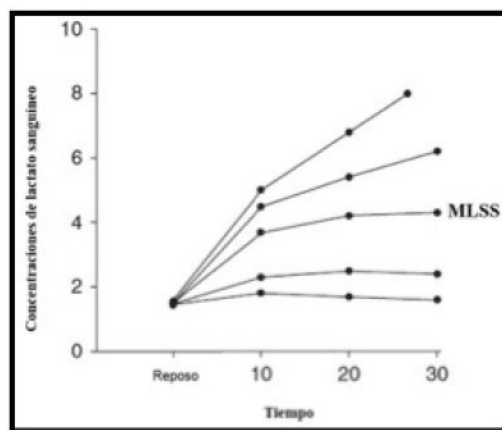


Figura 13 Determinación del MLSS

(Dominguez, 2021)

En la gráfica se puede observar cómo se monitoriza las concentraciones de lactato en sangre desde el reposo, ante diferentes cargas de trabajo constantes ubicadas

entre el umbral de lactato y el 90% del consumo máximo de oxígeno, en los minutos 10, 20 y 30. Hallándose el MLSS cuando la máxima intensidad de carga de trabajo en la que el lactato aumenta por debajo de 1 mmol. L⁻¹ (Dominguez, 2021).

2.2.1.4 Escala del esfuerzo percibido

La forma más antigua pero no por ello poco eficaz, es la percepción del esfuerzo escala del esfuerzo percibido (EEP); este es cuantificado del 1 al 10 según la escala de Borg. Asignándose al 0, ninguna actividad o esfuerzo y el 10 la máxima intensidad para el ejercicio efectuado (Friel, La biblia del triatleta, 2018).

2.2.1.5 Umbral de Potencia Funcional (UPF)

El UPF es la máxima potencia promedio producida en una hora de esfuerzo. Sin embargo, nuevos conocimientos lo están redefiniendo como el estado de cuasi fatiga mantenido en 20 minutos. Este está estrechamente relacionado con el Umbral de lactato (UL), coincidiendo en muchas ocasiones en la intensidad del esfuerzo dependiendo de la condición física del ciclista. Muchos estudios coinciden en tomar esto como el factor principal del rendimiento, puesto que el UPF constituye un predictor poderoso de la capacidad de rendimiento de resistencia ya que este marca que porcentaje de VO₂máx puede ser usado. Por ello es el mayor determinante en el rendimiento deportivo para el ciclismo en sus diversas modalidades y pruebas en general. En base al UPF se establece las zonas de trabajo individualizadas (Allen H. , 2019).

2.2.1.6 Determinación del UPF

La manera más eficaz es realizar una sesión de entrenamiento específico para hallarlo. Debido a la dificultad, tanto físicas como mentales y de encontrar un lugar adecuado para sostener un esfuerzo durante 60 minutos, se descubrió que, realizando 20

minutos de esfuerzo máximo, dado que será un esfuerzo más anaeróbico es que al valor resultante se le quita un 5 por ciento (Allen & Coggan, 2014).

Sin embargo cabe señalar que si se realiza el test de 20 minutos únicamente, el UPF suele estar sobreestimado y en estos casos se debe de multiplicar el resultado por 0.90. Para que no suceda esto se propone realizar un test de 5 minutos para después de 15 a 20 minutos hacer el test de 20 minutos y multiplicar el resultado por 0.95 (Ahumada & Tur, Endurance group, 2021)

Debiendo este evaluarse periódicamente, al final de cada mesociclo, por ejemplo. Para ver la evolución y eficacia del plan de entrenamiento (Sanchis, 2018).

Allen y Coogan mencionan que un ciclista profesional como mínimo debe de alcanzar 5.15 watio/kilo para poder seguir el ritmo de competición (Van Bon & Vroemen, Power speed profile: Performance model for road cycling, 2018)

2.2.1.7 Los iLevels

El UPF es un indicador sustitutivo del rendimiento, que se basa en el rendimiento funcional de la aptitud del metabolismo muscular individual. Puesto que las respuestas del metabolismo frente al ejercicio como la oxidación y la absorción de glucosa se relacionan mejor con el umbral de lactato que con la aptitud del corazón, como el consumo máximo de oxígeno. Puesto que el rendimiento en deportes de fondo, se correlaciona en gran medida con la potencia en umbral de lactato (Coogan, 2017).

Para los trabajos en intensidades aeróbicas, tiene sentido definirlos con relación al UPF, pero no lo tiene frente a intensidades superiores al UPF ya que intervienen otros factores además de la aptitud metabólica. Por lo que los niveles basados en el UPF no

son tan apropiadas ni correctas, estando algo limitadas para definir la cantidad de potencia y su duración en niveles superiores al UPF (Coogan, 2017).

Según (Coogan, 2017) para intensidades mayores al UPF, se ha descrito cuatro niveles en vez de tres y sus límites determinados por la curva de potencia que se va generando en cada individuo con los trabajos realizados. Denominándose iLevels, estos generan un mejor dibujo de la fisiología de cada individuo. Obteniendo mayor especificidad en la carga de trabajo, produciendo mejoras más precisas en la condición física. Teniendo principalmente tres ventajas:

- 1.- Capacidad de individualizar los niveles de entrenamiento.
- 2.- Realizar entrenamientos específicos en relación a la intensidad y tiempo.
- 3.- Llevar un mejor seguimiento de los entrenamientos específicos.

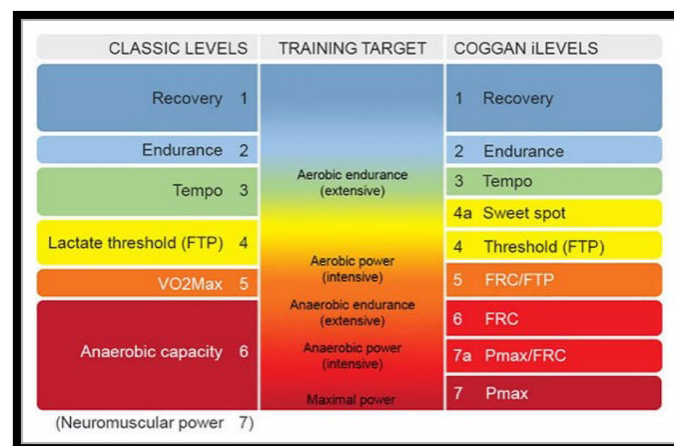


Figura 14 Comparación de los niveles clásicos con los iLevels

(Coogan, 2017)

Usando los iLevels, se realiza entrenamientos por encima del UPF basados en la fisiología individual, lo que permite realizar entrenamientos más precisos y específicos,

ya que se mejora significativamente la dosis y respuesta al entrenamiento. Además, estos precisan la relación entre el tiempo y la intensidad en los niveles por encima del UPF.

Training Levels		Coggan Individualized Power Levels		
Level	Description	Power	Percent	Duration
1	Recovery	208 W or less	56.00 % or less	
2	Endurance	208 to 283 W	56.00 to 76.00 %	
3	Tempo	283 to 328 W	76.00 to 88.00 %	
4a	Sweetspot	328 to 354 W	88.00 to 95.00 %	
4	FTP	354 to 391 W	95.00 to 105.00 %	
5	FRC/FTP	391 to 607 W		14:41 to 1:00
6	FRC	607 to 741 W		1:00 to 0:30
7a	Pmax/FRC	741 to 949 W		0:30 to 0:10
7	Pmax	949 W or more		0:10 or less

Figura 15 Ejemplo de iLevels

(Coogan, 2017)

Resumiendo, el nuevo sistema iLevels, que se basa en la curva de potencia. Mejora significativamente la especificidad e individualización de los entrenamientos, sobre todo en las intensidades superiores al UPF. A su vez ofrece la posibilidad de generar trabajos más efectivos y eficaces

2.2.1.8 Ventajas del uso del potenciómetro:

A) . - Registro minucioso de cada sesión de entrenamiento

Es una valiosa herramienta que registra detalladamente el esfuerzo que hemos hecho en cada momento, pudiendo así trabajar de manera más específica y puntual, lo que permite dosificar de manera mucho más detallada y exacta cada sesión de entrenamiento. Pudiendo visualizar el tiempo que hemos pasado en cada zona de intensidad (Allen & Coggan, 2014).

B). - Permite medir los cambios en el estado físico

Nos permite evaluar en cada entrenamiento, así como en cada carrera nuestro rendimiento, con la motivación que esto conlleva, observando los cambios en nuestro

estado físico. Teniendo la posibilidad de examinar nuestro perfil de potencia constantemente. Pudiendo decidir en base a ello cambios en nuestro plan de entrenamiento (Allen & Coggan, 2014).

C). - Conocer las debilidades y fortalezas del deportista

Todos los datos recolectados, tanto en entrenamientos específicos como en carreras, sirven para analizar de manera objetiva las debilidades y fortalezas de cada uno de nuestros deportistas (Allen & Coggan, 2014).

	Hombres				Mujeres			
	5 s	1 min	5 min	FTP	5 s	1 min	5 min	FTP
Clase Mundial	23,97	11,03	7,18	6,22	18,54	8,92	6,35	5,40
Excepcional	22,15	10,33	6,54	5,65	17,22	8,36	5,77	4,89
Excelente	20,34	9,62	5,91	5,08	15,90	7,81	5,18	4,38
Muy bueno	18,52	8,92	5,28	4,51	14,58	7,25	4,60	3,87
Bueno	16,71	8,21	4,64	3,93	13,25	6,70	4,01	3,36
Moderado	14,89	7,51	4,01	3,36	11,93	6,14	3,43	2,85
Bajo	13,08	6,80	3,37	2,79	10,61	5,59	2,84	2,34
Inicial 2	11,26	6,10	2,74	2,22	9,29	5,03	2,26	1,83
Inicial 1	9,44	5,40	2,11	1,65	7,97	4,47	1,68	1,32

Figura 16 Producción de potencia relativa (vatios/kg) para hombres y mujeres según Allen & Coggan

(Ahumada & Tur, Endurance group, 2021)

En el ciclismo, el Umbral de potencia funcional (UPF), el consumo máximo de oxígeno y el PAM (potencia aeróbica máxima), que se refiere a la potencia que se puede mantener durante un esfuerzo en consumo máximo de oxígeno, son las pruebas de referencia para describir el rendimiento. Un elevado UPF es un claro indicador de un excelente rendimiento en pruebas cronometradas individuales y subidas, en ciclistas

muy bien entrenados el UPF tiene un valor aproximado del 90% del VO₂máx; sin embargo, este no es un buen indicador para la capacidad de esprines o esfuerzos anaeróbicos (Van Bon & Vroemen, Power speed profile: Performance model for road cycling, 2018).

La potencia relativa se suele usar para evaluar el rendimiento, pero esta no es un buen parámetro cuando un ciclista pedalea a altas velocidades. Esto se evidencia al comparar a ciclistas de diferente antropometría, en una cuesta si es buen referente de rendimiento sin embargo no lo es en terreno llano. Esto evidencia que el UPF no es todo lo que determina el éxito (Ahumada & Tur, Endurance group, 2021)

Ser capaz de generar gran potencia en los periodos críticos cortos e intermedios, son los que muchas veces deciden carreras. Esto se muestra en las pruebas de perfil de potencia que muestra las fortalezas y debilidades de un ciclista, el mejor uso de esta prueba es para cuantificar el progreso y verificar la efectividad del plan de entrenamiento. Además de generar altos valores de potencia es muy importante, pero existen otros factores que deciden el resultado de una carrera como son los tácticos, técnicos, mentales entre otros que hacen del ciclismo un deporte complejo (Van Bon & Vroemen, Power speed profile: Performance model for road cycling, 2018)

Se puede definir la potencia crítica (CP) de tres formas: **De manera funcional**, al ser la potencia más alta que puede ser mantenida durante mucho tiempo, en torno a 40 a 60 minutos, sin fatiga. **Desde el punto de vista fisiológico** se podría definir como la mayor potencia sostenible de manera estable usando el metabolismo oxidativo; siendo el umbral entre el estado estable del organismo y la acumulación de fatiga metabólica. Por ello debajo de esta los valores de lactato, H⁺ o pH se conservan estables y por encima de la CP aumentan con el tiempo de manera exponencial. **Así mismo se define la CP de manera matemática** como la curva de potencia en función hipérbola

en la que se tiene la relación entre intensidad y tiempo que el ciclista es capaz de mantener (Ahumada, Tur, & Sola, Endurance Group, 2021).

Según Jones et al (2019) la CP marcaría la separación entre la alta intensidad (“heavy”) e intensidad severa (“severe”). La ventaja de conocer el concepto de CP es que unifica todo el abanico de cambios de la fisiología que suceden en el deportista en plena actividad física siendo de gran utilidad en lo teórico y en lo práctico, ya que al ajustar la CP aglutina todo el paquete de respuestas fisiológicas del deportista, es decir el rendimiento absoluto (Ahumada, Tur, & Sola, Endurance Group, 2021).

El modelo de CP sólo describe pero no explica el rendimiento final. Además, la CP se obtiene con los mejores valores de potencia por cada tiempo determinado y esto en el diario no va a ser así de exacto, ya que se habrá conseguido en condiciones distintas, por lo que el CP tendría un 5% de margen de error. Incluso la CP puede variar de un día a otro ya sea por motivación, niveles de glucógeno, fatiga entre otros y más aún dentro de una misma sesión a medida que se acumule la fatiga, la CP irá en descenso (Ahumada, Tur, & Sola, Endurance Group, 2021).

Pinot y Grappe (2014) concluyeron a través del análisis de datos de ciclistas de alto nivel y profesionales a lo largo de un tiempo prolongado que la potencia en el máximo consumo de oxígeno coincide con la potencia promedio en 5 minutos (Ahumada, Tur, & Sola, Endurance Group, 2021).

2.2.1.9 Funcionamiento de los potenciómetros

El hardware de los potenciómetros varía mucho dependiendo de la marca. El motivo es que cada marca tiene distinto tipo de tecnología. “ Para explicarlo en términos sencillos, los seis métodos existentes se basan en: 1) un sistema integrado en la biela del pedal; 2) un sistema integrado en el eje de la rueda; 3) un sensor instalado en el soporte

de la cadena; 4) un sensor en el eje del pedaleo; 5) el “método de las fuerzas opuestas”, y 6) un sensor de fuerza instalado en el pedal. Los avances en la tecnología inalámbrica han tenido un gran impacto en los potenciómetros durante los últimos años” (Allen & Coggan, 2014).

“Dyna Stream, ha desarrollado una transmisión compatible con todos los modelos y marcas, con la cual pueden transmitir los datos a una unidad central de proceso. Este protocolo de transmisión inalámbrica a potencia ultrabaja, se llama ANT+. La tecnología ANT+ consiste principalmente en separar de la unidad central el dispositivo que mide la potencia. Esto permite a los ciclistas combinar los distintos dispositivos que utilizan. Por tanto, ya no es necesario usar la unidad central del fabricante del potenciómetro” (Allen & Coggan, 2014).

Se pueden dividir en 3, los modelos de potenciómetro según el tipo de medición: medición de la deformación de un material mediante galgas extensiométricas, uso de sensores ópticos para medir la deformación del material y la monitorización de la vibración de la cadena, este último no ha tenido mucha acogida ni aceptación (Algarra & Gorrotxategi, 2012).

Siendo las galgas extensiométricas el modo de medición más frecuente entre los medidores de potencia, aportando gran precisión; “las galgas extensiométricas están construidas en un material especial que modifica la resistencia eléctrica en función del grado de deformación a la que es sometida” (Algarra & Gorrotxategi, 2012).



Figura 17 Diferentes modelos de potenciómetros

(El ultimo triatleta, 2020)



Figura 18 Diferentes marcas y modelos de ciclocomputador

(GPS sports, 2021)

2.2.1.9 Definición del fenotipo del ciclista

Allen H. (2014) Clasifica a los ciclistas según el perfil de potencia. Para ello se debe de hallar la potencia máxima promedio que se genera en 5 segundos, 1 minuto y 5 minutos, además del umbral de potencia funcional (UPF), para luego ubicar los valores en la tabla de Coogan y Allen. Si algún resultado se ubica entre dos valores, se asigna al nivel más cercano. Por lo que se debe de realizar el máximo esfuerzo posible en cada prueba para que refleje la verdadera capacidad del ciclista.

Los resultados mostrarán un perfil individual que reflejará los puntos débiles y fuertes en cada ciclista, definiendo su fenotipo individual. Sin embargo, este puede variar levemente a través del tiempo, conforme entrene y trabaje sus puntos más débiles. En el momento de evaluar el rendimiento en cada tiempo, se debe de considerar que esto se hace comparando con los mejores rendimientos de cada tiempo. Por este motivo los ciclistas de fondo se verán con un bajo rendimiento en los esprines de 5 segundos porque se les compara con ciclistas de velocidad en pista, por el contrario, estos ciclistas velocistas se muestran con un bajo rendimiento en 5 y 20 minutos. Basados en la fisiología se puede esperar que las cualidades aeróbicas y anaeróbicas tengan una relación inversa. Aunque en algunos casos hay asociaciones positivas, teniendo muchos investigadores opiniones contrarias (Allen H. , 2019).

A). -Todoterreno: Los ciclistas “todoterreno” tienen un perfil horizontal en todas las categorías. Por lo que los cuatro valores están al mismo nivel. Por lo que no destaca en ninguna categoría de potencia. Siendo este perfil común en novatos y a medida que entrene específicamente el perfil de potencia puede cambiar (Allen & Coggan, 2014).

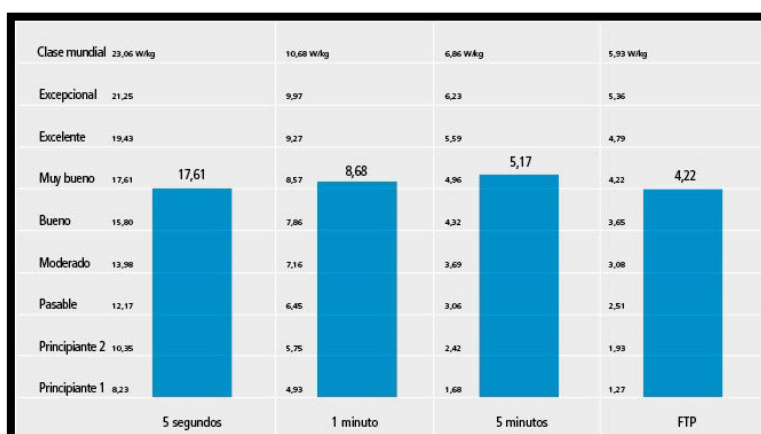


Figura 19 Perfil de potencia de un ciclista todoterreno

(Allen & Coggan, 2014)

Esprínter: Los esprínteres se caracterizan por tener un perfil de potencia descendente, sobre todo en las categorías de 1 y 5 minutos. Este perfil puede cambiar con un entrenamiento especializado aeróbico (Allen & Coggan, 2014).

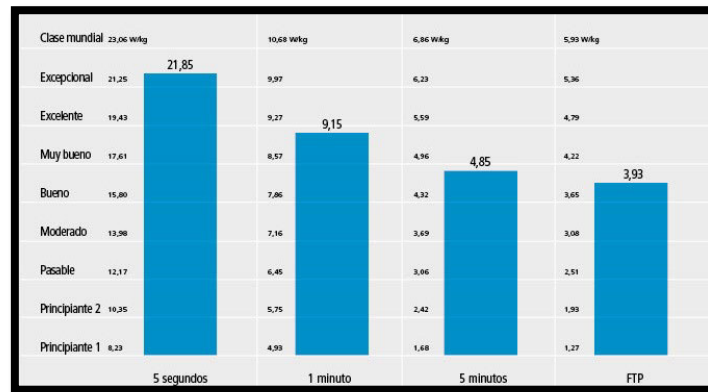


Figura 20 Perfil de Potencia de un esprínter

(Allen & Coggan, 2014)

B). -Contrarrelojista, escalador y corredor de potencia constante: En este caso se observa un perfil ascendente, especialmente entre los valores de 1 a 5 minutos, aunque también entre los 5 a 20 minutos (FTP). Por lo que tienen una gran capacidad aeróbica y un umbral de lactato muy elevado (Allen & Coggan, 2014).

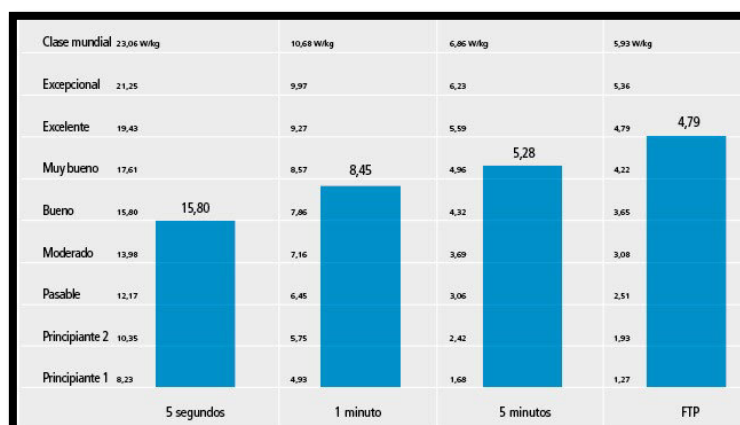


Figura 21 Perfil de potencia de contrarrelojista, escalador y constante

(Allen & Coggan, 2014)

C). - Ciclistas de persecución: El ciclista que tiene una buena capacidad aeróbica como anaeróbica, que muestra cualidades para las pruebas de percusión en velódromo. Evidencia un perfil en forma de V invertida. Este patrón es algo inusual y puede reflejar que el ciclista no haya trabajado su FTP, ya que en teoría existe una relación inversa entre potencia neuromuscular y FTP, a la vez que hay una relación positiva entre la potencia desarrollada en 5 y 20 minutos.

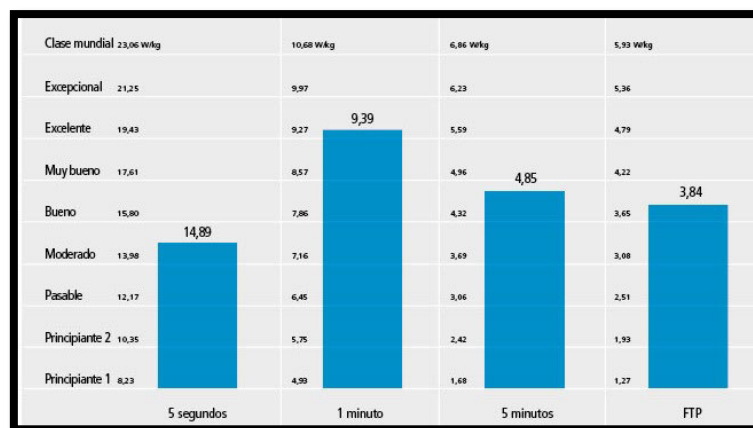


Figura 22 Perfil de potencia de ciclista de persecución

(Allen & Coggan, 2014)

Los baremos de perfil de potencia se fundamentan en perfiles de potencia de ciclistas jóvenes adultos y por ello no toman en cuenta los efectos del desarrollo ni del envejecimiento. Además, como se mencionó con el paso de los años un ciclista puede evolucionar a otro tipo de perfil (Allen & Coggan, 2014).

2.2.2. Frecuencia cardiaca

El corazón es un músculo hueco cuya función es bombear la sangre al cuerpo, debiendo generar gran presión al contraerse el músculo cardíaco y disminuyendo la presión para que vuelva a ingresar la sangre, haciendo esto rítmicamente. El músculo cardíaco trabaja de forma independiente, al margen de estímulos externos. Siendo el

principal centro de estimulación el nodo sinusal, ubicado en la aurícula derecha. La labor mecánica del corazón se divide en la fase de relajación, diástole, momento en el que se llena el corazón de sangre y la sístole o contracción, fase en la que se eyecta sangre a todo el cuerpo. Ambas fases se realizan en los ventrículos izquierdo y derecho (Huter-Becker, 2006)

El corazón se debe de adaptar a las exigencias de oxígeno, puesto que estas aumentan cuando se realizan ejercicio en gran medida. Así pues, en reposo el corazón eyecta 70-80 ml de sangre por latido (70 latidos por minuto), dando un total de unos 5 litros de sangre; sin embargo, en personas medianamente entrenadas esto puede aumentar hasta 15-20 litros e incluso en deportistas de alta competencia puede alcanzar a 30 litros por minuto de sangre eyectada. Esto mejora con el entrenamiento, que produce mejoras en el volumen de eyección (Huter-Becker, 2006).

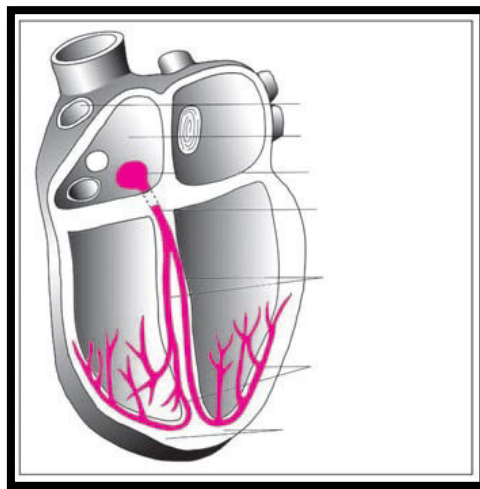


Figura 23 Sistema de transmisión de los estímulos cardíacos

(Huter-Becker, 2006)

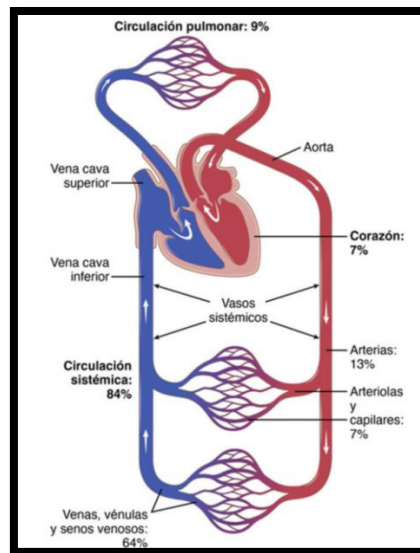


Figura 24 Circulación sistémica y circulación pulmonar

(Moreno, 2019)

Al realizar ejercicio a determinadas intensidades, estas se pueden cuantificar de diversas maneras y así poder trabajar cada zona de manera específica. Pudiendo hacerlo a través de la frecuencia cardíaca, concentración de lactato en sangre y consumo de oxígeno entre otras. Uno de los parámetros que determinan el débito cardíaco, que se refiere a la cantidad de sangre eyectada por la aorta en un minuto en cada contracción cardíaca (sístole), es la frecuencia cardíaca. Se expresa con la fórmula: $DC \text{ (ml/min)} = FC \text{ (latidos/min)} \times VS \text{ (ml/latido)}$, en la que DC= débito cardíaco; FC (frecuencia cardíaca; VS= volumen sistólico (García-Verdugo M. , 2018).

Cabe señalar que todo estímulo de trabajo, estimula a la célula y el sistema cardiovascular ejecuta un mecanismo para satisfacer los requerimientos metabólicos de esta. Al inicio de la actividad física va aumentar la FC rápidamente para luego estabilizarse, incluso descender. Por tanto, es útil para medir las exigencias del ejercicio aeróbico ya que, a mayor intensidad del ejercicio, esta aumenta. Lo mismo ocurre con la potencia aeróbica. Sin embargo, esta puede variar mucho en cada individuo, la FC basal en deportistas de alto nivel puede estar en 40 ppm, incluso menos y sobrepasar las 210

ppm en esfuerzos máximos. Por tanto, puede haber una diferencia entre la FC basal y la máxima (franja diferencial) mayor a los 170 ppm en deportistas muy entrenados, mientras que en personas sedentarias esto puede estar en torno a 110 ppm (García-Verdugo M. , 2018).

Así pues, también en el VS (volumen sanguíneo), hay notables diferencias entre deportistas de élite y personas sedentarias, con volúmenes de 125 ml/latido y 60-90 ml/latidos respectivamente. El VS va aumentar con la intensidad del ejercicio, hasta alcanzar entre un 40-60% del $\text{VO}_2\text{máx}$, pasado este punto el DC aumenta a partir del aumento de la frecuencia cardíaca, por lo que esta última resulta útil para indicar la intensidad del ejercicio, siempre que no se rebase el $\text{VO}_2\text{máx}$ (García-Verdugo M. , 2018).

Es el sistema nervioso vegetativo quien ejerce de marcapaso fisiológico, que se regula por la acción estimulante del sistema nervioso simpático y la inhibición del sistema nervioso parasimpático. Así pues, al realizar ejercicio a una potencia constante, si la demanda de ATP no rebasa la capacidad de mitocondrial, permanecerá la FC estable pero sólo durante un tiempo específico. Pasado este la FC aumenta ligeramente. Siendo conocido como derivación del pulso, pudiendo deberse a la fatiga de las fibras lentas y pasando a tener mayor protagonismo las intermedias, que producen más lactato y son menos eficaces en el metabolismo aeróbico lo que genera un aumento de la frecuencia cardíaca. Así mismo por el aumento de temperatura del individuo al hacer ejercicio, produce una deshidratación y el organismo para compensar esto aumenta la FC. Esto se hace más evidente si comparamos personas sedentarias con individuos entrenados, también si comparamos individuos entrenados en resistencia de larga duración con los medio fondistas o velocistas. Observándose posiblemente en el trabajo de vuelta a la calma (García-Verdugo M. , 2018).

2.2.2.1. Regulación de la frecuencia cardíaca

Al realizar ejercicio se le exige al sistema cardiovascular: cubrir las necesidades de oxígeno y de energía de la célula, ayudar a los mecanismos de termorregulación y retirar del entorno celular todos los productos del metabolismo. Para ello aumenta el gasto cardíaco, que se refiere a la cantidad de sangre oxigenada que eyecta el corazón desde el ventrículo izquierdo para el resto del cuerpo. Este aumento a su vez depende de la intensidad del ejercicio, cantidad de musculatura implicada y de la capacidad del corazón para subir su volumen sistólico (López , J.; Fernández ,A., 2006).

Según la ecuación de Fick para el consumo máximo de oxígeno ($VO_{2\text{máx}}$) es:

$$VO_{2\text{Máx}}: GC \times D(a-v) O_2$$

GC: Gasto cardíaco

$D(a-v)O_2$: diferencia arteriovenosa de oxígeno

El gasto cardíaco, también conocido como débito cardíaco, depende fundamentalmente del corazón, mientras que la diferencia arteriovenosa de oxígeno depende de factores periféricos. Así mismo el gasto cardíaco tiene como componentes a la frecuencia cardíaca y volumen sistólico. Este tiene mecanismos que regulan la respuesta cardíaca. (López , J.; Fernández ,A., 2006).

Así pues, durante el ejercicio intenso las resistencias vasculares de las arteriolas musculares disminuyen para facilitar el paso de sangre, aumenta la de las vísceras, con el fin de redirigir la sangre principalmente a los músculos (Billat, 2002).

Por tanto, la regulación cardíaca depende de tres mecanismos: nervioso, hormono humorales e hidrodinámico (López , J.; Fernández ,A., 2006).

A) Mecanismo nervioso

Que a su vez se subdividen en centrales y periféricos.

Los centros nerviosos centrales especializados que regulan la función cardíaca se encuentran en la porción ventrolateral del bulbo, al mismo tiempo estos centros reciben información del hipotálamo que regula las funciones vegetativas, actuando sobre las vías simpáticas y parasimpáticas (López, J.; Fernández, A., 2006)

La frecuencia cardíaca se regula por medio de la acción que efectúa el nervio vagal por mensajeros químicos que se encuentran en la sangre y sobre el músculo cardíaco. Estas regulaciones aumentan la frecuencia cardíaca previo a un esfuerzo físico para luego ajustarla rápidamente a la intensidad del ejercicio. Los deportistas de alto rendimiento pueden tener frecuencia cardíaca basal de hasta 25 a 30 latidos por minuto (lpm) y una frecuencia cardíaca máxima incluso superior a 200 lpm (Corsini, 2021)

Así el Sistema Nervioso Autónomo (SNA), dividido en sistema parasimpático y simpático, es el encargado de regular la actividad autónoma, es decir de la actividad involuntaria. Este a su vez se ve regulada por el hipotálamo que es el encargado de equilibrar ambos sistemas, que aumenta la actividad simpática para disminuir la parasimpática y viceversa, según la necesidad del momento. Así pues, un estímulo alto simpático facilita la actividad física intensa y la veloz generación de ATP, como el sistema parasimpático disminuye la actividad física, facilitando el reposo y la digestión. De esta manera se logra el equilibrio para recuperarse de la actividad física (Corsini, 2021).

En la actividad física la cantidad de sangre bombeada debe estar en relación con el aumento de la demanda de oxígeno que está en relación directa con la mayor demanda de energía, a su vez, depende del aumento de las necesidades energéticas. Ya que el nodo senoauricular (NSA) controla la frecuencia cardíaca, las modificaciones de ésta implican la existencia de otros factores que influyen en el funcionamiento del sistema nervioso autónomo, que se divide en simpático y parasimpático (Billat, 2002).

Las fibras parasimpáticas secretan acetilcolina, un neurotransmisor que produce una disminución en la actividad del sistema nervioso autónomo. Las fibras simpáticas secretan noradrenalina, neurotransmisores que aumentan la actividad de la frecuencia cardíaca y de la fuerza de contracción del músculo cardíaco. En estado de reposo el centro de control cardiovascular del bulbo raquídeo es el que se encarga del equilibrio entre la actividad parasimpática y simpática del corazón. La temperatura corporal por encima o por debajo del valor basal de 37 °C aumentará o disminuirá, respectivamente, la frecuencia cardíaca, ya que se relaciona con la termoregulación (Billat, 2002).

Una vez iniciada la actividad física se producen estímulos en los receptores periféricos (mecanoreceptores, metaboloreceptores y baroreceptores) ubicados en articulaciones, músculos y vasos sanguíneos. A su vez las señales de estos van hacer perdurar la respuesta simpática, inhibiendo la respuesta parasimpática. (López , J.; Fernández ,A., 2006)

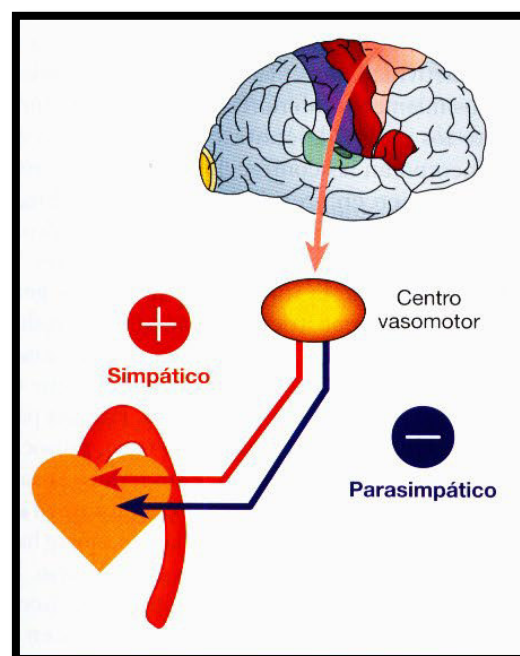


Figura 25 Respuesta del sistema nervioso autónomo

(López , J.; Fernández ,A., 2006)

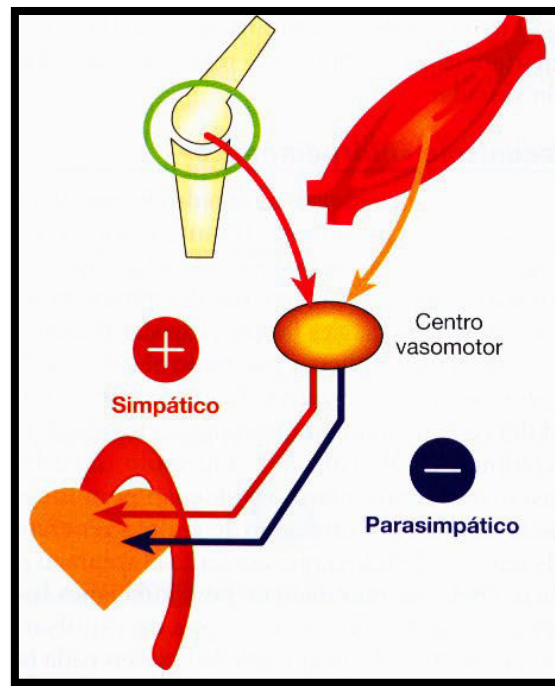


Figura 26 Respuesta de los receptores periféricos en el sistema nervioso autónomo

(López , J.; Fernández ,A., 2006)

B) Mecanismo hormono humoral

Estos mecanismos se pueden hallar a nivel del músculo tisular o como respuesta del organismo a las hormonas. Los diversos cambios metabólicos que se producen en la célula muscular (aumento del pCO_2 , disminución de pH, disminución de la pO_2) como consecuencia de reacciones catabólicas como la glicólisis y oxidación, regulando el flujo sanguíneo a las demandas de las células musculares (López , J.; Fernández ,A., 2006).

Por otro lado, la contracción muscular facilita la vasodilatación arteriolar, todos estos cambios son llamados reflejo de sensibilidad trófica. Afectando al corazón de manera indirecta. A su vez sucede una cascada hormonal que encienden el eje hipotálamo-hipofisiario que conlleva la respuesta endocrina al ejercicio, para facilitar la regulación de líquidos en el organismo (López , J.; Fernández ,A., 2006).

C) Mecanismo hidrodinámico

El aumento del retorno venoso es el principal responsable de aumentar el volumen sistólico, por lo que también aumenta el gasto cardíaco. Siendo los motivos por los cuales aumenta el retorno venoso:

1. Aumento de la inervación simpática, provocada por la vasoconstricción generada por el aumento de actividad muscular (López , J.; Fernández ,A., 2006).
2. Efecto del bombeo muscular: La contracción-relajación de los músculos al hacer ejercicio, ejerce un efecto de presión sobre las venas, lo que facilita su retorno al corazón (López , J.; Fernández ,A., 2006).
3. Acción de la bomba de aspiración torácica, que aumenta la presión negativa intratorácica que tiene un efecto de aspiración en la vena cava inferior, con lo que crece el retorno venoso (López , J.; Fernández ,A., 2006).

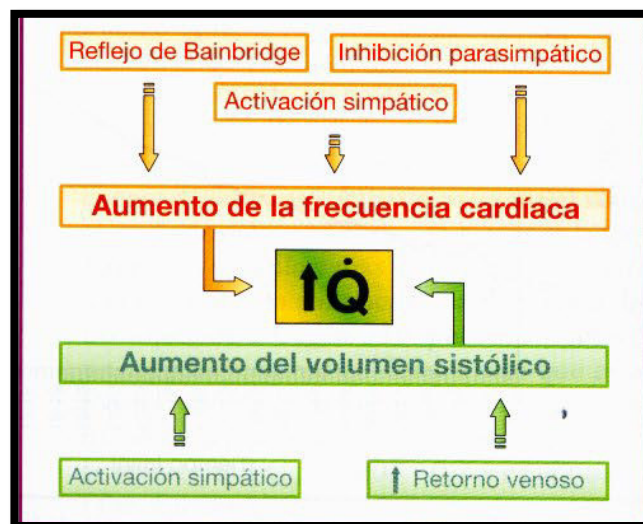


Figura 27 Factores que condicionan la respuesta del gasto cardíaco durante el ejercicio

(López , J.; Fernández ,A., 2006)

2.2.2.3 Respuesta del gasto cardíaco, volumen sistólico y frecuencia cardíaca al ejercicio

A medida que aumenta la intensidad del ejercicio, aumenta el gasto cardíaco, tanto la frecuencia cardíaca como el volumen sistólico. Cabe señalar que este aumento del gasto cardíaco se eleva proporcionalmente hasta el 70% aproximadamente del ejercicio máximo. Esta relación lineal se cumple sólo hasta intensidades superiores viéndose limitada a la capacidad del deportista de elevar su volumen sistólico dependiendo mayormente del aumento de la frecuencia cardíaca. Por tanto, el gasto cardíaco tiende a la estabilidad. Observándose un descenso brusco una vez finalizado el ejercicio (López , J.; Fernández ,A., 2006).

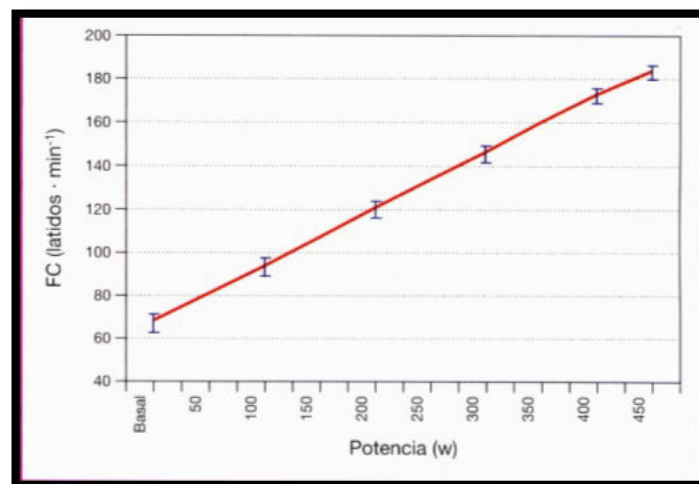


Figura 28 Comportamiento de la frecuencia cardíaca durante un ejercicio incremental

(López , J.; Fernández ,A., 2006)

Si analizamos la frecuencia cardíaca y su respuesta al ejercicio, observaríamos el aumento de manera proporcional a la intensidad de esta. Ciertos investigadores indican que la frecuencia cardíaca aumenta hasta los 170 latidos por minuto y después lo hace de manera más pausada. Mientras que otros investigadores indican que esto sucede en

ciertos casos puntuales de deportistas altamente entrenados y en determinadas circunstancias (López , J.; Fernández ,A., 2006).

López, J. & Fernández, A. (2006) refiere que algunos de los factores condicionantes para la frecuencia cardíaca a la actividad física son:

1. Músculos que actúan en la actividad física: Los miembros inferiores aumentan más la frecuencia cardíaca que los superiores, quizá por una mayor cantidad de fibras tipo II. Por ello se debe hallar el umbral anaeróbico para cada deporte en particular en cada individuo y no generalizar.
2. Sexo, a una misma carga de trabajo las mujeres alcanzan mayor frecuencia cardíaca.
3. Edad, existe una tendencia a disminuir la frecuencia cardíaca respecto a la misma carga de trabajo conforme aumenta la edad.
4. Grado de entrenamiento, las personas entrenadas muestran menor frecuencia cardíaca frente a los no entrenados ante una misma intensidad o carga de ejercicio.
5. Condiciones ambientales, el aumento de temperatura como de humedad provocan un aumento de la frecuencia cardíaca. Así también en condiciones de altitud, también aumenta la frecuencia cardíaca para un mismo trabajo.
6. Variaciones circadianas, la frecuencia cardíaca varía de acuerdo a la hora del día
7. Enfermedades, están pueden aumentar o disminuir la frecuencia cardíaca según el tipo o como afecte al organismo.

a) Volumen sistólico

El volumen sistólico, es la cantidad de sangre que eyecta el ventrículo izquierdo en cada latido del corazón, expresándose en mililitros de sangre por latido del corazón. El tiempo de sístole y diástole del ventrículo izquierdo eran, respectivamente, más largos y

más corto en los ciclistas. De tal forma que las personas entrenadas aeróbicamente aumentan su débito cardíaco no sólo por la frecuencia cardíaca, sino también por el aumento del volumen de eyección sistólico y al aumento del llenado y vaciado ventriculares. Además, son capaces de obtener una tasa de llenado mayor que los sujetos no entrenados en resistencia y a la misma frecuencia cardíaca de 190 latidos/min. (Billat, 2002).

En deportistas de resistencia altamente entrenados pueden aumentar su volumen sistólico en reposo de 80 a 110 ml en reposo a más del doble en ejercicio intenso, a diferencia de las personas sedentarias que en reposo tienen de 60 a 70 ml, pudiendo aumentar a 110-130 ml en esfuerzo máximo. Este aumento mejora la eficiencia del trabajo cardíaco. El aumento del volumen sistólico aumenta a medida que la intensidad del ejercicio aumenta, hasta que se establece una meseta, en torno al 50-60 % del $\text{VO}_{2\text{máx}}$ disminuyendo incluso en intensidades muy elevadas, pero en sujetos altamente entrenados el volumen sistólico sigue aumentando con la intensidad del ejercicio (López, J.; Fernández, A., 2006).

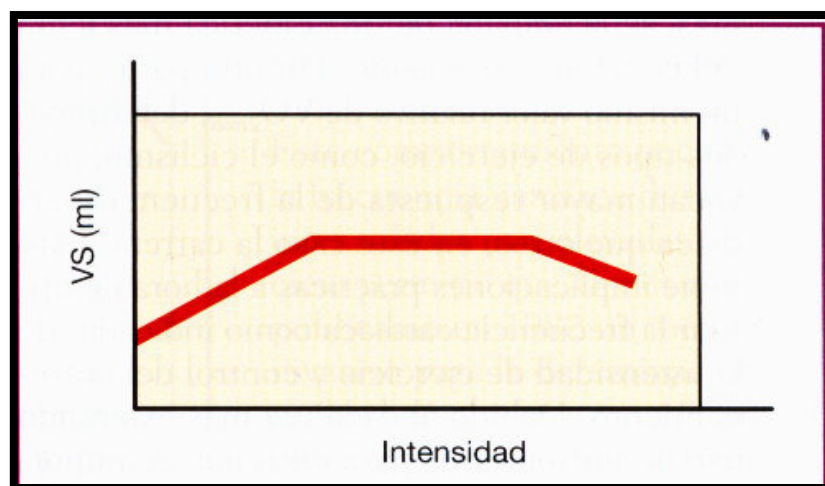


Figura 29 Respuesta del volumen sistólico al aumento de la intensidad del ejercicio

(López, J.; Fernández, A., 2006)

b) Gasto Cardíaco

Al realizar ejercicio, aumenta la frecuencia cardíaca y el volumen sistólico por tanto aumenta el gasto cardíaco. Esta subida del gasto cardíaco es proporcionalmente a la intensidad del ejercicio, pero hasta el 60-70% del $\text{VO}_{2\text{máx}}$. A mayores intensidades el gasto cardíaco aumenta a través de la frecuencia cardíaca, tendiendo a estabilizarse el gasto cardíaco hasta la máxima intensidad. Las personas muy entrenadas tienen gasto cardíaco superiores a 30-35 litros minuto en máximo esfuerzo frente a menos de 20 litros minuto en personas sedentarias (López , J.; Fernández ,A., 2006).

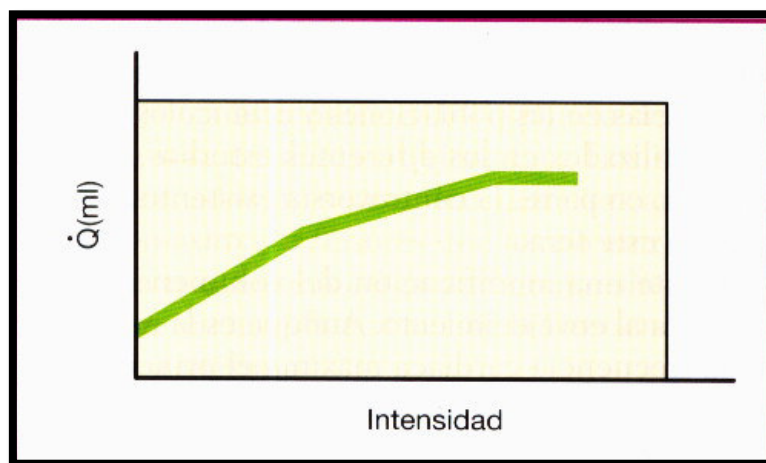


Figura 30 Comportamiento del gasto cardíaco en un esfuerzo incremental hasta el agotamiento

(López , J.; Fernández ,A., 2006)

La frecuencia cardíaca indica la intensidad con la que trabaja el sistema cardiovascular, mostrando la cantidad de latidos por minuto del corazón, lo que sugiere la intensidad del ejercicio que se realiza. Se mide con un pulsómetro que tiene una banda de electrodos colocada en el pecho y un reloj de muñeca. Conocer este dato es de suma importancia pues su variación indica cambios en la capacidad física. Saber la frecuencia cardíaca del umbral de lactato (LTHR, siglas en inglés) permite establecer

zonas personalizadas de intensidades de trabajo. La frecuencia cardíaca no señala la velocidad a la que se marcha, pero si el esfuerzo realizado (Friel, Manual de entrenamiento del ciclista, 2011).

Si bien es cierto, los niveles de lactato nos indican el nivel de intensidad del ejercicio, dado su elevado coste y dificultad. Suele reemplazarse por otras maneras de medir la intensidad como la frecuencia cardíaca, principalmente en esfuerzos aeróbicos, no siendo así en esfuerzos anaeróbicos lácticos y sobre todo en anaeróbicos alácticos. Siendo más precisa para medir los esfuerzos aeróbicos; ya que la intensidad anaeróbica varía más rápido que la frecuencia cardíaca (García-Verdugo M. , 2018).

El ritmo cardíaco por sí solo no indica el estado de forma del deportista, lo que señala es cuantas veces late el corazón por minuto. Pero esto se puede ver influenciado por muchos factores internos como el grado de hidratación, la calidad de sueño, el estrés y externos como la temperatura ambiental, entre otros. Teniendo en cuenta que el miocardio, al ser un músculo más, se puede fatigar. Si bien es cierto que medir la frecuencia cardíaca ha hecho mejorar la condición física de muchos deportistas, esta debemos analizarla según cada contexto y con otros datos para tener una mejor idea del rendimiento deportivo (Allen & Coggan, 2014).

Los sistemas cardiovascular, nervioso y la generación de energía no están aislados, todos se relacionan entre sí. Esto conlleva a un análisis global para tener una idea más precisa del rendimiento del deportista (Friel, Manual de entrenamiento del ciclista, 2011).



Figura 31 Pulsómetro integrado en ciclocomputador con GPS, marca Garmin

(GPS sports, 2021)

Actualmente los ciclocomputadores, son compatible con ANT+, por lo que permite ver los datos de potencia y además se puede también visualizar la frecuencia cardíaca.

ZONA	RPE	OBJETIVO	% DE LA LTHR
1	<10	Recuperación	65–81
2	10–12	Aeróbico	82–88
3	13–14	Ritmo	89–93
4	15–16	Subumbral	94–100
5a	17	Superumbral	101–102
5b	18–19	Capacidad aeróbica	103–105
5c	20+	Capacidad anaeróbica	106+

Figura 32 Zonas de entrenamiento según la frecuencia cardíaca

(Friel, La biblia del triatleta, 2018)

Zona	Nombre	% FTP	% HR	% HR Max
Uno	Recuperación activa	<55%	<68 [^]	50-60%
Dos	Resistencia	55-75%	68-83%	60-70%
Tres	Tiempo	76-90%	84-94%	70-80%
Cuatro	Umbral	91-105%	95-105%	80-90%
Cinco	VO2	106-120%	>106%	90-100%
Seis	Anaeróbica	121-150%	n/a	n/a
Siete	Potencia neuromuscular	>150%	n/a	n/a

Figura 33 Comparación de intensidades según la potencia y la frecuencia cardíaca

(Allen & Coggan, 2014)

El electrocardiograma (ECG) es una herramienta diagnóstica para el corazón, que analiza los cambios eléctricos del corazón. Siendo un examen de uso extendido y asequible, además hay mucha evidencia científica sobre el papel que juega el ECG en el diagnóstico del 90% de cardiopatías hipertróficas y arritmogénicas del ventrículo derecho, por lo que evita muertes súbitas realizando ejercicio en deportistas (Corsini, 2021).

2.2.3 Ácido láctico y lactato

Según los requerimientos de ATP predominan determinado sistema energético, estando en relación de la intensidad del ejercicio. Cuando se genera moléculas de ATP usando la glucosa sin oxígeno, degenera en una sustancia denominada ácido láctico (AL) que al entrar en un medio líquido como el líquido intersticial o la sangre se disocia en lactato e iones hidrógeno (H⁺). Siendo el lactato reutilizado directamente o reciclado al hígado para la formación de glucosa. Sin embargo, los iones Hidrógeno son los responsables del bloqueo muscular, al producir acidosis. Esto es un mecanismo de defensa que evita que se siga acidificando el medio y disolviendo el músculo. La cinética del lactato depende también de la cantidad de mitocondrias del músculo,

produciéndose éste en todo momento y en toda intensidad, aunque a mayores intensidades aumenta su producción, llegando a un punto en el que su reciclaje se ve desbordando y se acumulan los iones H^+ (García-Verdugo M. , 2018).

Es precisamente ese punto, el que se denomina Umbral anaeróbico o umbral ventilatorio 2, es el punto en el que a partir de cierta intensidad el lactato aumenta de manera exponencial. Los niveles máximos de lactato se alcanzan en esfuerzos en torno de 40 a 45 segundos, llegando a 25 mmol/l (García-Verdugo M. , 2018).

La acidez producida por la acumulación de iones H^+ , se debe a: el inicio de trabajo de las fibras rápidas y que se reduce la oxidación por una parte de los músculos, reduciendo la reutilización del lactato. Teniendo como funciones difundirse en los músculos nuevamente para ser usado como sustrato energético o verse al torrente sanguíneo y líquido intersticial para ser conducido al hígado, donde se va a transformar en moléculas de glucosa (García-Verdugo M. , 2018).

Sin embargo, los niveles de lactato se pueden ver afectados por factores climáticos, dieta, estado de fatiga; además de que la toma en si genera un estrés y ansiedad que también puede alterar sus valores. A pesar de ello sigue siendo un parámetro fiable de la intensidad del ejercicio. Además, afecta el uso del CO_2 , a través de la vasodilatación, conversión de lactato a piruvato, **«es un sustrato clave para la producción de energía y de la síntesis de glucosa (neoglucogénesis)»**. consumo de bicarbonato, entre otros (García-Verdugo M. , 2018).

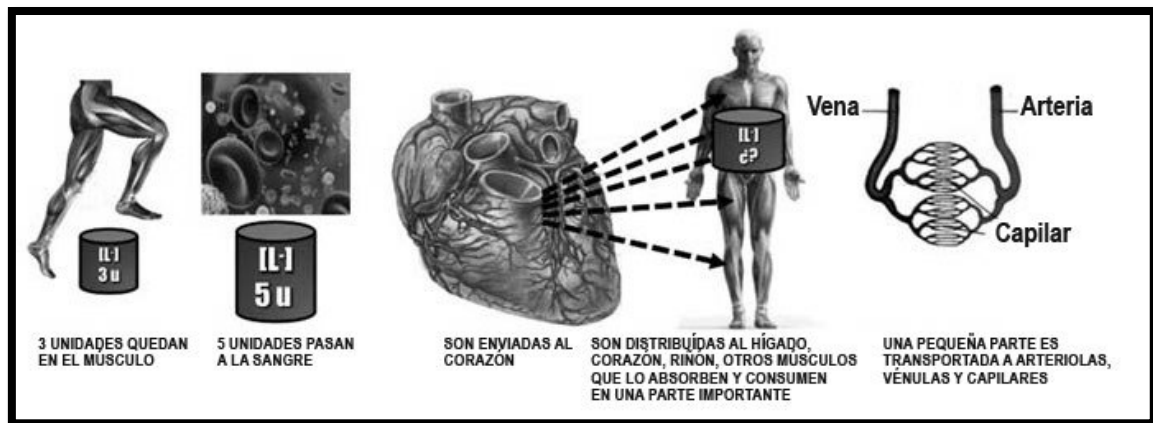


Figura 34 Algunos destinos del lactato desde que se produce en la musculatura

(García-Verdugo M. , 2018)

El ácido láctico es simultáneamente un combustible para la actividad física y un subproducto de nuestro organismo. Se ubica en la sangre, los músculos y en diferentes órganos. Es un compuesto orgánico producido por nuestro organismo de forma natural (Sánchez, 2014).

La descomposición del glucógeno es la principal fuente, descomponiéndose en ácido pirúvico y es en este proceso que produce energía, siendo de tipo anaeróbica pues se produce sin oxígeno. A su vez cuando el ácido pirúvico se descompone produce mucha más energía aún, siendo este un proceso aeróbico pues utiliza el oxígeno (Sánchez, 2014).

Al ser producido el ácido pirúvico, las células musculares tratarán de usarlo para continuar el proceso energético por un proceso aeróbico. Pero esto va a depender de la capacidad que tengan estas para aprovecharlo, de lo contrario se transformará en ácido láctico. Esta capacidad de utilización del ácido pirúvico se ve ampliada por el entrenamiento (Sánchez, 2014).

Cuando la actividad física aumenta en intensidad se produce grandes cantidades de ácido pirúvico de manera que al verse desbordado el sistema aeróbico, el exceso pasará a convertirse a ácido láctico, ya que este está presente incluso en reposo, pero en pequeñas cantidades. Por lo mismo, al aumentar la intensidad del ejercicio, se requiere fibras de tipo rápido que son poco eficientes en la descomposición del ácido pirúvico aeróbicamente. En este punto mucho ácido pirúvico se convertirá en ácido láctico. Por lo cual la producción de ácido láctico se convierte en una referencia para medir los procesos aeróbicos y anaeróbicos (Sánchez, 2014).

El ácido láctico una vez producido tratará de salir primeramente al espacio intersticial, las células musculares contiguas o al torrente sanguíneo. De ser asimilado por otros músculos se reconvertirá en ácido pirúvico para ser aprovechado en forma aeróbica, pudiendo desplazarse de un lugar a otro velozmente. Así mismo el entrenamiento de resistencia mejora esta capacidad de reconversión al aumentar las enzimas encargadas de transformar el ácido láctico en ácido pirúvico (Sánchez, 2014).

Además, el ácido láctico se puede almacenar en el hígado en forma de glucógeno o usarse como fuente energética en el corazón. Este también, al circular por el torrente sanguíneo puede ser transportado a otros músculos más lejanos. Simultáneamente a la producción de ácido láctico se produce iones Hidrógeno, si hay una acumulación grande se produce una gran acidez en los músculos. Estos iones, dificultan la contracción muscular, ya que este incremento de acidez puede desgarrar los músculos, por lo que es un mecanismo de defensa del organismo (Sánchez, 2014).

Los iones hidrógeno abandonan la célula muscular junto con el ácido láctico, por el contrario, no debemos de considerar el ácido láctico un producto de desecho, puesto que este puede ser una gran fuente de energía para los procesos aeróbicos y que gran parte de él se convierte en glucógeno y glucosa como futura fuente de energía. Por

tanto, el ácido láctico no es un subproducto de desecho sino un subproducto de la vía anaeróbica de energía y una fuente de energía para la vía aeróbica (Sánchez, 2014).

Los niveles de ácido láctico en sangre en reposo son generalmente entre 1.0 a 2.0 mmol/l, por otro lado, los valores alcanzados por deportistas de élite tras alguna competencia han sido de 25 a 30 mmol/l. Todo esto es importante conocerlo puesto que es la manera más precisa de medir la intensidad del ejercicio y que se trabaja en la zona de intensidad deseada. Al poder ser usado por otros músculos permite que no se acumule y provoque acidez, por ello la importancia de controlarlo, ya que es una de las claves del buen rendimiento sobre todo en deportes de larga duración (Sánchez, 2014).

En los procesos anaeróbicos uno de los productos finales es el ácido pirúvico, de darse las adecuadas condiciones este se descompone más para proporcionar más energía en forma aeróbica, de no ser así este se convierte en ácido láctico y si este no es eliminado del músculo, la actividad física deberá de bajar su intensidad o incluso detenerse debido a la acidez del músculo. Entre las razones por la que esto no sucede están: la carencia de enzimas o de mitocondrias para permitir a la célula que procese todo el ácido pirúvico, además de que intervendrían más células musculares de tipo rápida que no son muy eficientes en esta reconversión, así como también la carencia de oxígeno en las reacciones metabólicas (Sánchez, 2014).

El entrenamiento aeróbico afectará al metabolismo del ácido láctico de las siguientes maneras:

- a) Disminuyendo la producción de ácido láctico en las fibras lentas, así como en las fibras mixtas. En un plazo prolongado muchas fibras rápidas se convertirán en mixtas. Además, este tipo de entrenamiento aumenta la velocidad de

desplazamiento del ácido láctico hacia otros músculos y otras partes del cuerpo (Sánchez, 2014).

- b) Por otro lado, el entrenamiento aeróbico aumenta ciertos factores, haciendo más eficiente al organismo frente a esfuerzos físicos. Aumenta la cantidad de mitocondrias en las células musculares, siendo estas las responsables de convertir el ácido pirúvico en energía. Además, genera angiogénesis, es decir creación de nuevos vasos sanguíneos, aumentando la densidad de capilares que facilitan la eliminación y redistribución del ácido láctico, facilitando estas el trasvase del ácido láctico desde las fibras de contracción rápida al torrente sanguíneo. También el aumento de capilares facilita la eliminación de calor producido por el ejercicio (Sánchez, 2014).
- c) Incremento de varias enzimas, encargadas en la conversión del ácido láctico en ácido pirúvico y repetir este proceso a la inversa. Por lo que estas enzimas aceleran este proceso, mejorando la eficiencia muscular. Además, aumentan las enzimas encargadas del ácido pirúvico en energía dentro de las mitocondrias. Por lo cual, ambos tipos de enzimas facilitan la eliminación del ácido láctico. Así mismo se incrementa las proteínas de transporte, encargadas de desplazar al ácido láctico al interior y exterior de las células (Sánchez, 2014).

Siendo el entrenamiento aeróbico fundamental en estas adaptaciones que facilitan el transporte del ácido láctico por el cuerpo. A su vez, las fibras de tipo rápido, son las que más producen ácido láctico, de no eliminarse este y ser transportado a otras partes del organismo, las fibras detendrán su contracción. Por lo que se pone de manifiesto la importancia del entrenamiento aeróbico, incluso para actividades anaeróbicas. (Sánchez, 2014)

Se debe tener en claro que el lactato no es el que produce la fatiga, puesto que su producción es un reflejo del equilibrio de su producción y su uso como fuente de energía. Cabe señalar que el ácido láctico no es la única fuente de producción de iones H^+ , también se producen estos al romperse el ATP en ADP + P, liberándose H^+ , y al incrementarse las demandas energéticas también aumentan la producción de energía por vía anaeróbica, con lo que se incrementan los H^+ , produciéndose mayor acidosis y en este contexto se produce más lactato para atenuar la síntesis de piruvato. Puesto que, si esto no ocurriese, aumentaría la acidosis muscular con mayor rapidez (García-Verdugo M. , 2018).

Cuando se realiza ejercicio de alta intensidad, este produce una serie de cambios fisiológicos que van a dar como consecuencia la interrupción del ejercicio, ya que producen un estado de acidosis que genera fatiga muscular. Debido a la acumulación del ácido láctico o efecto lactato, pero para ser más precisos no es el ácido láctico el que produce esto, sino que este se disocia rápidamente en una molécula de lactato y un ión hidrógeno $+$, considerándose acidosis cuando el pH sérico cae por debajo de 7.35, debido a la disminución del bicarbonato plasmático. Por lo que estos esfuerzos se pueden mantener por corto tiempo, causando malestar que da como consecuencia finalizar la actividad física (Barceló, 2002).

Los factores que producen fatiga muscular, faltan por dilucidar, pero podemos tener entre ellos el descenso de la fosfocreatina, alteración en los electrolitos de los músculos, el aumento de lactato y descenso del pH. Manifestándose como una disminución de la fuerza de contracción muscular (Barceló, 2002).

El ejercicio intenso hace que se modifique el contenido de agua intra y extracelular, modificando la concentración de los iones. Lo que produce un aumento de la concentración de iones H^+ dentro de las células, generando acidosis, influyendo en la

fatiga muscular debido a que afecta la función proteica contráctil, la regulación de calcio y el metabolismo muscular. Por otro lado, al aumentar la intensidad del ejercicio, se debe de recurrir a la glucólisis anaeróbica lo que aumenta el ácido láctico y esto a su vez genera más acidosis en los músculos involucrados en la actividad física. Puede verse limitada la capacidad de ejercicio físico de alta intensidad por la capacidad de amortiguar la bajada de pH intracelular (músculo) y extracelular (sangre) por lo que para tener capacidad de enfrentar a esta necesita de un sistema buffer o de amortiguación (Barceló, 2002).

El cuerpo está produciendo de forma normal continuamente radicales ácidos, estos aumentan en el ejercicio de alta intensidad recurriendo el organismo a sistemas amortiguadores (buffers), sirviéndose además de la regulación respiratoria y de los riñones para regular el pH (Barceló, 2002).

La concentración de dióxido de carbono también se regula a través de la respiración, ya que al aumentar la frecuencia y profundidad respiratoria el CO₂ se pierde más de este y viceversa. Por ello los pulmones deben de mantener un tejido elástico sano para lograr una eficiente remoción de dióxido de carbono (Barceló, 2002).

Es función de los riñones la formación y excreción de bicarbonato para regular el pH, aunque su acción tarda más, pero es más potente y de gran importancia para mantener una reserva alcalina del organismo. Dificultándose esta conforme aumenta la producción de CO₂ y ácido láctico, como consecuencia de realizar una actividad física de alta intensidad (Barceló, 2002).

2.2.3.1 La Acidosis Láctica severa

“El ácido láctico es un producto terminal del metabolismo anaeróbico de la glucosa y se obtiene por reducción del ácido pirúvico en una reacción catalizada por la

enzima deshidrogenasa láctica donde interviene como coenzima la nicotinamida adenina dinucleótido (NAD) que pasa de su forma reducida a la forma oxidada. La mayor parte del lactato se elimina de forma muy eficaz por el hígado y se utiliza en la gluconeogénesis o para la obtención de energía. Cuando se producen incrementos considerables de las cifras de lactato sérico con disminución del metabolismo de conversión de lactato a piruvato se instala un cuadro de acidosis metabólica a menudo grave que puede llevar a la persona a la muerte, el rango de aparición de esta acidosis láctica depende del nivel de adaptación de cada atleta" (Barceló, 2002).

Según Barceló (2002) la acidosis provoca diversos síntomas como anorexia, vómitos, diarreas, sed, náuseas. Luego se puede llegar hasta el coma junto con síntomas de deshidratación, hipotensión arterial pudiendo llegar al shock. Entre sus efectos tenemos:

a). - Cardíacos: principalmente si el pH se encuentra entre 7.1 a 7.15, sucede el empeoramiento de la contracción miocárdica, alteraciones de la presión y empeoramiento de la respuesta cardíaca a las catecolaminas.

b). - Respiratorio: Disnea (**dificultad respiratoria o falta de aire**), hiperventilación

c). -Metabólicos: Se inhibe la glucólisis anaeróbica, resistencia a la insulina, reducción de la síntesis de ATP.

La troponina, proteína miofibrilar encargada de bombear el calcio, se inhibe ante el descenso del pH y esto impide que se forme el complejo actimiosina. Con ello se evita la tensión muscular.

d). -Cerebrales: pérdida del conocimiento y coma.

Por ello se debe de ver a la fatiga, como un mecanismo de defensa, que evita daños graves y mayores, incluso algunos irreversibles.

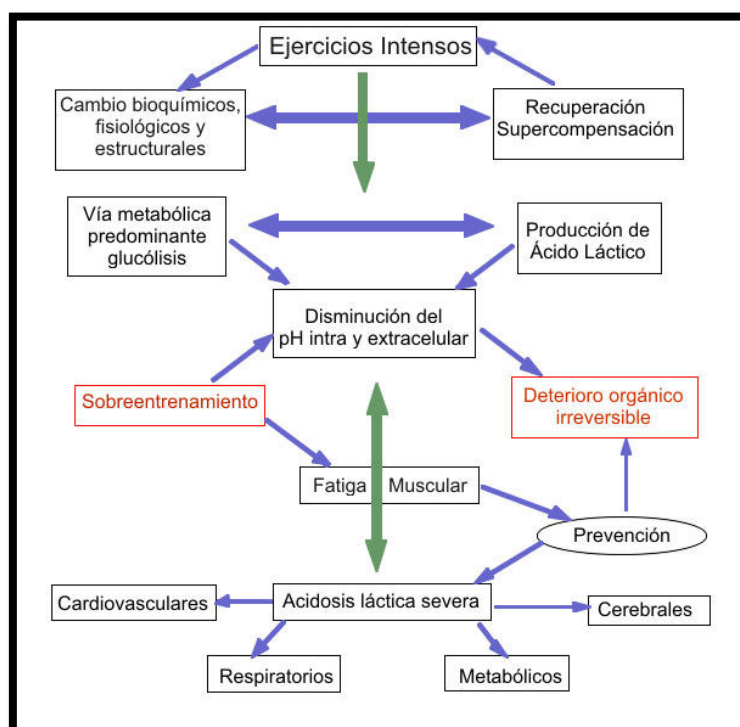


Figura 35 Efectos de la fatiga

(Barceló, 2002)

Factores de Fatiga							
Acidosis muscular	Trastornos intestinales	Hiponatremia	Hipohidratación /hipertermia	Daño muscular	Actividad SNC sub-óptima	Agotamiento CHO muscular	Agotamiento PCr muscular
pH celular reducido debido a las altas tasas de glucólisis anaeróbica	Incomodidad y perturbación de la nutrición programada para el evento	Plasma [sodio] reducido principalmente debido a una sobre-hidratación (hiponatremia hipovolémica) Puede ser fatal (edema cerebral)	Déficit de fluidos >2% BM, RPE mayor y carga fisiológica, especialmente en condiciones calurosas. Compleja etiología de los calambres	Calambre muscular Dolor muscular	Hipoglucemia	Disponibilidad inadecuada de CHO endógenos y/o exógenos con respecto a las demandas musculares	PCr reducido debido a recuperaciones inadecuadas entre sprints
				Pérdida de fuerza muscular inducida por la contracción y dolor	Deterioro de la función neural aferente y eferente. Mayor RPE		

Figura 36 Factores que generan fatiga

(Burke & Hawley, 2021)

“El ácido láctico es un ácido orgánico de tres carbonos, uno de los cuales forma el único grupo carboxilo de la molécula. El ácido láctico es la forma molecular, por tanto tiene protonado su carboxilo ($-\text{COOH}$), mientras que el lactato presenta ionizado dicho grupo funcional (COO^-) por la liberación del hidrógeno en forma de hidrogenión (Átomo de *hidrógeno* con una carga eléctrica positiva) (H^+). Ambas son formas interconvertibles a valores de pH bajos ya que el pH del ácido láctico es de 3.86” (Heredia, 2014)”.

Destaca el papel del lactato no como producto terminal, más bien como subproducto intermediario con potencia de oxidación. Al decir shuttle o lanzadera de lactato se presume la remoción de este a tejidos similares, como pueden ser los distintos tipos de fibras musculares o incluso a diferentes distancias (hígado), lo que aporta una gran fuente de energía oxidativa, como puede ser cuando se realiza ejercicio físico (Heredia, 2014).

Se asumía que la liberación de protones hidrógeno por parte del ácido láctico era la causa de la acidosis. Sin embargo, la fuente principal de protones es la hidrólisis de ATP a ADP. Por lo que se propone que al producirse lactato se consume protones y que el aumento de lactato no involucra la acidosis ni la liberación de protones (Heredia, 2014).

Los mecanismos (químico, respiratorio y renal) encargados de mantener la homeóstasis ácido-base, vital para mantener la vida, trabajan en diferentes tiempos. Siendo el lactato una base conjugada del ácido láctico, por lo que su denominación como iguales no es precisa (Heredia, 2014).

La contracción muscular se puede dar independientemente de la producción de lactato como fuente de energía, ya que esta se puede dar con bajos niveles de lactato e

incluso en su ausencia. Además, el lactato también se puede producir en ausencia de oxígeno, Concentrándose en reposo aproximadamente en 1mmol por lt en la sangre (Mazza, 1997)

La producción de piruvato por la degradación de la glucosa, que se da en el citoplasma celular, da lugar a la liberación de energía y formación de ATP. Por lo que el piruvato puede tomar dos caminos: la oxidación total e irreversible a CO_2 y H_2O , para participar en el ciclo de Krebs o reducirse a lactato parcial y reversiblemente. Siendo más adecuado hablar de una glucólisis rápida en vez de anaeróbica y lenta, en reemplazo de aeróbica (Mazza, 1997).

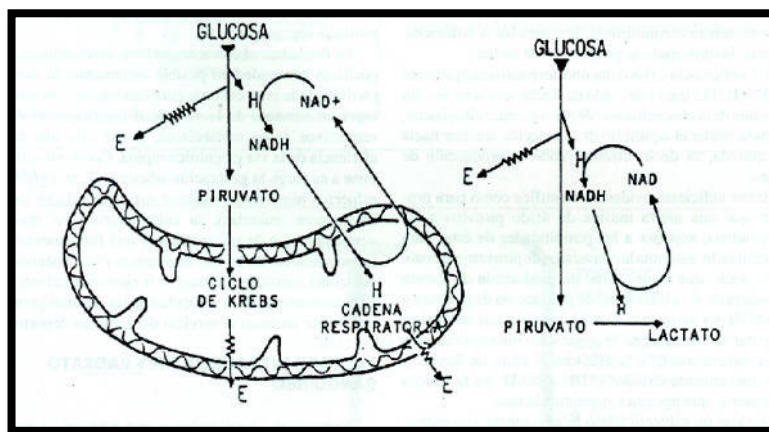


Figura 37 Efecto Pasteur

(Mazza, 1997)

Se denomina efecto Pasteur a la capacidad o no de formar lactato, en función de que si la glucólisis es rápida y la función mitocondrial es pobre (bajo aporte de oxígeno y escasa actividad enzimática) se formará lactato principalmente. Caso contrario ocurre si la glucólisis es lenta, lo que permite un eficiente trabajo mitocondrial, que permite que el piruvato y el NADH formados se oxiden con facilidad, evitando que se forme lactato en elevadas cantidades (Mazza, 1997).

Cuando la velocidad glucolítica es lenta como para poder realizar un trabajo en la mitocondria eficiente, el piruvato y el NADH formados, se oxidarán fácilmente, no formándose mayormente lactato. En caso contrario, cuando la glucólisis es más veloz y si la función mitocondrial es inadecuada (pobre actividad de las enzimas o bajo aporte de O_2), se formará predominantemente lactato (Mazza, 1997).

Al haber una gran cantidad de ácido pirúvico, las mitocondrias no se dan abasto por lo que aumenta la conversión de piruvato a lactato. Situación que se da en esfuerzos de alta intensidad. Además, el camino que tome el piruvato, ya sea ser oxidado en el ciclo de Krebs o ser reducido a lactato se relaciona en gran medida con la intensidad del esfuerzo que demanda más glucosa que por la disposición de oxígeno a nivel de las células (Mazza, 1997).

Resulta determinante conocer que con los entrenamientos adecuados se puede mejorar la eficiencia de la glucólisis rápida, al volver más eficiente la actividad enzimática de esta vía. Ya que en torno a un 50% del lactato producido es dirigido al compartimiento intravascular, el resto se queda en la célula, dependiendo esto de la capacidad aeróbica de la persona. Los valores de lactato que se miden en la sangre es un reflejo del balance entre la producción y eliminación de este. Puesto que este aumenta cuando la producción supera a la eliminación. Por lo que esta medición ofrece un panorama similar a lo que ocurre intracelularmente (Mazza, 1997).

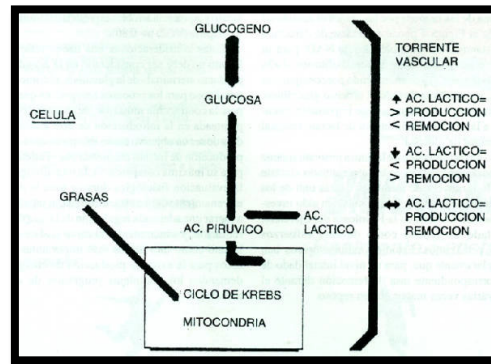


Figura 38 Mecanismos celulares de producción y remoción de lactato

(Mazza, 1997)

Cuando la actividad física aumenta en intensidad, el nivel de lactato aumenta también, pero si la actividad se mantiene a una intensidad en cierto rango, el lactato se eleva en relación al reposo, pero sus niveles se estabilizan, lo que refleja que las tasas de producción y remoción están niveladas. Los mecanismos de remoción se ven estimulados cuando los niveles de lactato se elevan. Siendo el objetivo prioritario en los entrenamientos de deportistas tener una adecuada tasa de producción-remoción del lactato y reutilizar a este como fuente de energía, no sólo hay que buscar reducir su producción (Mazza, 1997).

Cuando los valores de lactato (lactacidemia) aumentan, también aumenta la tasa de producción-remoción (turnover), por lo que se puede realizar ejercicio entre 2 a 4 miliMoles por más de una hora, siempre y cuando el deportista esté adecuadamente entrenado. Esto debido a varios factores como son la capacidad oxidativa mitocondrial, mayor utilización de los ácidos grasos como fuente de energía, además de una mayor capacidad de remoción del lactato (Mazza, 1997).

Por lo que sería razonable establecer entrenamiento con una alta tasa de lactacidemia para estimular la tasa de remoción-producción (turnover) pero esto se puede realizar por un tiempo corto, de entre 12 a 18 minutos incluso incluyendo las

pausas, estando en la zona de máximo consumo de oxígeno. Sin embargo, ejercicios con menor intensidad (4 a 6 mM/Lt) pero más prolongados (25 a 40 minutos), si bien no estimulan tanto el turnover, al ser más prolongados mejoran en mayor medida el turnover de lactato, por lo que se deben complementar con ejercicio en zona de máximo consumo de oxígeno (Mazza, 1997).

El umbral aeróbico-anaeróbico lactácido es el punto de inflexión de la velocidad de desplazamiento y la cantidad de lactato producido, que cambia de ser casi lineal a exponencial. Siendo esto muy individual. Aumentando la tasa de oxidación cuando se realiza ejercicio, al alcanzar la intensidad de 50% de VO_{2max} la oxidación se encarga de metabolizar el 30% del ácido láctico, aumentando la tasa de oxidación en 3.5 veces en comparación con la tasa basal (Mazza, 1997).

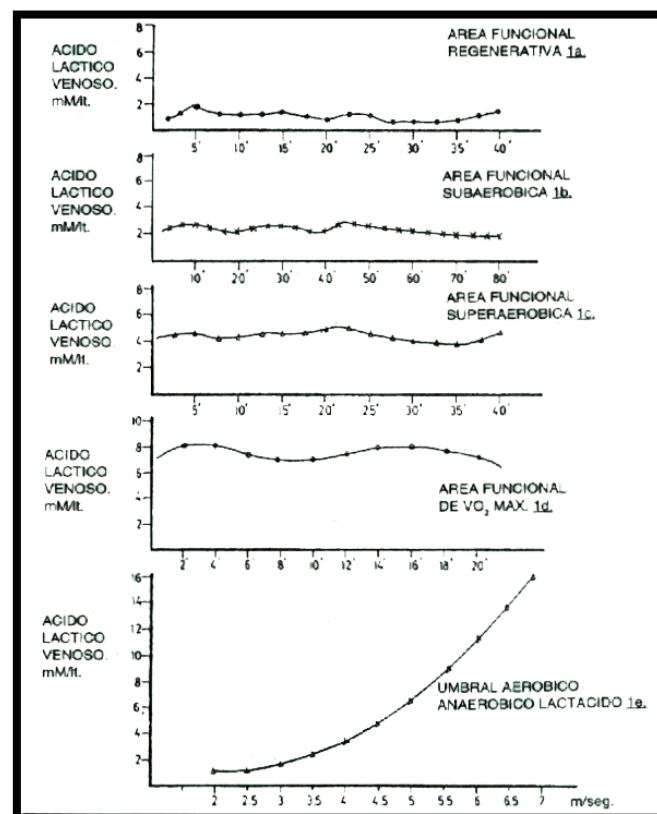


Figura 39 Comportamiento del ácido láctico según zona de intensidad y tiempo (Mazza, 1997)

En reposo se genera aproximadamente 100 mg/kg/hora de lactato, se estima que el 50% se reconvierte a piruvato, siendo oxidado en el ciclo de Krebs. Así pues, el metabolismo del lactato en reposo depende de las condiciones internas metabólicas, por tanto, en elevados niveles de lactato y niveles adecuados de glucógeno hepático y glucosa en la sangre, estimularían la oxidación del lactato; sucediendo lo contrario si hay bajos niveles de glucosa sanguínea y glucógeno hepático (Mazza, 1997).

Mazza (1997) sostiene que se puede decir que, en la recuperación, valores por encima del 70% del lactato son reconvertidos a piruvato y oxidado en el Ciclo de Krebs (produciendo ATP más CO₂ y H₂O). Lo restante de lactato tiene diferentes caminos:

1. Entre un 2% a 3 % se usa para restituir la glucosa del torrente sanguíneo.
2. Un 20% se usa como precursor neoglucogénico (en corazón y músculo como prioridad y lo demás al hígado).
3. El resto (5-7%) se utiliza para restituir aminoácidos y proteínas.

Numerosos estudios demuestran que la tasa de remoción del lactato aumenta en gran medida con ejercicio de baja intensidad (regenerativo). Se discute sobre la intensidad en relación al VO₂máx o velocidad, en porcentaje con la velocidad de competición; a la que se debe de ejecutar dicho trabajo (Mazza, 1997).

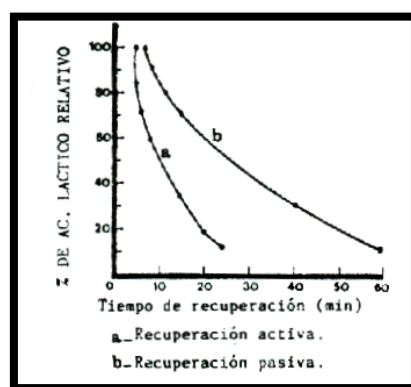


Figura 40 Comparación entre la tasa de recuperación activa y pasiva (Mazza, 1997)

Tomándose como deportes de referencia el atletismo y la natación, se puede decir que en carrera los más altos niveles de turnover se dan a una intensidad entre 30 a 45% del consumo máximo de oxígeno, lo que equivale entre 35 a 50 % de la velocidad máxima. Sin embargo, en natación esto varía, oscilando entre el 55 a 70% del VO_{2max} o en velocidad en torno al 60 y 75 % de la velocidad de competición (Mazza, 1997).

Según Mazza (1997) La evidencia científica demuestra que la actividad física de baja intensidad favorece el turnover y la oxidación del lactato en la mitocondria. Tomándose en cuenta:

a) El Lactato Shuttle en el músculo, que se refiere al transporte del lactato en el músculo activo.

b) El Lactato Shuttle intravascular, que es el transporte del lactato a la sangre y luego a otros músculos y tejidos de gran potencial de oxidación.

Logrando el ejercicio regenerativo que el lactato en un minuto, llegue al corazón y por el torrente sanguíneo llegue a músculos inactivos o poco activos, con gran capacidad oxidativa. En resumen, el lactato es un metabolito que redirige la liberación de energía extra y que la mayoría de planes de entrenamiento contemporáneos están encaminados a moderar su producción y utilizarlo durante el ejercicio y/o en la recuperación activa, como fuente de energía para los procesos aeróbicos, en reemplazo de la glucólisis o como un potente metabolito neoglucogénico (Mazza, 1997).

El ácido láctico cumple con 3 funciones principales en el funcionamiento del organismo: a) Es fuente de energía. b) Principal precursor gluconeogénico. c) Lactohormona, que es una molécula señalizadora. Además, es también una base química que consume iones H^+ y que retrasa la aparición de fatiga central y periférica (Viribay, 2020).

La glucólisis se refiere al proceso de catabolismo de la glucosa, una vía metabólica del citoplasma, regulada por muchos mecanismos enzimáticos, fundamentado en la disposición de sustrato y producto que da energía de manera eficiente. Esto tiene como resultado final al piruvato (que es un anión del ácido pirúvico), este puede tomar diferentes caminos como: La oxidación en la mitocondria o producir lactato, esto también se puede dar en condiciones aeróbicas y no sólo anaeróbicas. Por tanto, la glucólisis produce al final lactato y no piruvato, siendo esta una gran vía de fuente de energía en momentos en que se necesita energía rápidamente y de gran intensidad (Viribay, 2020).

Por tanto, la glucólisis tiene dos posibles roles: a) Flujo continuado de glucosa, que produce lactato continuamente b) Altos niveles de lactato que sobrepasan la capacidad de aclaramiento y que se acumula en sangre produciendo lactatemia. Para oxidarse el lactato requiere de la fosforilación oxidativa, consumiéndose en la mitocondria debiendo ser transportada hasta ella. Por lo que se observa el importante papel de las mitocondrias, es por esto que deportistas de élite poseen una gran cantidad de mitocondrias con un alto poder de aclaramiento y oxidación (Viribay, 2020).

De otro lado, el lactato también es transportado a otras células a través de lanzaderas célula- célula, para ser consumido por éstas, elevándose el lactato con el aumento de actividad física, lo que refleja su importancia como fuente energética. De igual forma en reposo, los valores de lactato son superiores a los de glucosa y piruvato, a raíz de sus funciones gluconeogénicas. Además, frente a un ejercicio moderado, alrededor del 80% o más de lactato, se oxida en las mitocondrias. Por tanto, se infiere que la producción de lactato, lejos de ser un problema, el deportista que produce más

lactato tiene una mayor cantidad de energía disponible, pero para ello, el sujeto debe de poseer la capacidad para oxidar al lactato (Viribay, 2020).

Gluconeogénesis es la generación de glucosa con otros compuestos no glucídicos, pudiendo ser aminoácidos, ácidos grasos o lactato ante la carencia de glucosa esta vía cobra gran interés para la supervivencia del hombre. Sucediendo principalmente en el hígado (Viribay, 2020).

La síntesis de la glucosa a partir del lactato en los músculos activos, se realiza en el ciclo de Cori. El lactato sale del músculo (glucólisis) y entra al hígado para sintetizar glucosa para que esta retorne al músculo que le haga falta, ya sea para reutilizarla o almacenarla. Por lo que el lactato es el mayor precursor neoglucogénico del organismo (Viribay, 2020).

Con la glucosa sucede algo paradójico, ya que después de ingerir carbohidratos se metabolizan en glucosa en diferentes órganos para ser utilizada o almacenada según las necesidades, lo que se conoce como glucogénesis (para la síntesis de glucógeno). Pero se da la paradoja que mucha de la glucosa producida, en lugar de ser metabolizada directamente en el hígado, pasa a los diferentes órganos sin pasar por conversión alguna para producir lactato (glucólisis) y retornar al hígado para resintetizar la glucosa que se necesita de nuevo. Esta gluconeogénesis dependiente del lactato (precursor), sería hasta un 25% de la síntesis del glucógeno y glucosa tras ingerir carbohidratos, por ello el lactato aumenta tras ello (Viribay, 2020).

El lactato cumple otras funciones en el organismo, como la de regulador metabólico, ya que regula la cinética de su producción y de otros sustratos, como pueden ser los ácidos grasos. Al parecer el lactato tiene una influencia en la biogénesis de las

mitocondrias, además de la angiogénesis, también favorece la homeostasis intestinal (Viribay, 2020).

De manera clásica, la glucólisis genera piruvato, que se transporta a las mitocondrias y seguir el ciclo de Krebs. Si existe carencia de oxígeno, este piruvato pasa a ser transformado en ácido láctico que luego se disocia en lactato y iones H^+ . Cuando el ejercicio aumenta en intensidad y pasa a ser anaeróbico, el piruvato se acumula y las mitocondrias no se dan abasto por lo que es convertido a lactato con su consecuente acumulación junto con los iones H^+ en la célula muscular (Pasoclave.com, 2018).

Sin embargo, algunas investigaciones contradicen esto, pues aseguran que el piruvato siempre se convierte en lactato. Incluso en reposo se observa la presencia de lactato en el organismo (Pasoclave.com, 2018).

Para Pasoclave.com (2018) al hablar de fatiga muscular nos referimos a la pérdida parcial de la capacidad de realizar actividad física, debido a un proceso de varios factores, entre ellos:

- 1-Disminución de la capacidad contráctil de los músculos, disminución del calcio en las fibras musculares
- 2-Hipoglucemia, deshidratación
- 3-Alteración de la respiración y acidosis por acumulación de iones hidrógeno
- 4-Aumento de la temperatura corporal

Todos estos cambios generan cambios metabólicos que impiden el reabastecimiento de ATP a la necesidad deseada (Pasoclave.com, 2018).

En ejercicios de baja intensidad, la fuente de energía es la grasa que se puede usar por mucho tiempo. Al aumentar la intensidad, en torno a un 60-80% del $\text{VO}_2\text{máx}$ la fatiga se relaciona con el agotamiento de las reservas de glucógeno y de glucosa en la sangre. A intensidades mayores, la fatiga se debería a la acidosis metabólica y aumento de iones de potasio intersticial, usando como fuente de energía el glucógeno almacenado. En cuanto a esfuerzos máximos (100%), la fatiga sería por agotamiento de fosfocreatina (Pcr) (Pasoclave.com, 2018).

Si bien es cierto, el lactato aumenta cuando la intensidad del ejercicio lo hace, no significa que este cause la fatiga. Por el contrario, si el organismo tiene la capacidad de reciclar el lactato, este puede ser usado como fuente de energía preferente a la glucosa y los ácidos grasos. Por lo que el lactato es un nexo entre el metabolismo aeróbico y el anaeróbico (Pasoclave.com, 2018).

Por el contrario, el lactato, protege de la fatiga. Mejorando la capacidad contráctil de los músculos en ejercicios intensos y sostenidos; además mejora el consumo de oxígeno, ayudando a prolongar la glucólisis oxidativa. Sirve incluso de buffer para la acidosis muscular (Pasoclave.com, 2018).

No es la presencia o ausencia de oxígeno lo que activa la vía glucolítica anaeróbica sino el grado de activación del sistema nervioso. Si bien es cierto que el lactato aumenta con la intensidad del ejercicio, no significa que este sea responsable de la fatiga (Pasoclave.com, 2018).

Además, según Pasoclave.com (2018) el lactato cumple diversas funciones metabólicas en el organismo entre ellas:

- a.- Protege y repara al cerebro. Además de ser fuente de energía cerebral.

b.- Colabora en la resíntesis proteica, activando el anabolismo con el aumento de la testosterona.

c.- Ayuda en la síntesis de colágeno.

Las fibras musculares rápidas mandan lactato a las fibras lentas, para que sean usadas como fuente de energía. Esto sucede continuamente, pero crece al aumentar la intensidad del esfuerzo. El hígado y el cerebro también usan lactato como fuente de energía, incluso media hora después de haber acabado la actividad física. El lactato es el sustrato preferido por el corazón y en el hígado una parte se convertirá en glucosa mediante el ciclo de Cori. Para ello se vale de la sangre como medio de transporte, a través de los glóbulos rojos y plasma. Por ello el lactato es una respuesta ante el estrés metabólico (Pasoclave.com, 2018).

El trabajo aeróbico produce cambios a nivel fisiológico, como mayor tamaño de los capilares o mejor funcionamiento de las mitocondrias, cambios que mejoran el reciclaje de lactato. Por otro lado, el trabajo anaeróbico permite mantener una elevada intensidad por mayor tiempo (Pasoclave.com, 2018).

2.3. Definición de términos básicos

Perfil de potencia: La potencia es una forma de medir el trabajo, en el tiempo efectuado, sus unidades son vatios. Esta está íntimamente ligada al rendimiento, si esta aumenta también lo hace la velocidad de desplazamiento. Siendo actualmente la forma más eficaz de medir el esfuerzo (Friel, Manual de entrenamiento del ciclista, 2011).

Revela desde el rendimiento anaeróbico aláctico- (5 segundos), anaeróbico láctico (1 minuto), consumo máximo de oxígeno (5 minutos) y capacidad aeróbica (20 minutos) (Allen & Coggan, 2014).

Umbral de potencia funcional (UPF): El UPF es la máxima potencia promedio producida en una hora de esfuerzo. Sin embargo, nuevos conocimientos la están redefiniendo como el estado de cuasi fatiga mantenido en 20 minutos (Allen & Coggan, 2014).

Frecuencia cardíaca: Esta indica la intensidad con la que trabaja el sistema cardiovascular, mostrando la cantidad de latidos por minuto del corazón, lo que sugiere la intensidad del ejercicio que se realiza (Friel, Manual de entrenamiento del ciclista, 2011).

Consumo máximo de oxígeno: Corresponde al máximo volumen de oxígeno ($VO_{2\text{máx}}$) que la persona puede captar en esfuerzo físico, este se expresa en mililitros de oxígeno por kilogramo de peso corporal y por minuto ($\text{ml O}_2/\text{kg}/\text{min}$). Muchos estudios han ratificado la importancia de este para el rendimiento deportivo, sobre todo en deportes de largo aliento (Hans van Dijk, 2017).

Umbral anaeróbico: Aquí se produce una frontera entre la zona aeróbica y la zona anaeróbica, de manera que en este punto predomina la obtención de energía por anaerobiosis. Dándose además un incremento desproporcionado de la ventilación en relación al consumo de oxígeno. En este punto predomina el trabajo de las fibras rápidas. Todo esto conlleva a la caída del pH, lo que produce fatiga en corto tiempo. También se le conoce como segundo umbral ventilatorio (VT_2) o segundo umbral de lactato (LT_2) (Riusec, 2021).

Intensidades superiores al UL (4 mmol/l), hacen que se acumule lactato y iones hidrógeno en sangre, lo que limita la contracción de los músculos; aquí predomina la glucólisis anaeróbica. Mientras este umbral esté más cerca del $VO_{2\text{máx}}$, mejor rendimiento tendrá el atleta (Friel, Manual de entrenamiento del ciclista, 2011).

Umbral aeróbico: Conforme se incrementa la intensidad del ejercicio, el lactato en la sangre se eleva hasta 2 mmol/l, esto corresponde al umbral aeróbico. Suele estar en torno al 65% de la frecuencia cardíaca máxima. Este también se halla entre 20 a 40 pulsaciones por minuto menos que el umbral anaeróbico (Friel, La biblia del triatleta, 2018)

Vía aeróbica: Para ello usa el oxígeno, por lo tanto, es un proceso aeróbico. Esta vía produce menos potencia que la glucólisis anaeróbica pero dura mucho más tiempo. Incluso deportistas con un excelente plan nutricional y muy entrenados pueden usarla hasta 2-3 horas. Esta vía también utiliza los ácidos grasos, pero produce menos potencia que usando el glucógeno. (Hans van Dijk, 2017).

Vía anaeróbica láctica: Esta vía es la que permite utilizar la glucosa sin que intervenga el oxígeno para producir ATP. Este proceso tiene como resultado final el ácido láctico (AL) (García-Verdugo M. , 2018).

Vía anaeróbica aláctica: Se produce a partir de la fosfocreatina (PC). Esta fuente permite esfuerzos de máxima intensidad como esprines, saltos, lanzamientos. Es anaeróbica pues no necesita de oxígeno para producir ATP y aláctica porque no produce ácido láctico. Esta fuente energética dura en torno a 10 -12 segundos aproximadamente (García-Verdugo M. , 2018).

Lactato: El lactato es un producto del metabolismo celular resultado de la conversión de los alimentos en energía (Lab test, 2017).

III. Hipótesis y variables

3.1. Formulación de hipótesis

3.1.1. General

- Existe relación entre el perfil de potencia de ciclismo y la frecuencia cardíaca en triatletas de Lima.

3.1.2. Específicas

- El perfil de potencia de ciclismo presenta diferentes valores en triatletas de Lima.
- La frecuencia cardíaca varía en cada individuo en función de la intensidad y tiempo de trabajo de ciclismo en triatletas de Lima.

3.2. Variables

3.2.1. Definición conceptual

Perfil de potencia

El perfil de potencia de un ciclista, se refiere al promedio de vatios que puede hacer en esfuerzo máximo en 5 segundos, 1 minuto, 5 minutos y 20 minutos. Esto nos indica la capacidad anaeróbica aláctica, láctica y la capacidad aeróbica del ciclista (Hunter A., 2014)

Frecuencia cardíaca

Esta indica la intensidad con la que trabaja el sistema cardiovascular, mostrando la cantidad de latidos por minuto del corazón, lo que sugiere la intensidad del ejercicio que se realiza (Friel, Manual de entrenamiento del ciclista, 2011).

3.2.2 Definición operacional

Tabla 3

Matriz de operacionalización

Variable	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensiones	Indicadores	Instrumento
Perfil de potencia	El perfil de potencia de un ciclista, se refiere al promedio de vatios que puede hacer en esfuerzo máximo en 5 segundos, 1 minuto, 5 minutos y 20 minutos (Hunter A., 2014).	Se medirá los vatios en una bicicleta con pedales Garmin Vector 2 S y recolectará los datos en el ciclocomputador Bryton 530 y se analizará en el software Golden Cheetah y Garmin Conect.	Peso del triatleta	Kilogramos	Balanza
			Potencia total	Vatios	Potenciómetro
			Tiempo	Minutos y segundos	Ciclocomputador
Frecuencia cardiaca	La frecuencia cardíaca indica la intensidad con la que trabaja el Sistema Cardiovascular, mostrando la cantidad de latidos por minuto del corazón (Friel, Manual de entrenamiento del ciclista, 2011).	Para la frecuencia cardíaca se usará una banda de electrodos Magene, recolectando los datos también en el ciclocomputador Bryton Garmin 530 y se analizará en el software Golden Cheetah y en Garmin Conect.	Número de latidos	Latidos por minuto	Banda de electrodos Magene
			Tiempo	5 segundos, 1 minuto, 5 minutos y 20 minutos	Ciclocomputador Bryton 530

IV. Materiales y métodos

4.1. Área de estudio

- El área de estudio corresponde a: Educación y actividad física corporal

La investigación se realizó en el gimnasio de la “Asociación Cristiana de Jóvenes” (YMCA), en el distrito de Surco. Lima-Perú.

4.2. Diseño de investigación

Cuantitativa, descriptiva, transversal correlacional.

4.3. Población y muestra

Se realizó en diez triatletas del equipo Wayak, a partir de 15 años hasta 21 años, 8 hombres y 2 mujeres.

4.4. Procedimientos, Técnicas e instrumentos de recolección de información

Se procedió instalando la bicicleta de ruta al rodillo, para luego colocar la banda de electrodos al triatleta. Posteriormente se le explicó al triatleta el protocolo a seguir.

Para lo cual se usó los siguientes instrumentos de información:

- Pedales Garmin Vector 2 S
- Banda de frecuencia cardíaca Magene
- Ciclocomputador Bryton 530
- Software Golden Cheeta, Excel y Garmin Conect
- Cicloergómetro Tack

4.5. Análisis estadístico

Se realizó el promedio de la potencia y frecuencia cardíaca en cada prueba (5 segundos, 1 minuto, 5 minutos, 20 minutos) tanto de los triatletas hombres y de las triatletas mujeres. Además, se determinó el tipo de perfil de potencia de cada triatleta y se determinó cual es el tipo más frecuente; así como la desviación estándar de cada uno de estos datos.

La desviación estándar se usó para hallar que tan dispersos están los datos con respecto a la media.

También se realizó la correlación de Pearson, para ver la relación entre la frecuencia cardíaca y la potencia en cada prueba. Ya que esta prueba sirve para ver si existe relación entre ambas variables y cómo es, al poder evidenciar si una variable aumenta y la otra aumenta o por el contrario disminuye. A diferencia de la de Spearman, está si muestra el valor de relación ya sea negativo o positivo. Mientras que

Spearman muestra relaciones en variables ordinales. Se realiza esto puesto que se desea conocer como se ve afectada la frecuencia cardíaca cuando la intensidad y duración del esfuerzo varían.

V. Resultados

5.1. Presentación y análisis de los resultados

Tabla 4

Características morfológicas y tiempo de entrenamiento de hombres y mujeres

Sexo	Edad en años	Peso en kilos	Talla en centímetros	Índice de masa corporal (IMC)	Meses de entrenamiento
Hombres	16 años y 6 meses +/- 1 año y 8 meses	62.28 +/- 7.17	170 +/- 5	21.50 +/- 1.95	35.75 +/- 20.21
Mujeres	19 años +/- 2 años 10 meses	61.65 +/- 6.15	159 +/- 7	24.48 +/- 4.49	48 +/- 0

Nota: La población está conformada por 8 hombres y por 2 mujeres

Tabla 5

Potencia relativa promedio por prueba de triatletas hombres

5 segundos	1 minuto	5 minutos	20 minutos (UPF)
8.52 +/- 3.33	4.96 +/- 1,11	3.84 +/- 0,46	3.03 +/- 0.49

Tabla 6

Perfil de Potencia relativa promedio de triatletas mujeres por prueba

5 segundos	1 minuto	5 minutos	20 minutos (UPF)
4.82 +/- 0.06	3.67 +/- 0.18	2.91 +/- 0.22	2.46 +/- 0.22

Nota: Para calcular el Umbral de potencia funcional (UPF), se calcula multiplicando el valor de los vatios de 20 minutos por 0.95.

-Expresado en vatios/kg

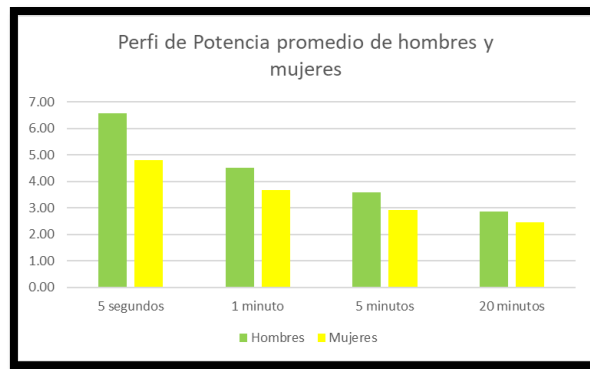


Figura 41 Potencia relativa en vatios/kg por cada prueba para hombres y mujeres

Nota: Para sacar la potencia relativa, se divide la potencia absoluta entre el peso del triatleta.

Tabla 7

Potencia relativa individual de triatletas hombres para cada prueba

Código	5 segundos	1 minuto	5 minutos	20 minutos
TH1	8.07	4.45	3.78	2.78
TH2	9.51	5.62	4.09	3.19
TH3	6.44	4.55	4.13	3.75
TH4	6.57	4.25	3.57	2.45
TH5	5.14	3.63	3.09	2.79
TH6	5.63	4.59	3.51	2.62
TH7	13.93	5.40	3.95	2.90
TH8	12.90	7.22	4.60	3.74
Promedio	8.52	4.96	3.84	3.03
Desviación estándar	3.33	1.11	0.46	0.49

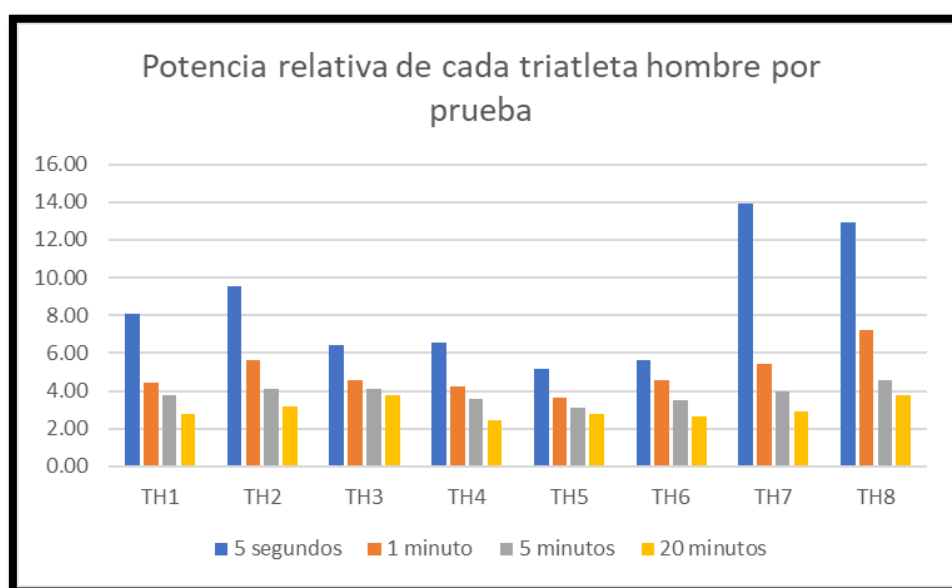


Figura 42 Potencia relativa (vatio/kg) individual de triatletas hombres para cada prueba

Tabla 8

Puntuación para cada prueba por triatleta hombre y tipo de perfil de potencia

Código	5 segundos	1 minuto	5 minutos	20 minutos	Tipo de perfil de potencia
TH1	1	1	3	2	Contrarrelojista o escalador
TH2	1	1	4	3	Contrarrelojista o escalador
TH3	1	1	4	4	Contrarrelojista o escalador
TH4	1	1	3	2	Contrarrelojista o escalador
TH5	1	1	2	3	Contrarrelojista o escalador
TH6	1	1	3	2	Contrarrelojista o escalador
TH7	3	1	3	3	Todoterreno
TH8	2	3	4	4	Contrarrelojista o escalador
Promedio	1,38	1,25	3,25	2,88	
Desviación estándar	0,74	0,71	0,71	0,83	

Nota: La puntuación va del 1 al 9, siendo 1 el valor más bajo y 9 el más alto, según Allen & Coggan (2014).

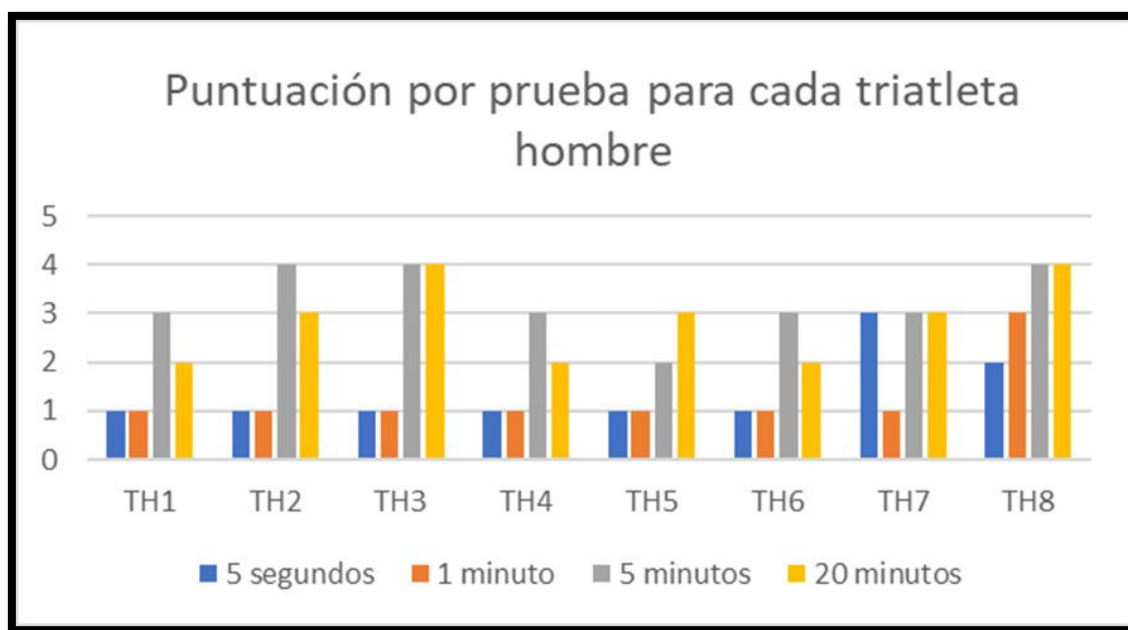


Figura 43 Puntuación por prueba de cada triatleta hombre

Tabla 9

Potencia relativa individual por prueba de cada triatleta mujer

Código	5 segundos	1 minuto	5 minutos	20 minutos
TM1	4.86	3.55	2.76	2.30
TM2	4.78	3.80	3.07	2.62
Promedio	4.82	3.67	2.91	2.46
Desviación estándar	0.06	0.18	0.22	0.22

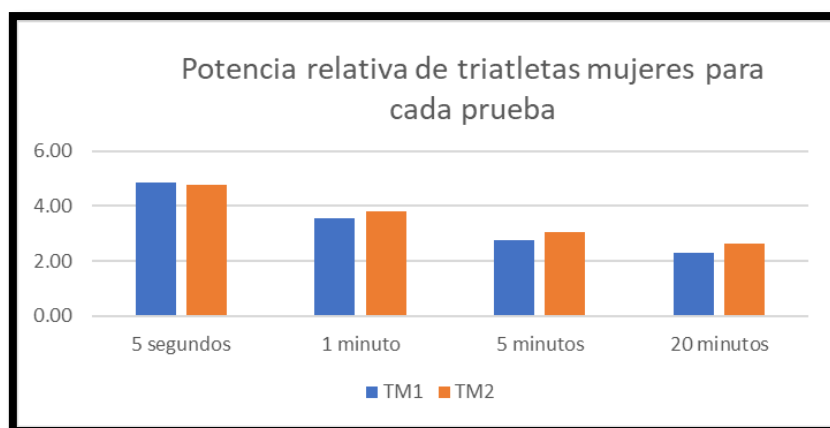


Figura 44 Potencia relativa individual de triatletas mujeres por prueba

Tabla 10

Puntuación individual de perfil de potencia de triatletas mujeres

Código	5 segundos	1 minuto	5 minutos	20 minutos	Tipo de perfil de potencia
TM1	1	1	2	2	Contrarrelojista o escalador
TM2	1	1	3	3	Contrarrelojista o escalador
Promedio	1.00	1.00	2.50	2.50	
Desviación estándar	0.00	0.00	0.71	0.71	

Nota: La puntuación va del 1 al 9, siendo 1 el valor más bajo y 9 el más alto, según Allen & Coggan (2014).

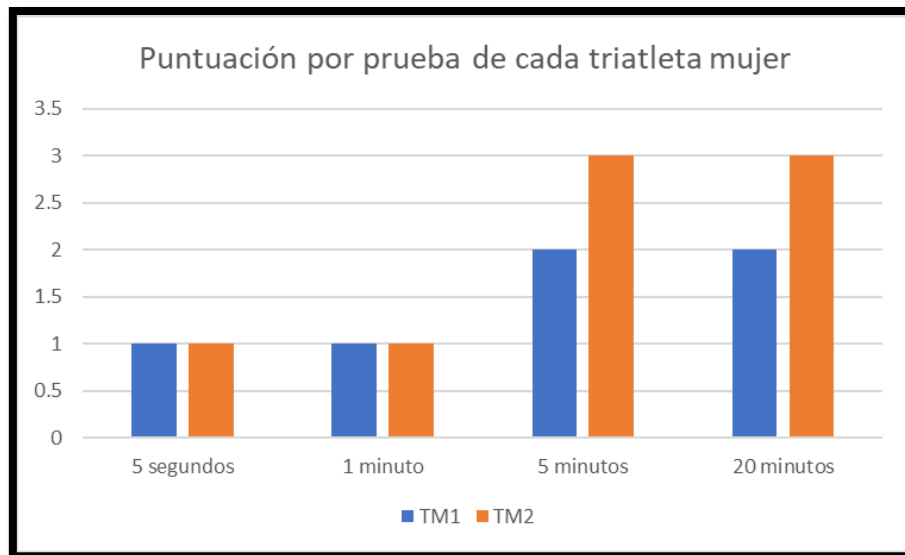


Figura 45 Puntuación individual de potencia para cada prueba de triatletas mujeres

Tabla 11

Puntuación promedio por prueba y por sexo

Sexo	5 segundos	1 minuto	5 minutos	20 minutos
Hombres	1.33	1.22	3.11	2.78
Mujeres	1.00	1.25	3.25	3.25

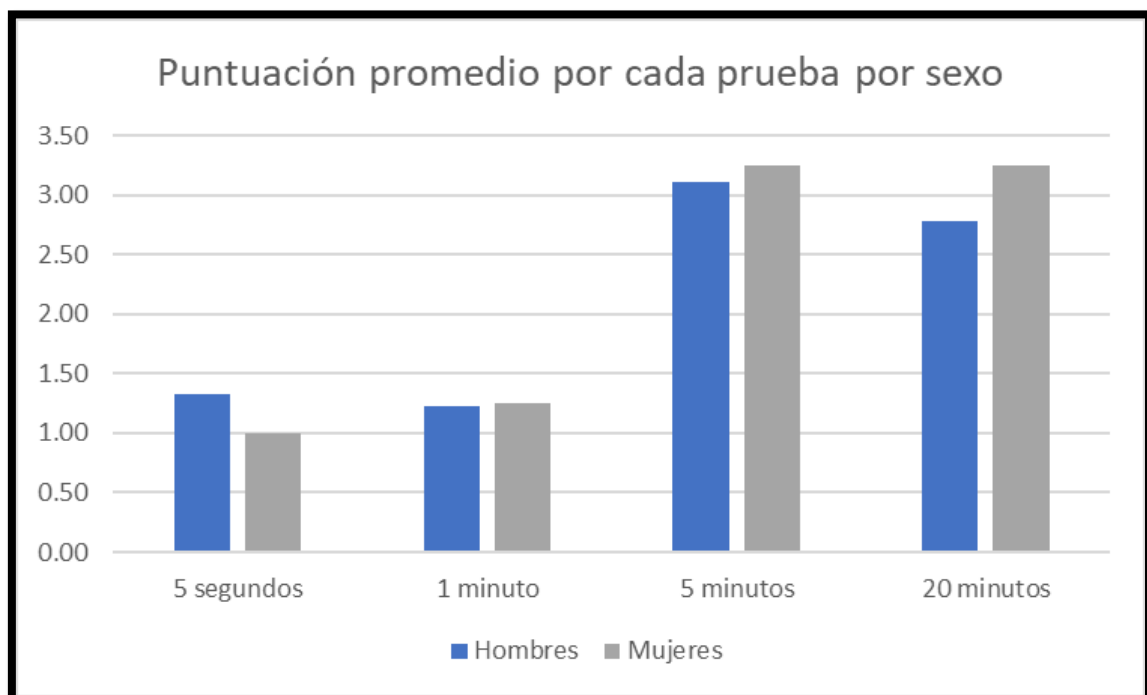


Figura 46 Puntuación promedio en cada prueba por sexo

Tabla 12

Relación porcentual entre el (UPF) y la potencia en 5 minutos

Hombres	78.91%
Mujeres	84.54%

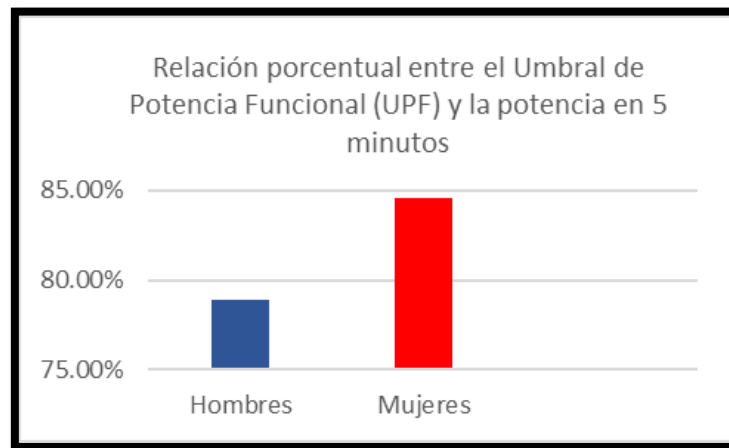


Figura 47 Relación porcentual de potencia del Umbral de potencia funcional y la prueba de 5 minutos

Tabla 13

Frecuencia cardiaca promedio en hombres

5 segundos	1 minuto	5 minutos	20 minutos
146.75 +/- 21.50	160.13 +/- 15.76	170.38 +/- 15.61	170.88 +/- 16.50

Tabla 14

Frecuencia cardiaca promedio en mujeres

5 segundos	1 minuto	5 minutos	20 minutos
151.00 +/- 7.07	173.00 +/- 11.31	174.50 +/- 6.36	174.00 +/- 4.24

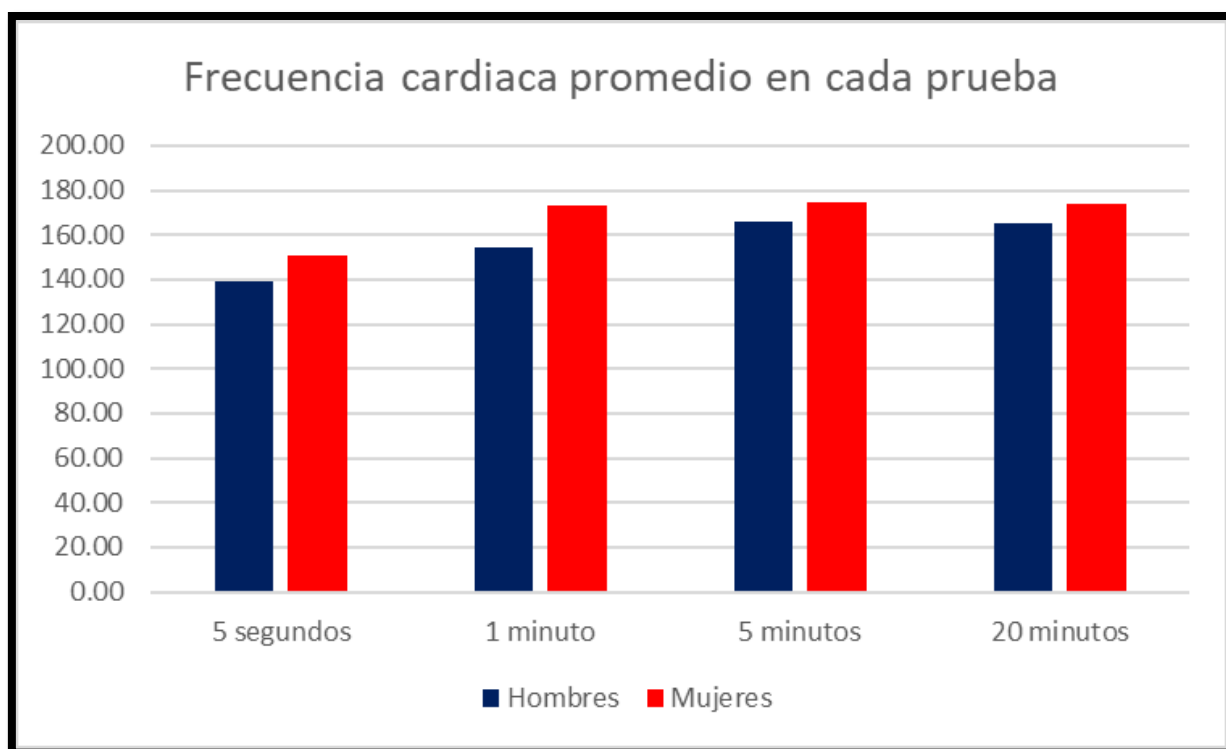


Figura 48 Frecuencia Cardiaca promedio del perfil de potencia según el tiempo

Tabla 15

Frecuencia cardiaca de cada triatleta hombre para cada prueba

Código	5 segundos	1 minuto	5 minutos	20 minutos
TH1	160	172	178	180
TH2	161	148	178	174
TH3	127	166	179	179
TH4	130	149	158	149
TH5	127	138	143	152
TH6	130	152	158	155
TH7	185	185	190	188
TH8	154	171	179	190
Promedio	146.75	160.13	170.38	170.88
Desviación estándar	21.50	15.76	15.61	16.50

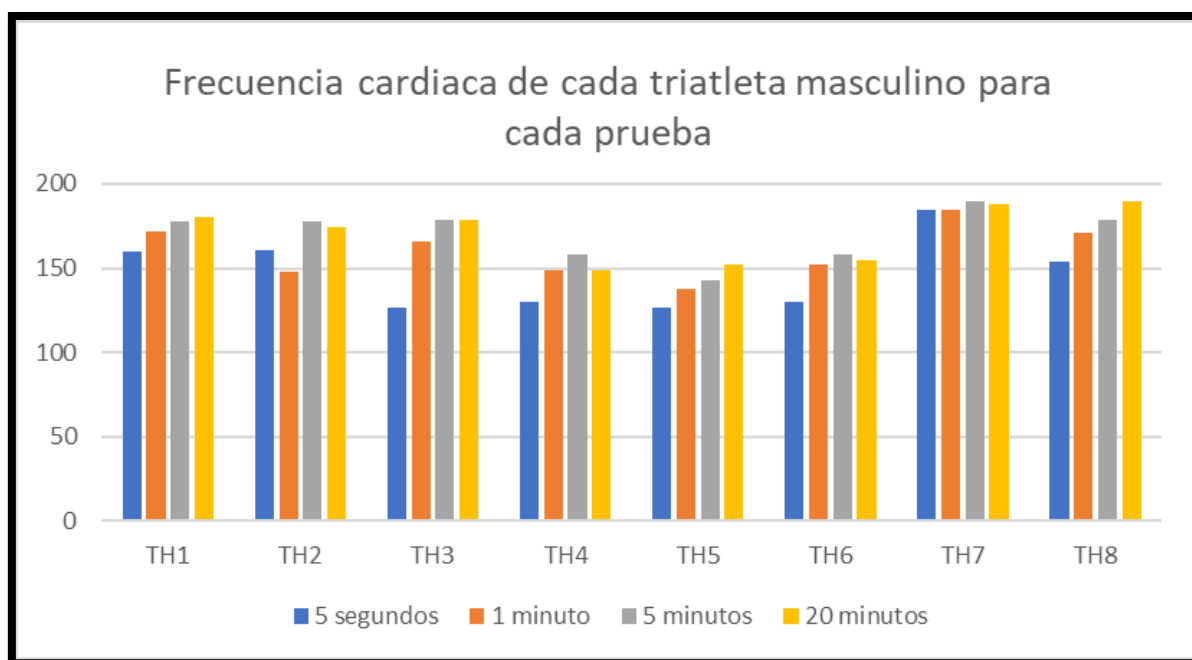


Figura 49 Frecuencia cardiaca por prueba de cada triatleta hombre

Tabla 16

Frecuencia cardiaca para cada prueba de triatletas mujeres

Código	5 segundos	1 minuto	5 minutos	20 minutos
TM1	156	181	179	177
TM2	146	165	170	171
Promedio	151.00	173.00	174.50	174.00
Desviación estándar	7.07	11.31	6.36	4.24

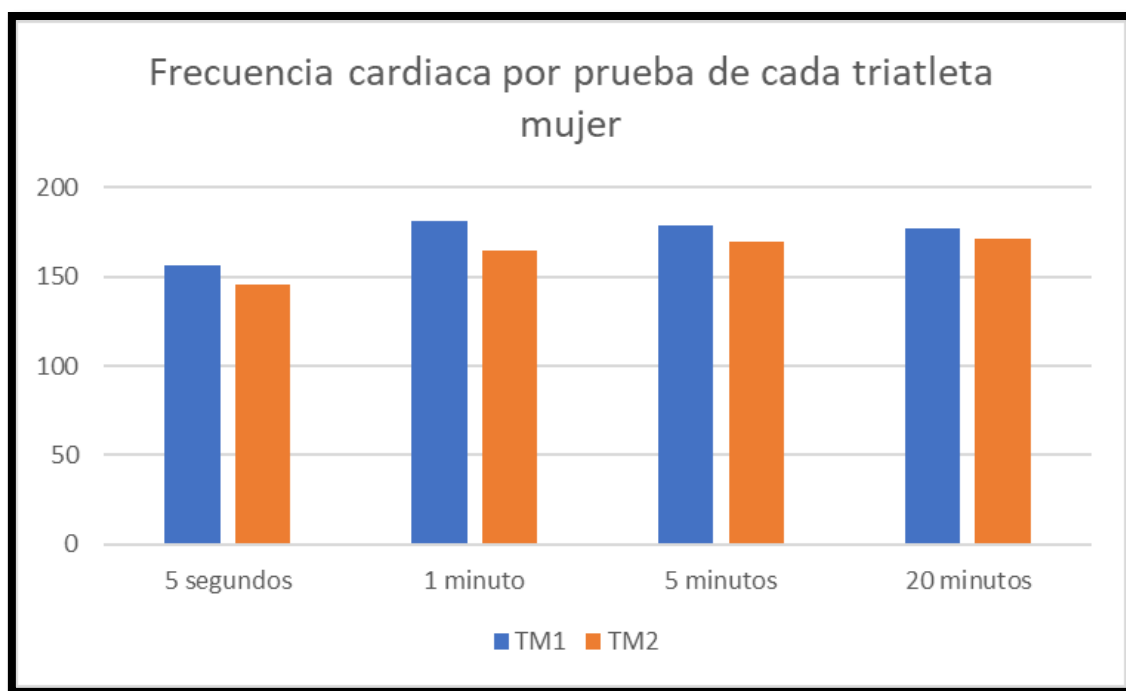


Figura 50 Frecuencia cardiaca de cada triatleta mujer para cada prueba

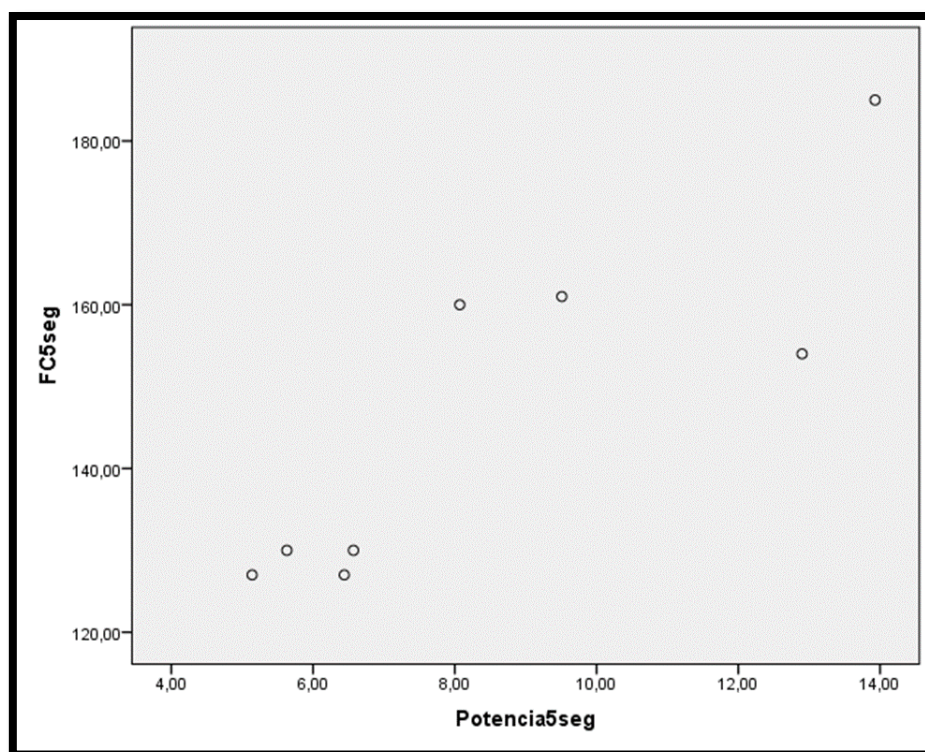


Figura 51 Diagrama de dispersión para la frecuencia cardiaca y potencia en 5 segundos para hombres

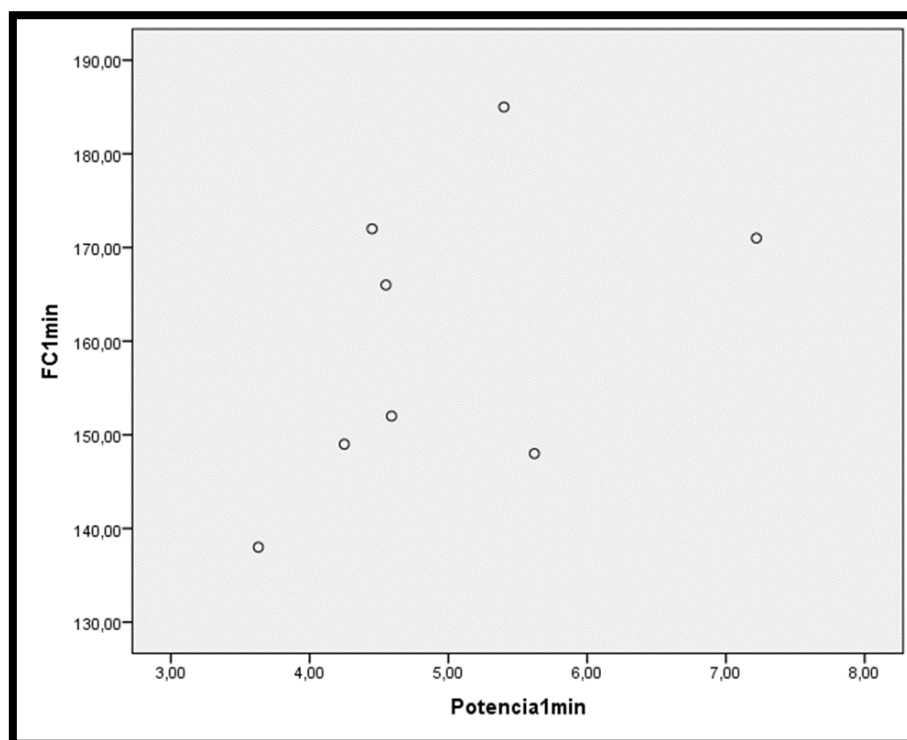


Figura 52 Diagrama de dispersión para la frecuencia cardiaca y potencia en 1 minuto para hombres

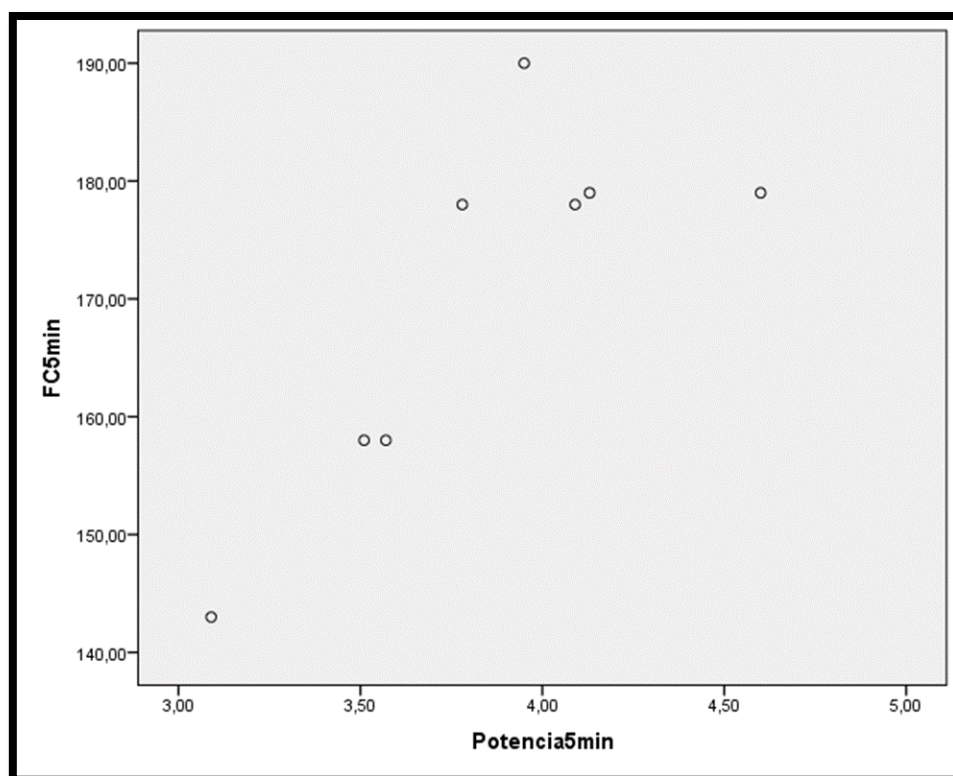


Figura 53 Diagrama de dispersión para la frecuencia cardiaca y potencia en 5 minutos para hombres

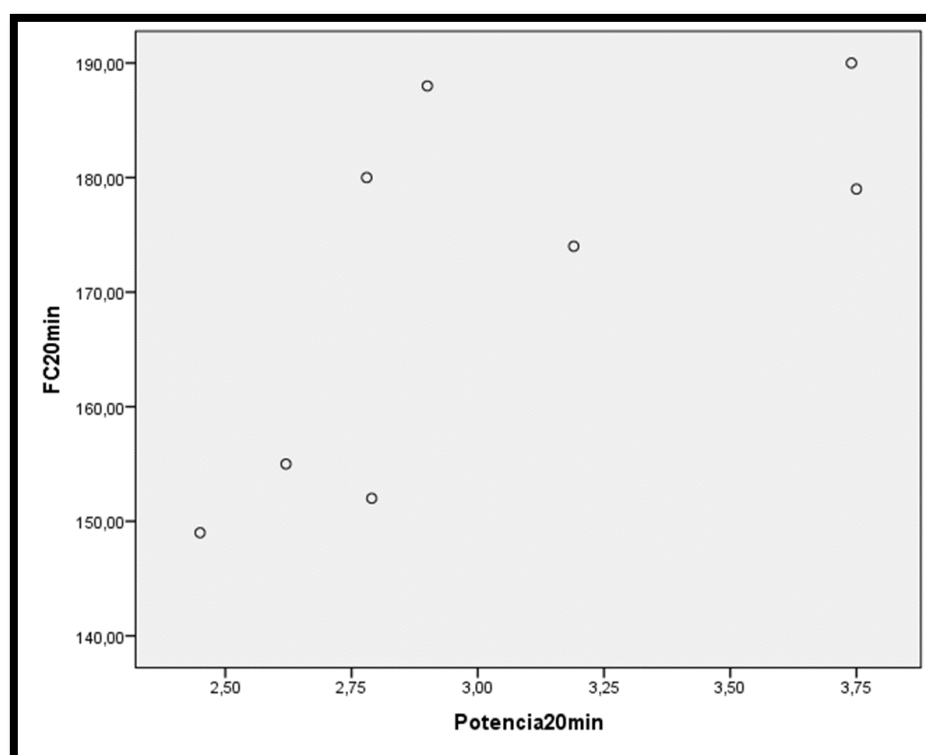


Figura 54 Diagrama de dispersión para la frecuencia cardiaca y potencia en 20 minutos para hombres

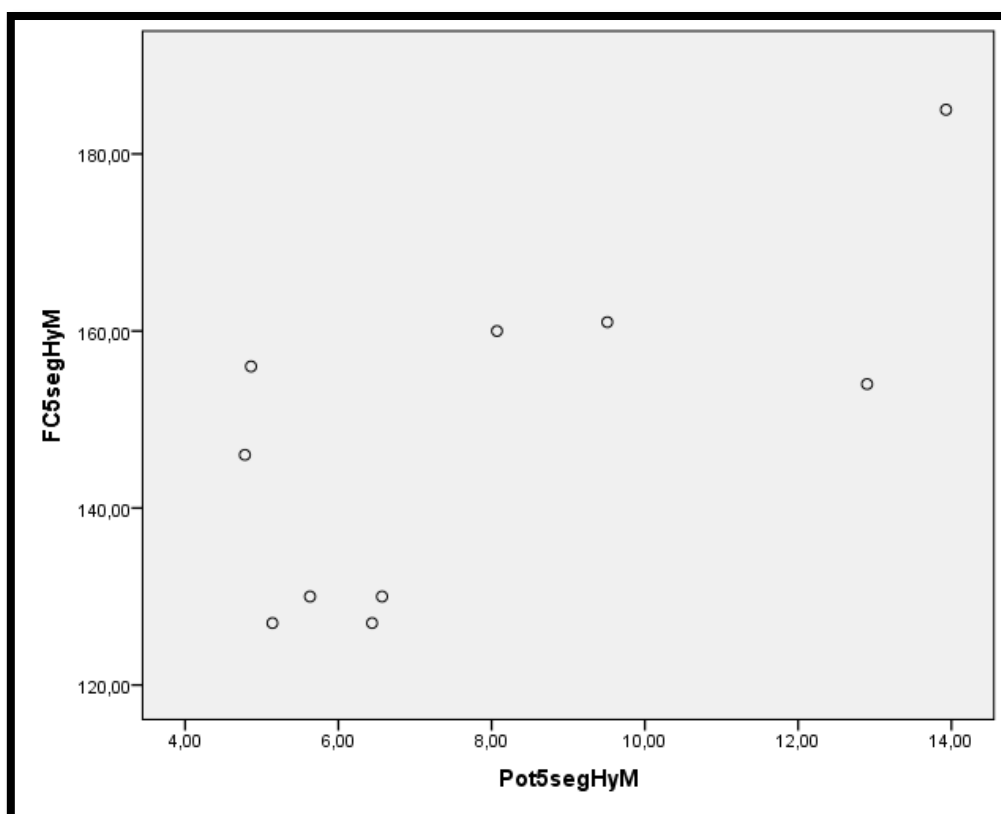


Figura 55 Diagrama de dispersión para la frecuencia cardiaca y potencia en 5 segundos para hombres y mujeres

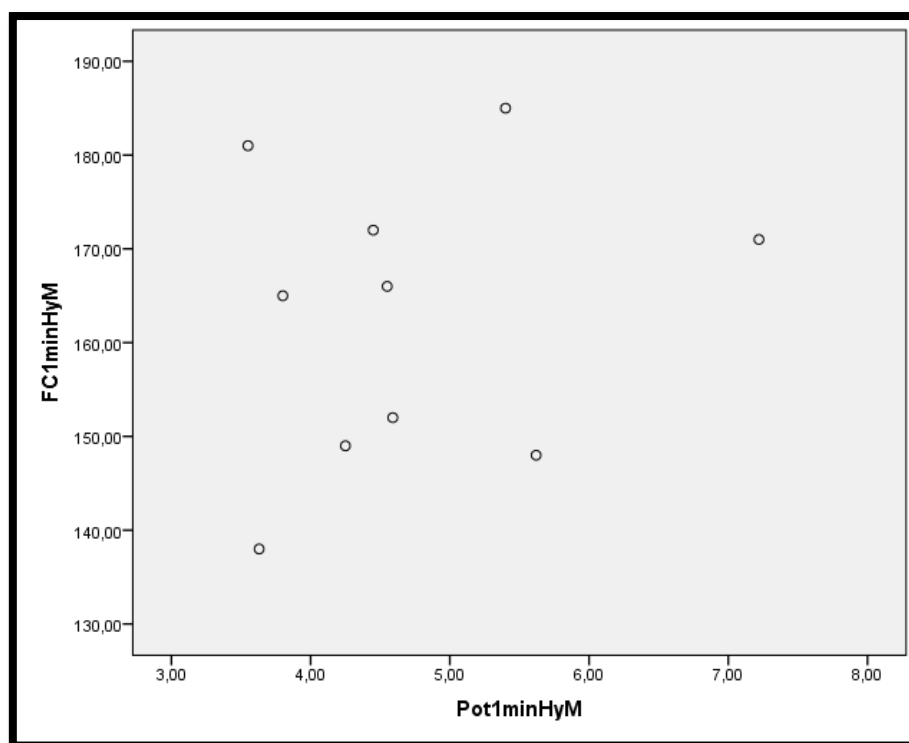


Figura 56 Diagrama de dispersión para la frecuencia cardiaca y potencia en 1 minuto para hombres y mujeres

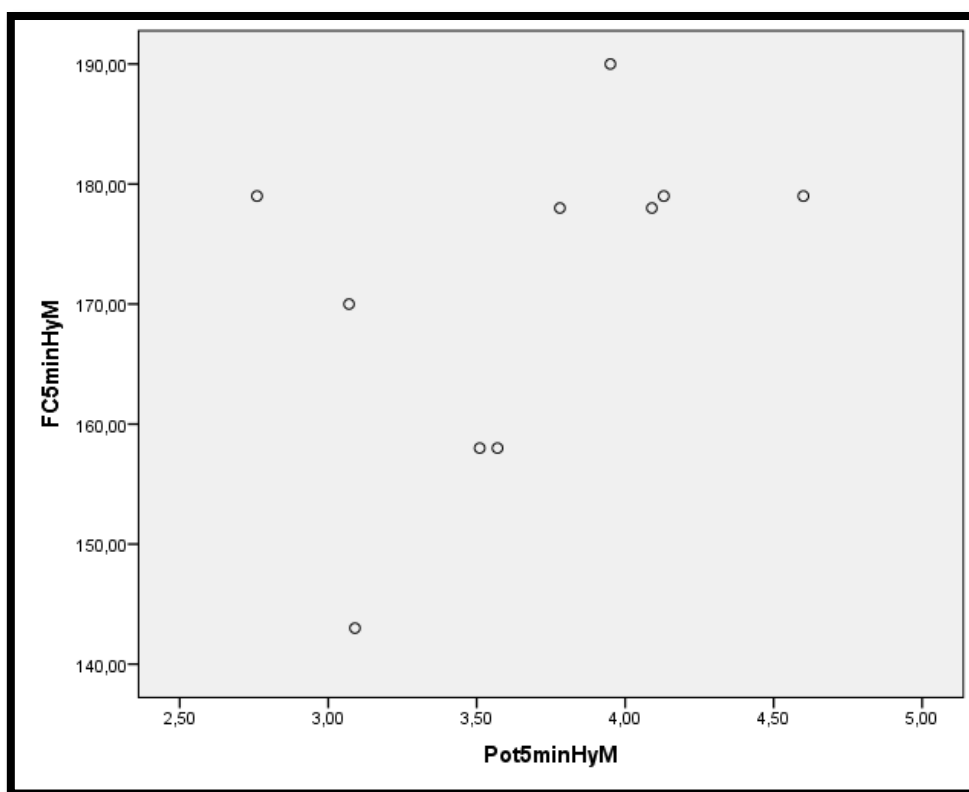


Figura 57 Diagrama de dispersión para la frecuencia cardiaca y potencia en 5 minutos para hombres y mujeres

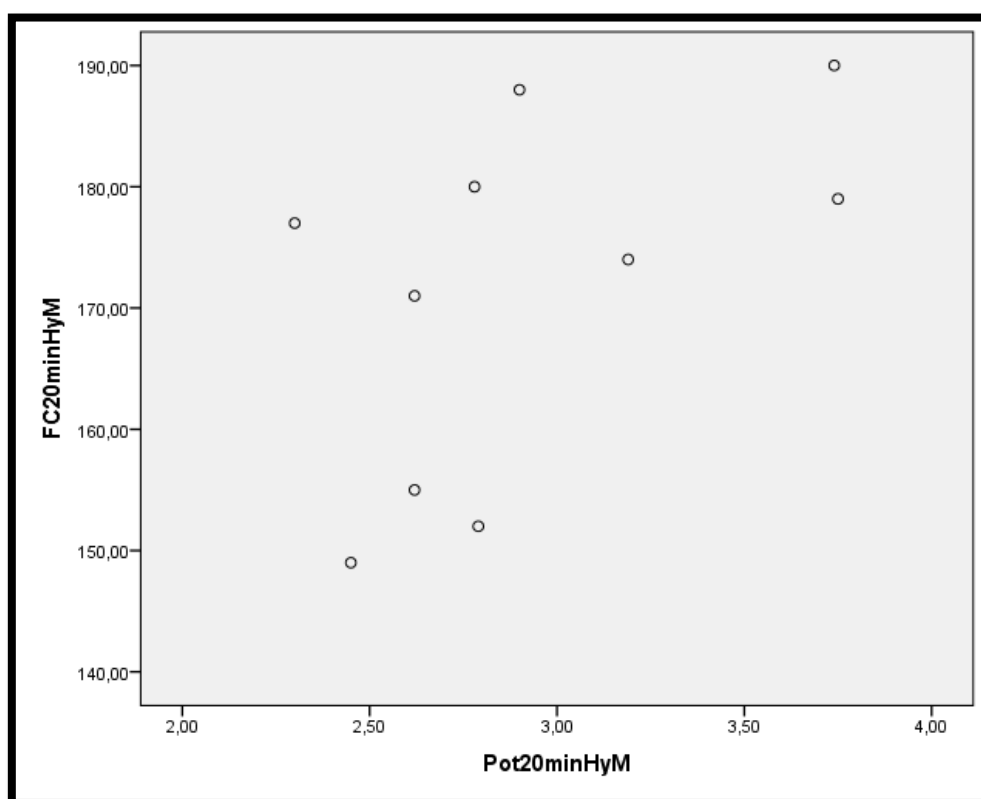


Figura 58 Diagrama de dispersión para la frecuencia cardiaca y potencia en 20 minutos para hombres y mujeres

Tabla 17

Correlación entre frecuencia cardiaca y la potencia para hombres por prueba

5 segundos	1 minuto	5 minutos	20 minutos
0.87	0.49	0.81	0.69

Tabla 18

Correlación entre frecuencia cardiaca y la potencia para hombres y mujeres por prueba

5 segundos	1 minuto	5 minutos	20 minutos
0.716	0.199	0.462	0.535

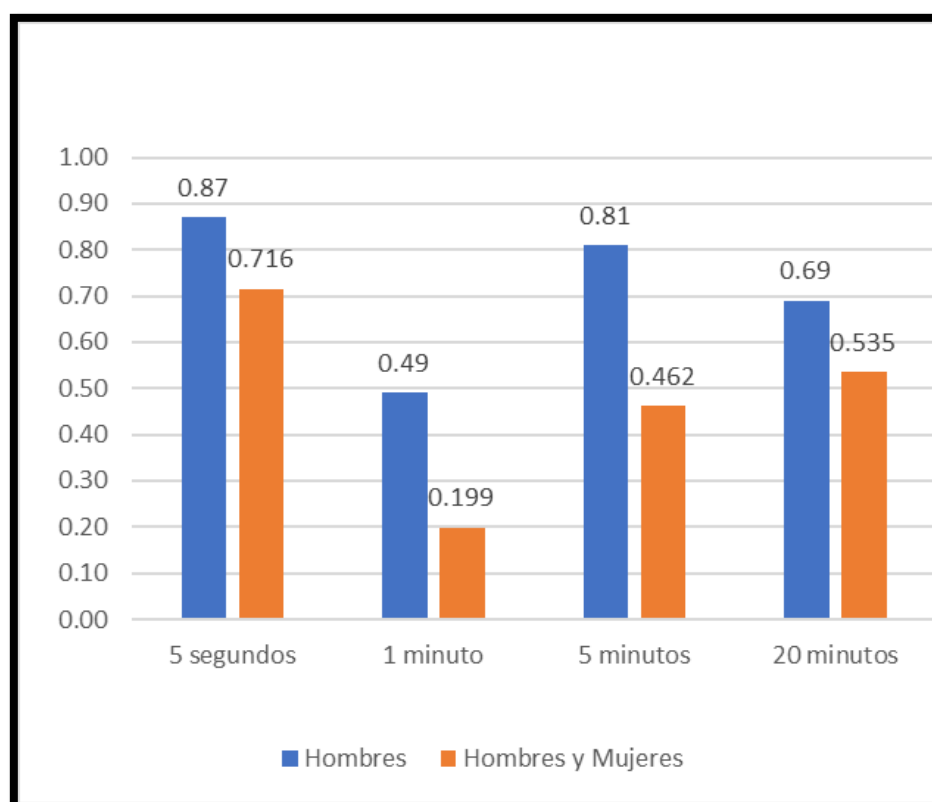


Figura 59 Correlación entre la frecuencia cardiaca y la potencia relativa por prueba para hombres y mujeres

VI Discusión

La muestra de triatletas que conformaron el estudio fue de 10 personas, 8 hombres y 2 mujeres.

En cuanto a hombres, la edad promedio fue 16 años y 6 meses $\pm$ 1 año 8 meses , IMC de 21.50 $\pm$ 1.95 que corresponde a una relación entre el peso y talla adecuada lo que se debe a que la muestra pertenece a jóvenes deportistas; la talla de 170 $\pm$ 5 centímetros es superior al promedio del Perú para hombres (165 centímetros), por lo que se debe a que son jóvenes deportistas de clase media- media alta y por ello tiene una buena alimentación y mejores condiciones de vida; aunque al tratarse de adolescentes puede ser que en un futuro cercano alcancen mayor altura, sin embargo si se tiene en cuenta la desviación estándar está muy cerca del promedio del Perú. Además de tener 35 meses y 23 días $\pm$ 20 meses y 6 días de práctica de triatlón.

Lo que respecta a mujeres, su edad promedio corresponde a 19 años $\pm$ 2 año 10 meses; el IMC fue de 24.48 $\pm$ 4.49, estando dentro de los parámetros normales aunque casi en el límite superior , esto se debe a que un individuo tiene un IMC alto(27.6) y el tamaño de la muestra no es grande; la talla corresponde a 159 $\pm$ 7 centímetros, también es mayor al promedio nacional (1.52 metros) debiéndose a los mismos motivos de los hombres aunque en el caso de las mujeres ya son adultas por lo que su talla puede ser la definitiva.

Mientras que lo correspondiente a la potencia de ciclismo para hombres los valores hallados son 8.52 $\pm$ 3.33, 4.96 $\pm$ 1.11, 3.84 $\pm$ 0.46, 3.03 $\pm$ 0.49 vatios por kilo para 5 segundos, 1 minuto, 5 minutos y 20 minutos, para mujeres se encontraron los siguientes valores 4.82 $\pm$ 0.06, 3.67 $\pm$ 0.18, 2.91 $\pm$ 0.22 y 2.46 $\pm$ 0.22 vatios por kilo para los tiempos ya señalados anteriormente.

En lo que respecta a hombres estos datos revelan bajos valores en 5 segundos que se refiere a la capacidad anaeróbica aláctica, esto se explica porque los triatletas basan sus entrenamientos en trabajos aeróbicos por el mismo motivo también se observa lo mismo en los vatios por 1 minuto que indica la capacidad anaeróbica láctica. Sin embargo, se observa una mejora en lo que respecta a los vatios promedio por kilo en 5 minutos que señala la capacidad de trabajo en máximo consumo de oxígeno, esto es un reflejo de los trabajos que realizan los triatletas que centran sus sesiones de entrenamientos en trabajos aeróbicos, por esta misma razón los valores de 20 minutos puntúan mejor en la escala de Allen.

Incluso teniendo estas consideraciones, los valores promedio de potencia son bajos en comparación con valores de ciclistas de la misma categoría. Si bien es cierto que no hay muchos trabajos específicos de la potencia de ciclismo de triatletas y de por sí los triatletas al tener que realizar tres deportes (natación, ciclismo y atletismo), muestran menor rendimiento promedio en cada deporte en comparación de los deportistas especializados de cada disciplina, lo que explica estos resultados.

El perfil de potencia del 87.50 % de los triatletas corresponde a un contrarrelojista o escalador, solo 1 triatleta (12.50 %) tiene un perfil de todoterreno, este caso es una excepción propia de cada organismo y su genética, además su perfil no está del todo definido pues destaca en capacidad anaeróbica aláctica pero aun así en comparación de otros deportistas ese valor es bajo, también se debe de tomar en cuenta que es un deportista joven (16 años) en formación y que el perfil de potencia no es algo estático ni se debe de tomar como algo rígido que encasille a un deportista con un tipo de perfil. Un ciclista puede ser un excelente escalador y a la vez tener una excelente velocidad o una gran capacidad anaeróbica, aunque son pocos los casos y muy puntuales; por ello los perfiles de potencia se realizan en base al promedio de ciclistas.

Respecto a las mujeres, tienen un perfil muy parecido al de los hombres y sus puntuaciones respecto a cada tiempo de trabajo son similares. Aquello también se explica por su tipo de entrenamiento. En lo que respecta a valores de potencia internacionales, hay pocos estudios de ciclistas femeninas y menos aún de triatletas femeninas, pero aun así evaluando estos valores con la tabla de Allen y Coogan (Allen & Coggan, 2014) son bajos, ello también por los mismos motivos de los hombres. Por lo que se observa que el cien por ciento de las mujeres tiene un perfil de potencia de contrarrelojista o escaladora.

Respecto a la relación porcentual entre la potencia producida en 20 minutos y 5 minutos, fue de 78.91 % para hombres y 84.54% para mujeres. Lo cual se corresponde a lo señalado en el marco teórico que señala una relación de entre el 80 a 85% entre ambas potencias.

Esto también indica que los triatletas pudieron mantener una elevada intensidad de ejercicio en la prueba de 20 minutos, que demuestra una preparación adecuada y una buena capacidad aeróbica, además de esforzarse al límite de sus capacidades en ambas pruebas.

En cuanto a la frecuencia cardíaca, para los hombres el promedio que se halló en el tiempo de 5 segundos fue 146.75 $\pm$ 21.50 latidos por minuto, analizando de manera más detallada se observó que la frecuencia cardíaca al comenzar la prueba era similar al promedio de la prueba pues el tiempo de esfuerzo fue muy corto y apenas dio tiempo de que se eleve la frecuencia cardíaca y esta fue similar a la de la prueba, lo que evidenció que la activación previa ayudó a este aumento de frecuencia cardíaca y también por la activación del sistema nervioso simpático al conocer que ya se acercaba el primer esfuerzo.

Referente a la frecuencia cardíaca promedio de los hombres en la prueba de 1 minuto fue de 160.13 ± 15.76 latidos por minuto, se observó una elevación en comparación de la prueba de 5 segundos. Debido al aumento de lactato y la necesidad de que el corazón lata más rápido para cubrir las necesidades energéticas.

Al evaluar la frecuencia cardíaca promedio de 5 minutos en hombres, esta fue de 170.38 ± 15.61 latidos por minuto. Ya se observó una elevación considerable de la frecuencia cardíaca, dada la alta producción de lactato y la necesidad de aumentar el gasto cardíaco por lo cual el organismo se ve en la necesidad de que el corazón lata más deprisa, además de por la elevada necesidad de glucosa y oxígeno.

Sin embargo, en la potencia referida a los 5 minutos, al ser esta indicativa del máximo consumo de oxígeno, se observa que es igual o incluso menor que en la prueba de 20 minutos. Esto se debe que la frecuencia cardíaca sirve para indicar la intensidad del ejercicio, pero cuando la intensidad del ejercicio rebasa el máximo consumo de oxígeno, la frecuencia cardíaca no es tan buen indicador de la intensidad.

La frecuencia cardíaca promedio en el Test de 20 minutos fue de 170.88 ± 16.50 latidos por minuto, se explica porque al ser la prueba más extensa y la última en realizarse, el organismo al estar con algún grado de deshidratación, el volumen sanguíneo se ve disminuido y necesita compensar esto haciendo que el corazón aumente su frecuencia para poder llevar el oxígeno y glucosa necesario para cubrir las demandas energéticas derivadas de la intensidad del ejercicio. Así pues, se observó en los triatletas que comienzan la prueba con una frecuencia cardíaca base y esta va aumentando hasta llegar a una meseta para luego quizá producto de la deshidratación el corazón se vio en la necesidad de aumentar su frecuencia para mantener la intensidad de ejercicio, además el aumento de temperatura corporal estimula la actividad del sistema nervioso simpático por ende el aumento de la frecuencia cardíaca y del incremento de lactato.

Así mismo en las mujeres se halló la frecuencia cardíaca promedio para 5 segundos, 1 minuto, 5 minutos y 20 minutos que fue 151 ± 7.07 , 173 ± 11.31 , 174.5 ± 6.36 y 174 ± 4.24 respectivamente. Lo que muestra que presentan mayor frecuencia cardíaca para cada prueba en comparación con los hombres. Se sabe que el corazón de la mujer late más rápido respecto a los hombres, ello por el menor tamaño de este en comparación con sus cuerpos y el aumento de demanda de oxígeno y glucosa por lo que el corazón debe de latir aún más rápido. Sin embargo, el que sólo se pudo evaluar a dos chicas, hizo un tamaño de muestra muy pequeño y no se pudieron sacar mayores conclusiones. La elevación de la frecuencia cardíaca en cada prueba corresponde a motivos similares que los hombres.

Por otro lado, en hombres se halló una correlación de 0.87 en la prueba de potencia de 5 segundos y la frecuencia cardíaca del esfuerzo en esta, lo que significa que tienen una correlación muy alta. A pesar de que, en esfuerzos anaeróbicos alácticos, la frecuencia cardíaca no sirve de referencia para medir esta intensidad, la correlación se debe a que en los segundos previos el triatleta iba aumentando la intensidad del ejercicio, también a la activación del sistema nervioso simpático producto de la ansiedad y estrés de ser la primera prueba que se realizó.

Respecto a la prueba de 1 minuto, se observó una moderada correlación (0.49) entre la potencia producida y la frecuencia cardíaca. Debiéndose a que intensidades superiores al 50-60% del consumo máximo de oxígeno, la frecuencia cardíaca no es una manera exacta de medir la intensidad del ejercicio. En el caso de los hombres la potencia producida en 1 minuto está por encima del 120 por ciento de la producida en 5 minutos, que es la que se relaciona al consumo máximo de oxígeno.

En la prueba de 5 minutos, se observó una correlación de 0.81, es decir muy alta. Se debe a que está relacionada con el consumo máximo de oxígeno y no ser una prueba

muy larga. La intensidad de esta prueba se acerca en mayor medida que la anterior al 40-60 por ciento del VO_{2max} , por lo que al pedalear cerca al VO_{2max} fue necesario que el corazón aumente su frecuencia y al ser esta una prueba relativamente corta, no se ve afectada en gran medida por la deshidratación ni el aumento de temperatura.

En cuanto a la prueba de 20 minutos, se halló una correlación de 0.69, que se interpreta como una correlación alta. Esto se explica por la alta demanda de oxígeno y glucosa que se necesita y por ende la necesidad de aumentar la frecuencia cardíaca, sin embargo, esta es menor que en la prueba de 5 minutos. Esto se debe por la menor intensidad del ejercicio.

En el caso de las mujeres, dado su escaso número (solo 2); no se puede realizar la correlación. Sin embargo, esta se hizo agrupando los datos de frecuencia cardíaca y potencia para las 4 pruebas (5 segundos, 1 minuto, 5 minutos y 20 minutos) de los hombres y las mujeres.

Por lo que se halló para la prueba de 5 segundos una correlación de 0.716. Lo que indica una alta correlación, pero muestra un descenso de esta comparándola a la hallada en el grupo de solo hombres. Esto se debe que las mujeres producen menos potencia que los hombres en comparación.

Para la prueba de 1 minuto, la correlación fue de 0.199. Siendo una correlación baja o débil. Este descenso en la correlación se debe a que en las mujeres se eleva su frecuencia cardíaca pero la potencia no se eleva de manera tan pronunciada como en los hombres.

En la prueba de 5 minutos, se halló una correlación moderada (0.462). Este fuerte descenso de la correlación, se debe que las mujeres producen menor potencia en comparación de los hombres por un menor consumo de oxígeno.

Por otro lado, en la prueba de 20 minutos. Se observa una correlación moderada (0.535). Lo que una vez más revela que las mujeres producen menos potencia que los hombres. Si bien es cierto no produce una caída muy diferenciada de la potencia comparándola al grupo de solo hombres, lo que indica que las mujeres producen menos potencia que los hombres, pero esta diferencia no es tan marcada como en la prueba de 5 minutos, lo que refleja una mejor capacidad aeróbica en las mujeres.

VII Conclusiones y recomendaciones

Conclusiones

Primera: La hipótesis general establece que existe relación entre el perfil de potencia y la frecuencia cardíaca de los triatletas de un equipo de triatlón de Lima, en tal sentido se concluye que existen correlaciones para cada prueba, no siendo esta mayor en las pruebas de más esfuerzo, por lo tanto, se comprueba la hipótesis.

Segunda: La primera hipótesis específica establece que el perfil de potencia funcional presenta diferentes valores en los triatletas de un equipo de triatlón de Lima. Por lo tanto, esta hipótesis se comprueba. Siendo la prueba en la que más destacan los triatletas hombres la de 5 minutos, luego la de 20 minutos.

Tercera: La segunda hipótesis específica establece que la frecuencia cardíaca varía en cada individuo en función de la intensidad y tiempo de trabajo de los triatletas de un equipo de triatlón de Lima. En tal sentido, la hipótesis se demuestra, ya que halló diferentes frecuencias cardíacas para prueba en cada triatleta.

Cuarta: En base a los hallazgos el perfil de potencia más común en los triatletas hombres fue el de escalador o contrarrelojista (87.50%), se halló únicamente un triatleta (12.50%) de perfil “todoterreno”. Mientras que en el 100% de mujeres se halló el perfil de escaladora o contrarrelojista.

Recomendaciones

- Realizar en forma periódica, mensual o bimestral, el Test de perfil de potencia.
- Hacer entrenamientos específicos utilizando potenciómetros para mejorar los distintos puntos del perfil de potencia, sobre todo los que interesan más a un triatleta (5 y 20 minutos).
- Utilizar el pulsómetro en los entrenamientos y competencias, para conocer el comportamiento de la frecuencia cardíaca según el tiempo y la intensidad del ejercicio.
- Hacer nuevas investigaciones en triatletas que permitan tener mayor base científica para el desarrollo de este deporte.
- Desarrollar el triatlón para aumentar los practicantes en los adolescentes, construyendo más centros de entrenamiento.
- Implementar laboratorios en las Universidades y en Centros de Alto Rendimiento de Fisiología del ejercicio para realizar investigaciones.

Referencias

- Agudelo Velásquez, C. (2018). Perfil de potencia de un equipo profesional de ciclistas ruterros. *VIREF Revista De Educación Física*, 6(4), , 160-170.
- Ahumada, F. (2021). Fisiología del entrenamiento. Conceptos básicos. Medicina y fisiología aplicada al ciclismo.
- Ahumada, F., & Tur, C. (11 de 03 de 2021). Endurance group. Obtenido de <https://blog.endurancegroup.org/perfil-fisiologico-y-de-rendimiento-de-ciclistas-de-ruta-y-mountain-bike/>
- Ahumada, F., & Tur, C. (07 de mayo de 2021). Endurance group. Obtenido de <http://blog.endurancegroup.org/predictores-de-rendimiento-en-los-deportes-de-resistencia/#:~:text=Hay%20consenso%20en%20que%20los,.%2C%20utilizaci%C3%B3n%20fraccional%20y%20econom%C3%ADa.>
- Ahumada, F., Tur, C., & Sola, J. (2021). Endurance Group. Aplicaciones del modelo de potencia crítica para el seguimiento del proceso de entrenamiento. España. Obtenido de <https://et.endurancegroup.org/et-academy/my-courses>
- Alcalde Gordillo, Y. (2011). Ciclismo y rendimiento. Madrid: tutor.
- Algarra, J., & Gorrotxategi, A. (2012). El entrenamiento en el ciclismo de ruta. biocorp.
- Allen, H. (10 de julio de 2019). International Endurance Group. Obtenido de International Endurance Group: <http://blog.endurancegroup.org/que-es-la-ftp-o-potencia-umbral-funcional/>
- Allen, H., & Coggan, A. (2014). Entrenar y correr con potenciómetro. Badalona: Paidotribo.
- Apta Vital Sport. (2021). Obtenido de <https://aptavs.com/articulos/umbrales-ventilatorios#>
- Barceló, M. (2002). G-SE. Obtenido de <https://g-se.com/la-acidosis-lactica-en-los-deportistas-189-sa-f57cfb27113f22>
- Billat, V. (2002). Fisiología y metodología del entrenamiento. Barcelona: Paidotribo.
- Burke, L., & Hawley, J. (26 de noviembre de 2021). Endurance Group. Obtenido de <https://blog.endurancegroup.org/mas-veloz-mas-alto-mas-fuerte-que-hay-en-el-menu/>
- Carabantes Pérez, A. (2015). Variación de los parámetros de rendimiento en diferentes categorías a lo largo de una temporada ciclista. Elche, Valencia, España.
- Coogan, A. (30 de junio de 2017). G-SE. Obtenido de <https://g-se.com/entrenamiento-individualizad-que-por-que-y-como-son-los-nuevos-ilevels-bp-0595614a61197e>
- Corsini, R. (2021). Medicina y fisiología aplicada al ciclismo. Variabilidad de la frecuencia cardiaca. Endurance Group.
- Cortado, N. (2017). Análisis del sector de ciclismo en Ironman. Parámetros coincidentes de rendimiento a nivel profesional y de grupos de edad. España.

- de Lucas Rogero, I., Fernández Alba, J., & Carabantes, A. (22 de febrero de 2022). Federacion Madrileña de ciclismo. Obtenido de <https://fmciclismo.com/index.php/es/smartweb/seccion/noticia/madrid/FORMA-CIoN/47345-Perfil-de-potencia-record-en-ciclismo-Valores-de-referencia-en-categorias-inferiores>
- Dominguez, R. (06 de enero de 2021). [blog.endurancegroup.org](https://blog.endurancegroup.org/que-es-el-mlss/). Obtenido de <https://blog.endurancegroup.org/que-es-el-mlss/>
- El ultimo triatleta. (2020). Obtenido de <https://elultimotriatleta.com/mejores-medidores-potencia-ciclismo/>
- Freire, C., & Ojeda, R. (2016). Aplicación de la cineantropometría y biomecánica deportiva en etapas formativas y de especialización en el ciclismo para optimizar su rendimiento. Cuenca, Ecuador.
- Friel, J. (2011). Manual de entrenamiento del ciclista. Badalona: Paidotribo.
- Friel, J. (2018). La biblia del triatleta. Madrid: Paidotribo.
- García-López, J. (2010). Biomecánica aplicada al ciclismo . Biomecánica aplicada al ciclismo . España.
- García-Verdugo, M. (2018). El entrenamiento de resistencia basado en zonas o áreas funcionales . El modelo Dipper. Madrid: Paidotribo.
- García-Verdugo, M. (2018). El entrenamiento de resistencia basado en zonas o áreas funcionales. El modelo Dipper. Madrid: Paidotribo.
- Gómez, V. (2016). Test de campo en ciclismo para determinar rendimiento y zonas de entrenamiento mediante el uso de potenciómetro. España.
- GPS sports. (2021). Obtenido de <https://www.gpssports.es/gps-ciclismo/>
- Hans van Dijk, R. v. (2017). EL secreto del ciclismo. Lima: Paidotribo.
- Heredia, J. (31 de Julio de 2014). G-SE. Obtenido de <https://g-se.com/acido-lactico-el-enemigo-incomprensido-y-o-inexistente-bp-s57cfb26d8e350>
- Historia del deporte. (2019). Obtenido de <https://historiadeldeporte.net/deportes-combinados/historia-del-triatlon/>
- Huter-Becker, A. S. (2006). Fisiología y teoría del entrenamiento. Badajona: Paidotribo.
- Lab test. (10 de 12 de 2017). Obtenido de <https://labtestsonline.es/tests/lactato>
- Lillo, J. (febrero de 2019). Protocolos y Herramientas para la Valoración y Programación del ciclista: Tiempos límite y Test de Estimación del Máximo Estado Estable. Murcia, Murcia, España.
- Lillo, J. (febrero de 2019). Protocolos y Herramientas para la Valoración y Programación del Ciclista: Tiempos Límite y Test de Estimación del Máximo Estado Estable. Murcia, Murcia, España.

- López, J.; Fernández, A. (2006). Fisiología del ejercicio. Madrid: Médica Panamericana.
- López, J. (2020). Umbral láctico parte II-aplicaciones prácticas. España.
- Matthew, Gavin, Moir, & Stannard, S. (2015). g-se. Obtenido de g-se: <https://g-se.com/validez-de-utilizar-el-umbral-de-potencia-funcional-y-la-potencia-intermitente-para-predecir-los-resultados-de-una-competencia-de-mountain-bike-cross-country-1792-sa-h57cfb2724b4fa>
- Mazza, J. (1997). G-SE. Obtenido de <https://g-se.com/cido-lactico-y-ejercicio-parte-i-130-sa-p57cfb27106bd2>
- Montesdeoca, S., García- Manso, S., Martín-González, J., Medina, J., Calderon, G., & Rodriguez Ruiz, D. (2009). Análisis tiempo-frecuencia de la variabilidad de la frecuencia cardiaca . Durante la aplicación de un esfuerzo incremental en ciclistas. España.
- Moreno, D. (10 de marzo de 2019). Tare4s. Obtenido de <https://tare4s.wordpress.com/2019/03/10/capitulo-xiv-vision-general-de-la-circulacion-biofisica-de-la-presion-el-flujo-y-la-resistencia/>
- Niño, W., & Herrera, G. (2020). Correlación entre el umbral de potencia funcional (FTP) y el umbral de lactato en los ciclistas del equipo "Boyacá es para vivirla". Salud, historia y sanidad On-line, 11-15.
- Pasoclave.com. (07 de diciembre de 2018). Obtenido de <https://www.pasoclave.com/lactato-acido-lactico-fatiga-resistencia/>
- Pentón, J., Padillas, A., Lara, D., Zaballa, M., Calero, S., & Vaca, M. (2018). Estudio del umbral anaeróbico en ciclistas, categoría 14-15 años. Revista Cubana de Investigaciones Biomédicas.
- Riusec. (9 de marzo de 2021). Obtenido de <https://www.riusec.com/acido-lactico-y-limites-lt1-lt2/>
- Roig, J. (septiembre de 2018). Efecto del entrenamiento de la fuerza y su relación con el perfil de potencia de ciclismo. España.
- Sánchez, A. (2014). Ácido láctico y rendimiento físico.
- Sanchis, C. (22 de abril de 2018). International Endurance Group. Obtenido de <http://blog.endurancegroup.org/conceptos-de-entrenamiento-potencia-umbral-funcional-o-ftp/>
- Torres, V. (2016). Consumo de oxígeno, potencia, frecuencia cardiaca y potencia, frecuencia cardiaca y economía de pedaleo en jóvenes ciclistas y triatletas. España.
- Universidad de Colima. (2021).
- Valenzuela Pedro, M. J. (20 de mayo de 2019). International Endurance Group. Obtenido de <http://blog.endurancegroup.org/es-el-ftp-un-sustituto-valido-del-umbral-de-lactato/>

- Van Bon, M., & Vroemen, G. (2018). Power speed profile: Performance model for road cycling. *Sportgericht* 5, 8-15.
- Van Bon, M., & Vroemen, G. (2018). Power Speed Profile: Performance model for road cycling. *Sportgericht* 6 , 2-8.
- Vázquez, J. (2019). Planeta Triatlón. Obtenido de <https://www.planetatriatlon.com/vatios-gomez-noya-wurf-sanders/>
- Viribay, A. (19 de enero de 2020). GLut4science. Obtenido de <https://glut4science.com/publicaciones/fisiologia-del-ejercicio/lactato-mucho-mas-metabolito-glucolisis-lactohormona-fisiologia/69>
- Zapico, A., Benito, P., Díaz, V., Ruiz, J., & Calderón, F. (2014). Perfil de la frecuencia cardíaca en triatletas altamente entrenados. *Revista Internacional de Medicina y Ciencias*, 619-632.

Anexos

1.- Matriz de consistencia

PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES	METODOLOGÍA	POBLACIÓN Y MUESTRA	INSTRUMENTOS
Problema general: ¿Cuál es la relación entre el perfil de potencia de ciclismo y la frecuencia cardíaca en triatletas de Lima? Problemas específicos: ¿Cuál es el perfil de potencia de ciclismo en triatletas de Lima? ¿Cómo varía la frecuencia cardíaca a distintas intensidades y tiempos de cargas de trabajo de ciclismo?	Objetivo general Determinar la relación entre el perfil de potencia de ciclismo y la frecuencia cardíaca en triatletas de Lima. Objetivos específicos • Evaluar el perfil de potencia de ciclismo en triatletas de Lima. • Evaluar como varía la frecuencia cardíaca a distintas intensidades y tiempos de trabajo de ciclismo.	Hipótesis general: Existe relación significativa entre el perfil de potencia de ciclismo y la frecuencia cardíaca en triatletas de Lima. Hipótesis específicas: • El perfil de potencia de ciclismo presenta diferentes valores en triatletas de Lima. • La frecuencia cardíaca varía en cada individuo en función de la intensidad y tiempo de trabajo de ciclismo en triatletas de Lima.	Perfil de potencia de ciclismo Frecuencia cardíaca	Tipo: Cuantitativa Método: Descriptiva Diseño: Transversales Correlacional	En este caso se tomará a la totalidad de la población como muestra: Triatletas hombres y mujeres del equipo Wayak a partir de 15 años.	Test de Perfil de Potencia de ciclismo Frecuencia cardíaca por minuto Rodillo de entrenamiento Banda de electrodos Magene Pedales Garmin Vector 2 Bicicleta de carretera Ciclocomputador Bryton 530 Balanza electrónica Lap top

2.- Descripción del Test de Perfil de Potencia

Tabla 19

Protocolo del Test de Perfil de Potencia

Tiempo	Intensidad	Cadencia
2 minutos	Suave	80-90
2 minutos	Media	80-90
1 minuto	Media	100-110
1 minuto	Media	80-90
10 segundos	Máxima	libre
1 minuto	Suave	80-90
1 minuto	Máxima	libre
5 minutos	Suave	80-90
5 minutos	Máxima	libre
15 minutos	Suave	80-90
20 minutos	Máxima	libre
5 minutos	Suave	80-90

Adaptado (Allen & Coggan, 2014)

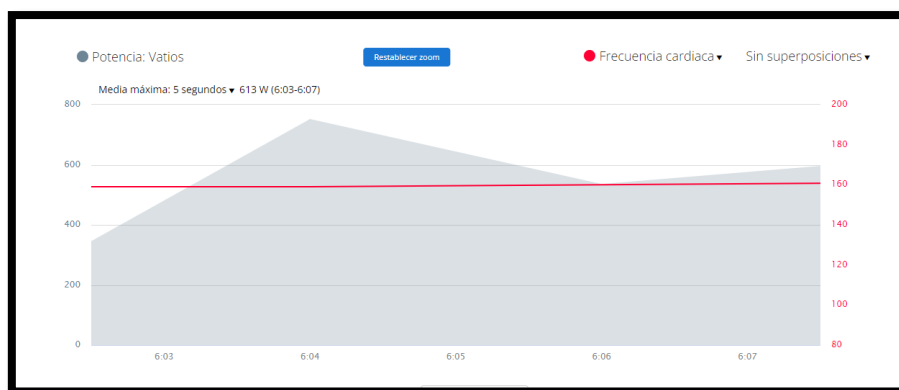
3.-Relación de la potencia y la frecuencia cardiaca con el tiempo de trabajo

En todos los casos la frecuencia cardiaca está indicada por la línea roja y la potencia por el área sombreada de color celeste.

TH (Triatleta hombre), TM (triatleta mujer)

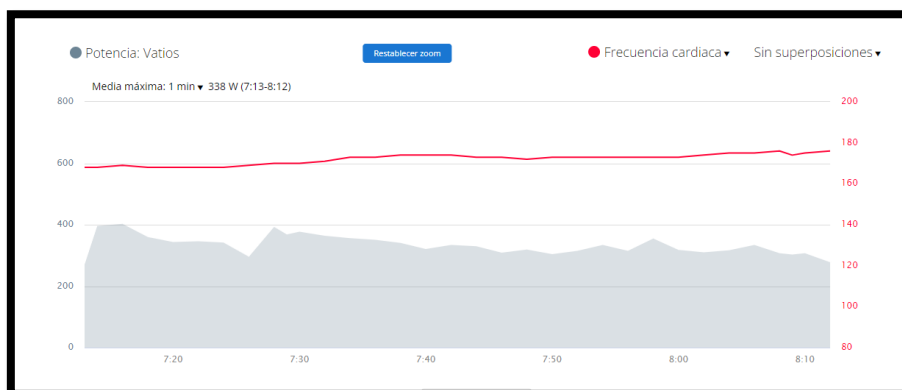
TH1

Prueba de 5 segundos



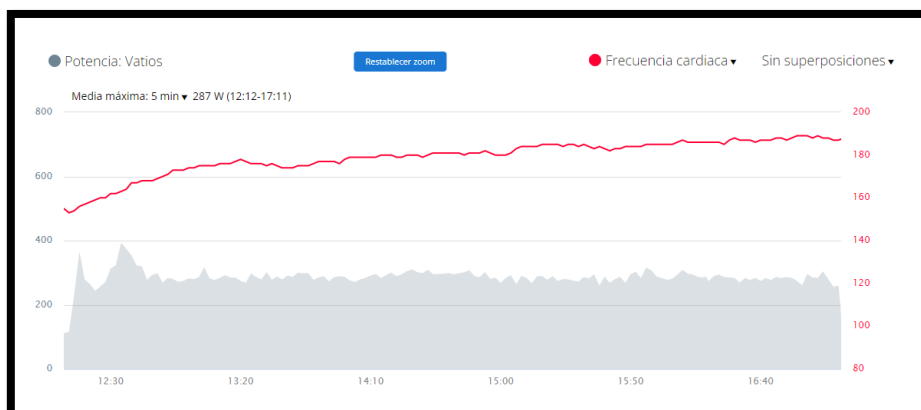
Se puede observar como la frecuencia cardiaca inicia en 160 latidos por minuto y promedia lo mismo, manteniéndose igual y la potencia promedia 613 vatios.

Prueba de 1 minuto



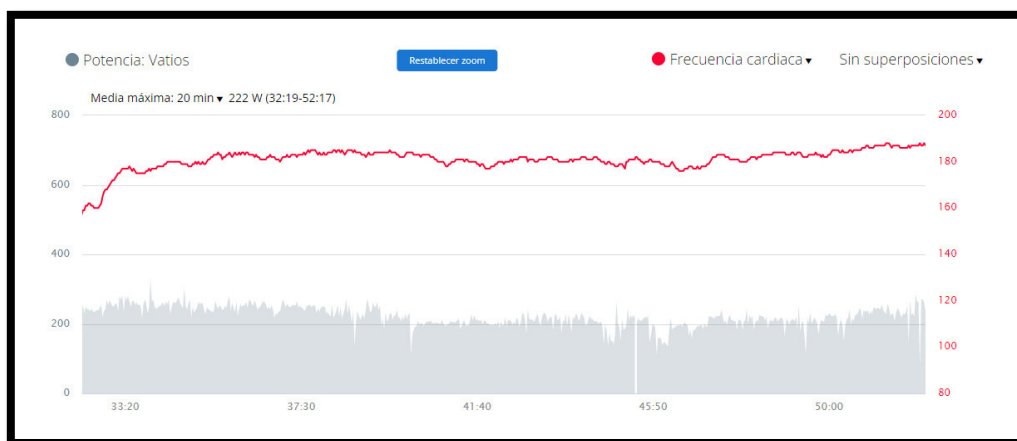
La frecuencia cardiaca inicia en 165 latidos para aumentar hasta casi 180 latidos por minutos para promediar 172 latidos por minuto; la potencia promedia 338 vatios, aunque esta al inicio aumenta rápidamente y en gran medida para luego descender y subir gradualmente y mantenerse en meseta.

Prueba de 5 minutos



La frecuencia cardíaca inicia aproximadamente en 150 latidos por minuto para luego subir hasta más de 180 y promediar 178 latidos por minuto. Así mismo la potencia sube bruscamente para luego descender y aumentar nuevamente súbitamente, luego la potencia vuelve a descender en menos medida y se establece una meseta, para promediar 287 vatios.

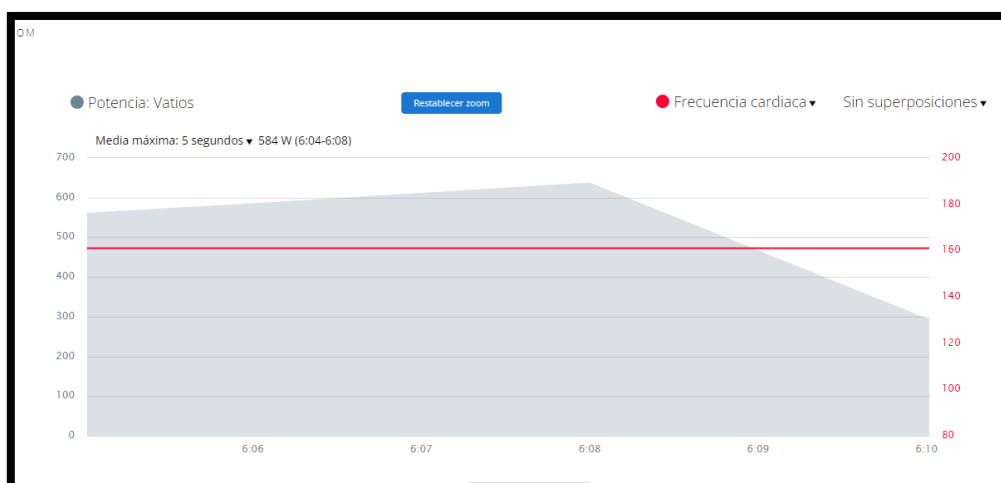
Prueba de 20 minutos



La frecuencia cardíaca inicia en 155 para aumentar gradualmente hasta pasar los 180 latidos por minuto y alcanzar un promedio de 180 latidos por minuto, por otro lado, la potencia inicia en poco más de 200 vatios, para subir y bajar en pequeños picos el resto del tiempo, incluso por breve tiempo cae súbitamente, promediando 222 vatios.

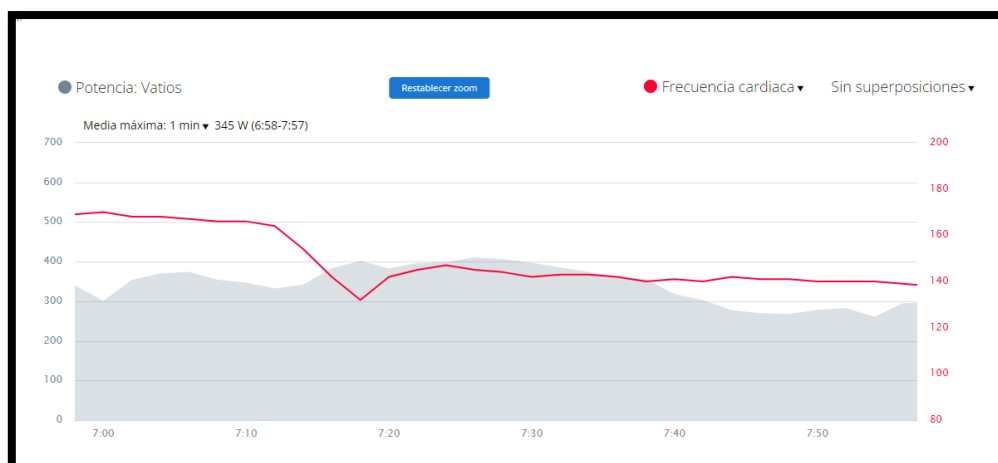
TH2

Prueba de 5 segundos



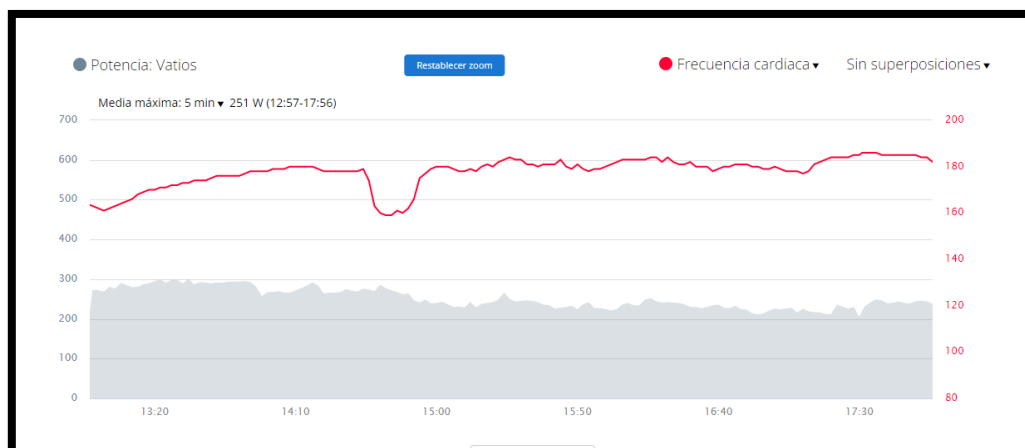
Se puede observar como la potencia inicia por debajo de 600 vatios para luego pasarlos y promediar 584 vatios. Mientras que la frecuencia cardíaca se mantiene estable en torno a 160 latidos por minuto y promedia 161 latidos por minuto.

Prueba de 1 minuto



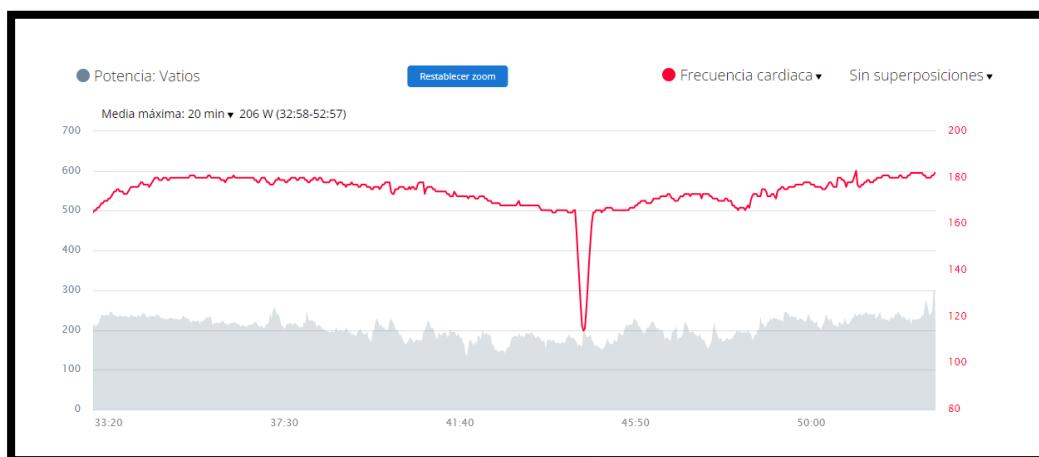
La frecuencia cardíaca inicia por encima de 160 para luego descender y volver a subir hasta 140 latidos por minuto y promediar 148 latidos por minuto. La potencia inicia por encima de 300 vatios, luego desciende levemente y sube gradualmente para luego volver a bajar también de manera gradual y finalmente volver a subir para promediar 345 vatios.

Prueba de 5 minutos



La frecuencia cardíaca inicia en 160 latidos por minuto, sube gradualmente luego desciende por un breve tiempo y luego sube y se mantiene en torno a los 180 latidos por minuto y promediar 178. La potencia por otra parte, inicia en 275 vatios aproximados y luego baja gradualmente para finalmente formarse una meseta y promediar 251 vatios.

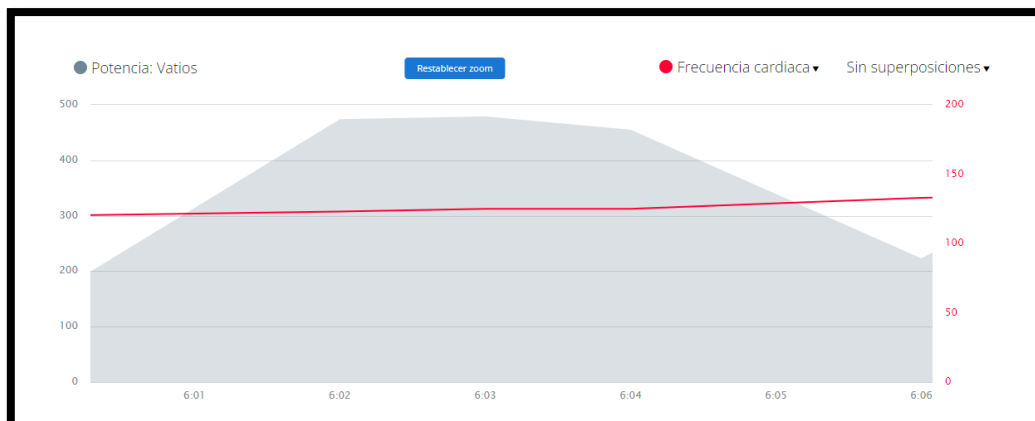
Prueba de 20 minutos



La frecuencia cardíaca inicia en 160 latidos, luego aumenta gradualmente en torno a los 180 latidos por minuto y luego desciende ligeramente, para hacer una meseta y promediar 174. Mientras que la potencia inicia en torno a los 200 vatios, disminuyendo gradualmente y formar una meseta con algunos picos, finalmente tiene un brusco pico final y promedia 206 vatios.

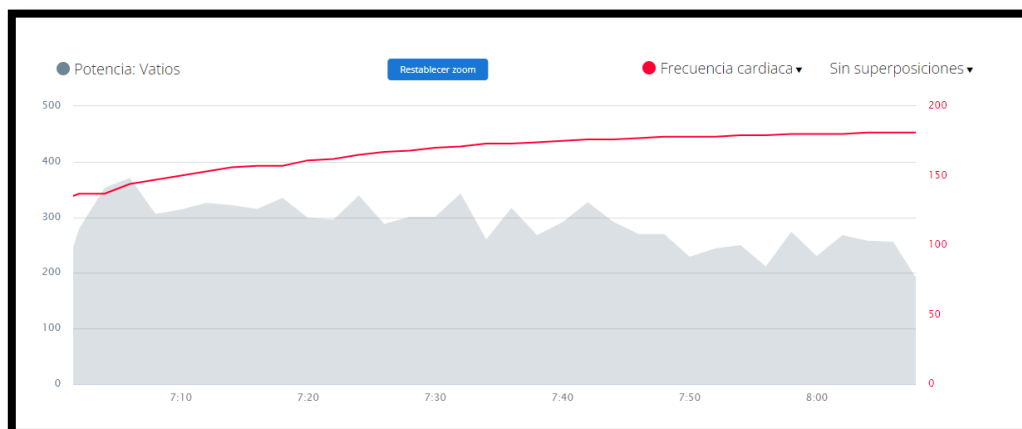
TH3

Prueba de 5 segundos



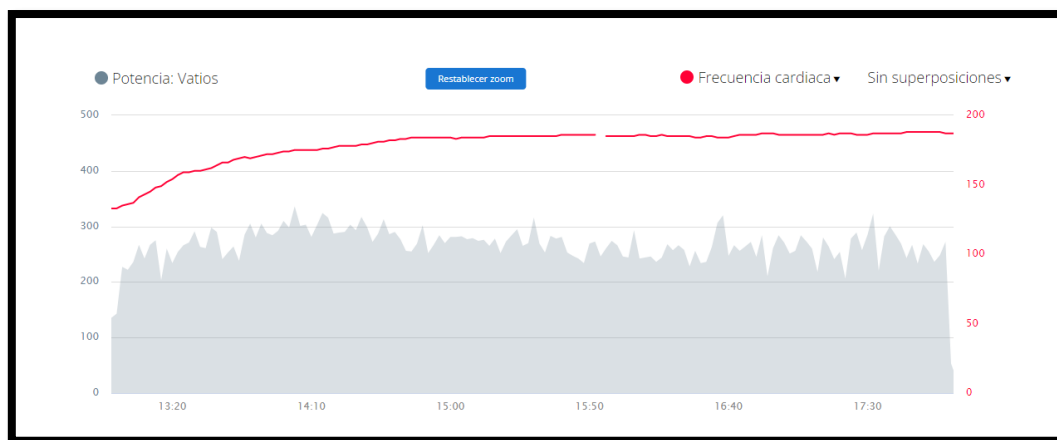
La frecuencia cardíaca promedia 127 latidos , en una meseta y la potencia inicia en poco más de 200 vatios y luego tiene una brusca subida y caída para promediar 418 vatios.

Prueba de 1 minuto



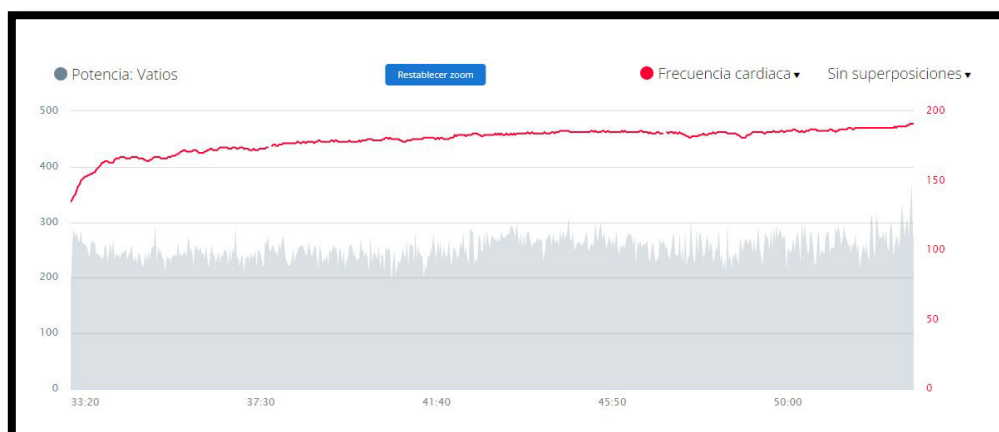
La frecuencia cardíaca inicia en 130 latidos para luego elevarse hasta casi 180, promediando 166 latidos. Mientras que la potencia inicia en 250 vatios y se eleva rápidamente para luego hacer varios picos y promediar 295 vatios.

Prueba de 5 minutos



La frecuencia cardíaca comienza en torno a los 130 latidos por minuto, elevándose hasta pasar los 180 latidos y promediar 179 latidos por minuto. La potencia tiene muchos picos en torno a los 250 vatios para promediar 268 vatios.

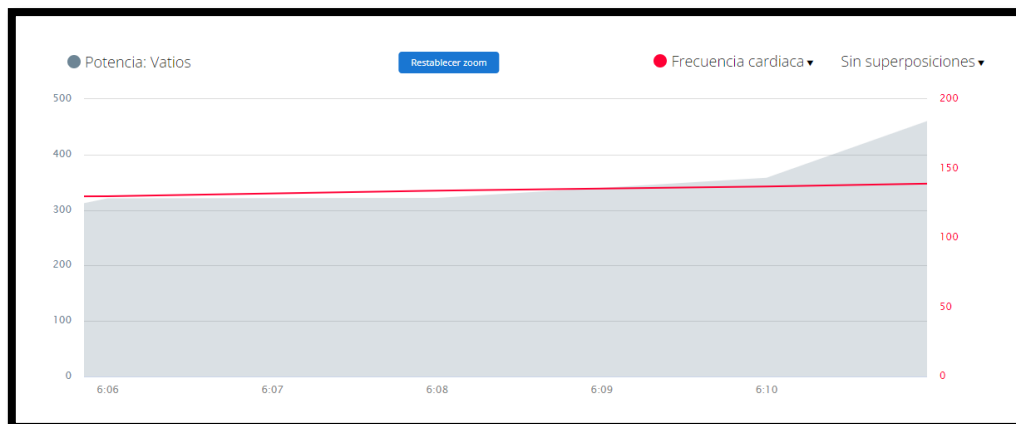
Prueba de 20 minutos



La frecuencia cardíaca inicia alrededor de 130 latidos y luego aumenta gradualmente hasta llegar cerca de los 190 latidos y promediar 179 latidos por minuto. La potencia inicia por encima de 250 vatios, haciendo muchos picos y promediar 256 vatios.

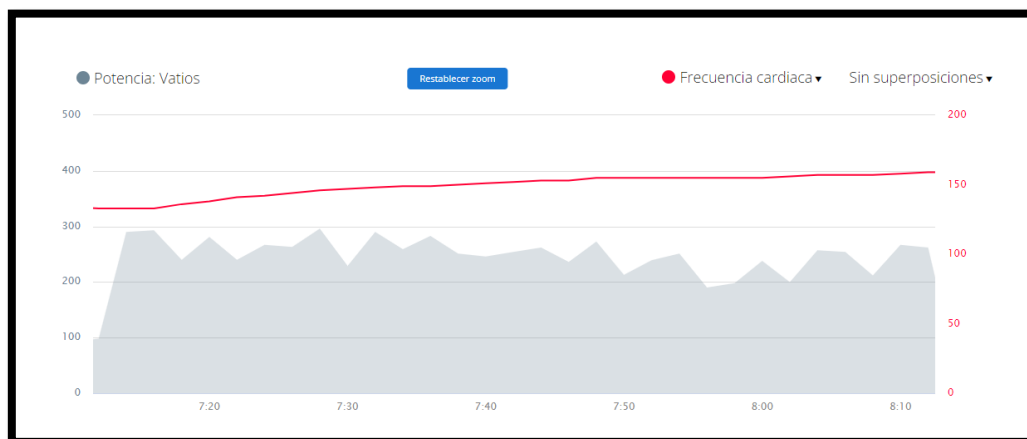
TH4

Prueba de 5 segundos



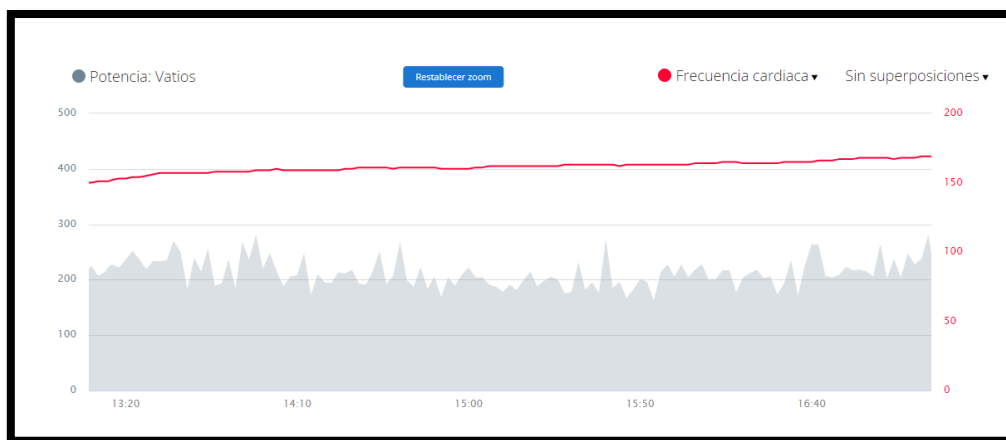
La potencia inicia por encima de 300 vatios y hacer un pico de más de 450 vatios y promediar 392 vatios. La frecuencia cardíaca se mantiene estable y promedia 130 latidos por minuto.

Prueba de 1 minuto



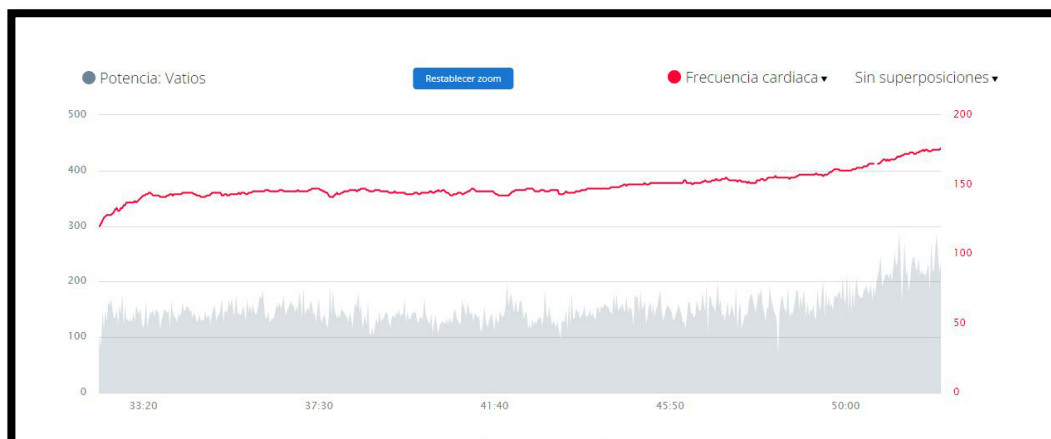
La potencia inicia casi en los 300 vatios y va haciendo picos, para promediar 254 vatios. Mientras que la frecuencia cardíaca promedia 149 latidos por minuto, iniciando en 130 hasta pasar los 150.

Prueba de 5 minutos



La frecuencia cardiaca inicia por debajo de 150 para luego superarlo y promediar 158 latidos por minutos. Así mismo la potencia promedia 213 vatios , haciendo constantes subidas y bajadas de potencia.

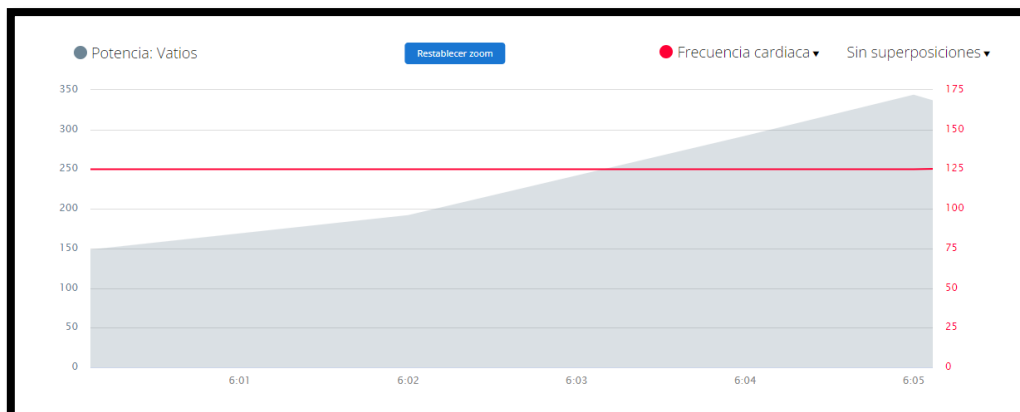
Prueba de 20 minutos



La frecuencia cardiaca inicia en torno a los 125 y luego aumenta gradualmente hasta llegar casi a los 180 latidos por minuto y promediar 149 latidos por minutos. La potencia inicia alrededor de los 150 vatios y hace muchos picos, en la parte final hace picos de casi 300 vatios, para promediar 154 vatios.

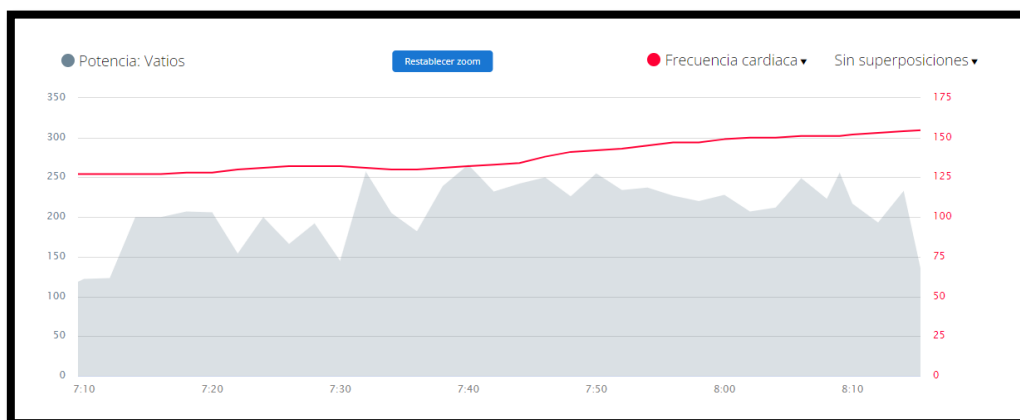
TH5

Prueba de 5 segundos



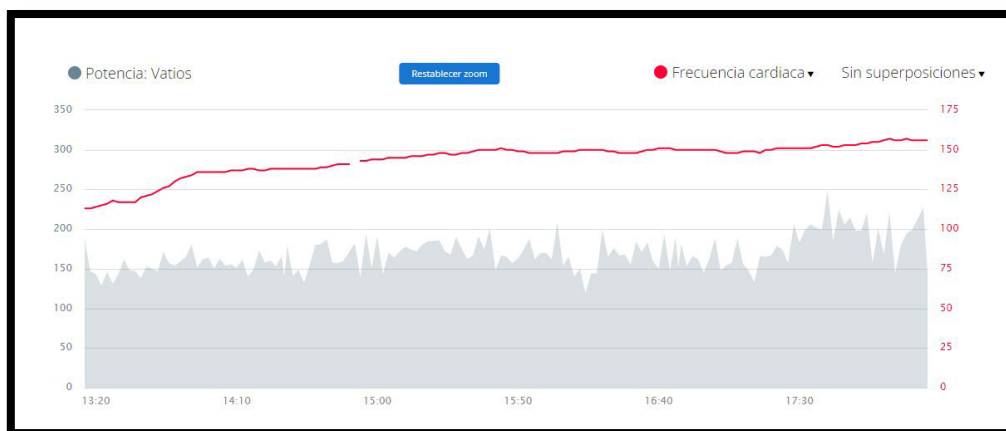
Se observa una súbita subida de la potencia hasta alcanzar un pico y luego inicia su descenso para promediar 305 vatios. La frecuencia cardíaca promedia 127 latidos por minuto.

Prueba de 1 minuto



La potencia inicia en torno a los 125 vatios, sube rápidamente y hace picos hasta hacer una meseta con picos más ligeros, hasta promediar 215 vatios. La frecuencia cardíaca inicia en 125 y aumenta hasta pasar los 150 latidos por minuto y promedia 138 latidos por minuto.

Prueba de 5 minutos



La frecuencia cardíaca inicia en torno a 120 y finaliza por encima de 150 latidos por minuto, finalmente promedia 143 latidos por minuto. La potencia inicia en torno a los 150 vatios y continúa haciendo muchos picos hasta tener un pico final de 250 vatios, para promediar 183 vatios.

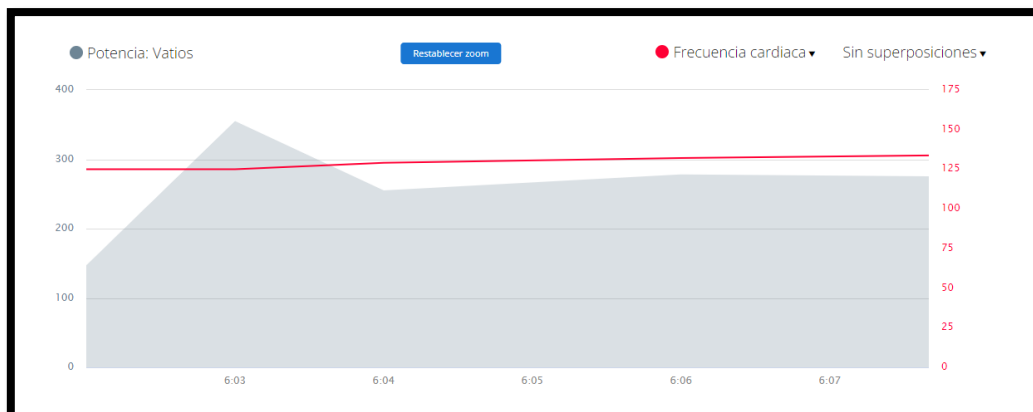
Prueba de 20 minutos



La frecuencia cardíaca inicia por debajo de 125 latidos por minuto, para tener un aumento progresivo y constante hasta superar los 170 latidos y promediar 152 latidos por minuto. La potencia en torno a los 150 vatios, continúa de forma irregular haciendo picos hasta que en los minutos finales los picos superan los 200 vatios y promediar 174 vatios.

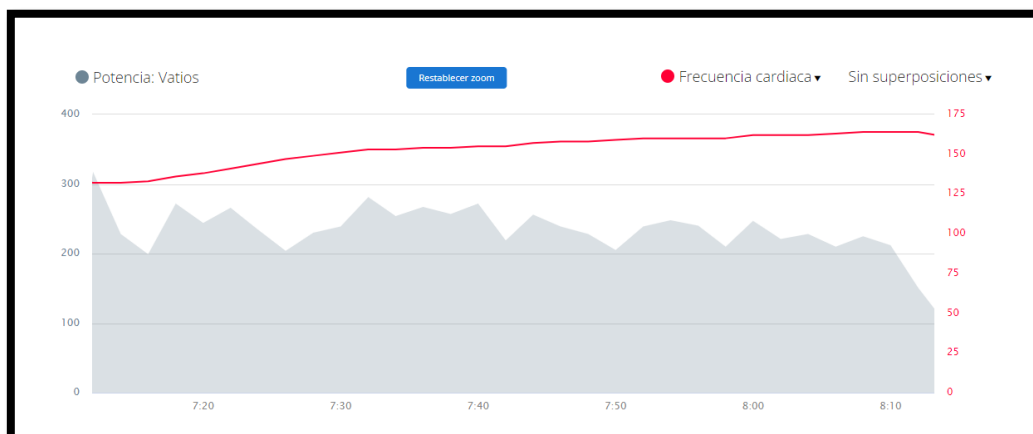
TH6

Prueba de 5 segundos



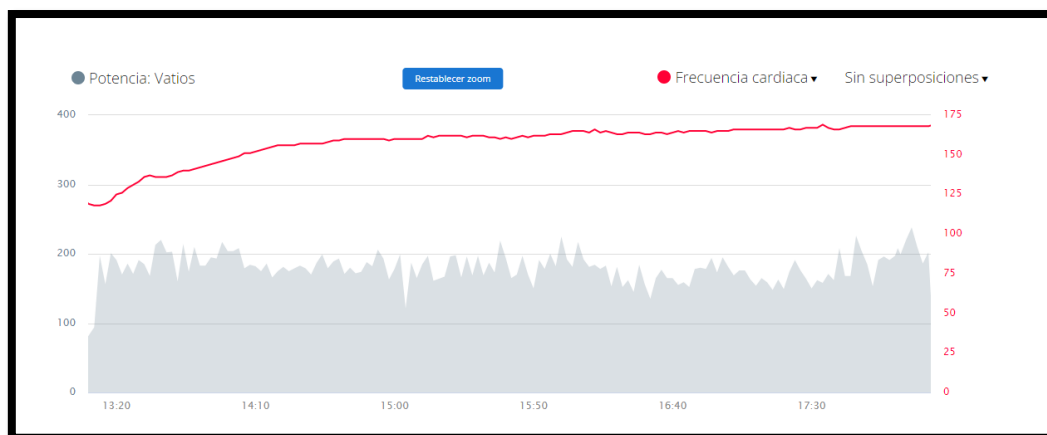
La potencia tiene una fuerte y rápida subida, superando los 300 vatios, luego cae por debajo de 300 y promedia 292 vatios. La frecuencia cardíaca promedia 130 latidos por minuto.

Prueba de 1 minuto



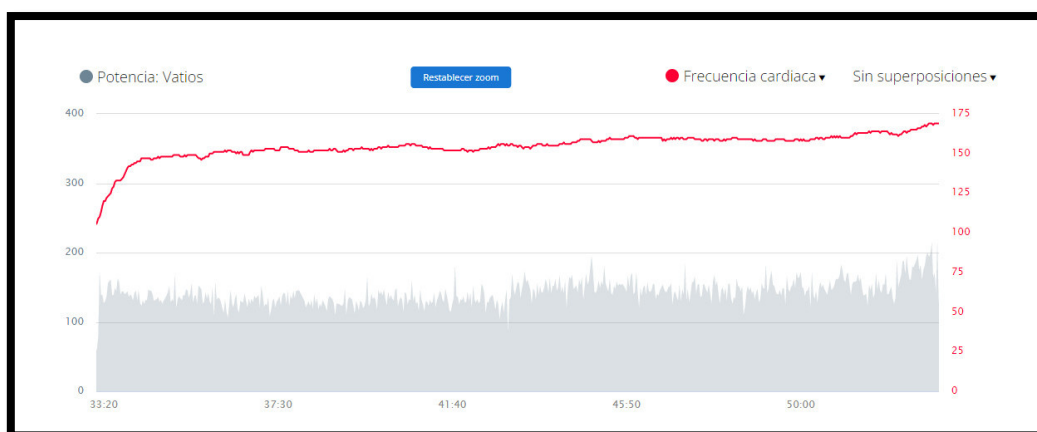
La frecuencia cardíaca inicia en 125 y se eleva por encima de 150 latidos por minuto, para promediar 152. La potencia se eleva por encima de los 250 vatios y luego hace picos, para promediar 238 vatios.

Prueba de 5 minutos



La frecuencia cardíaca inicia alrededor de 125 y aumenta gradualmente hasta pasar los 170 latidos y promedia 143 latidos por minuto. La potencia inicia con un pico que llega a 200 vatios y luego hace varios picos hasta que el pico final supera los 200 vatios y promedia 183 vatios.

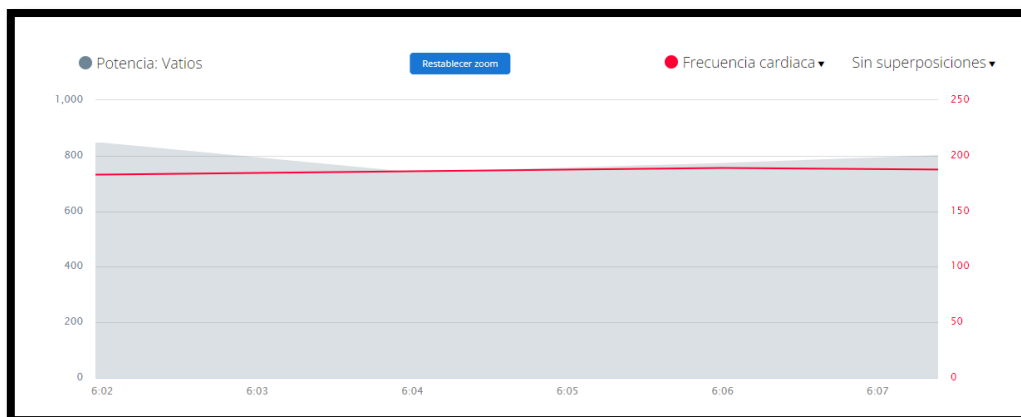
Prueba de 20 minutos



La frecuencia cardíaca inicia por debajo de 125 y sube al inicio hasta 150, para realizar una meseta y en los minutos finales llegar hasta casi los 175 latidos y promediar 155 latidos por minuto. La potencia inicia en torno a los 150 y realiza muchos picos alrededor de esa cifra, para que en los minutos finales hace picos de hasta 200 vatios y promediar 143 vatios.

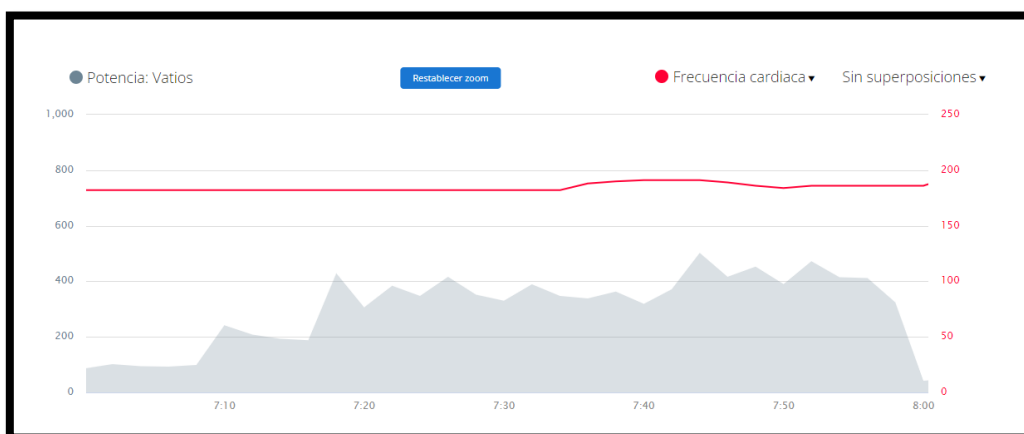
TH7

Prueba de 5 segundos



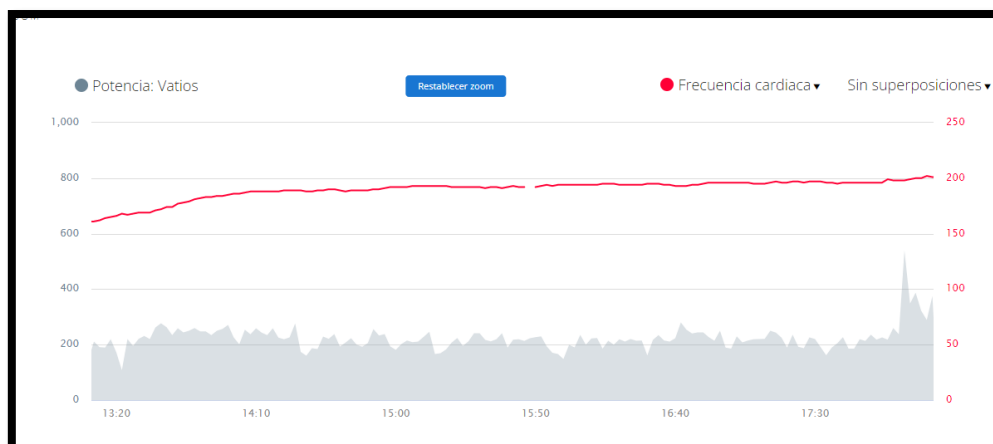
La potencia tiene un pico de más de 800 vatios y luego hace una meseta para promediar 808 vatios. La frecuencia cardíaca promedia 185 latidos por minuto.

Prueba de 1 minuto



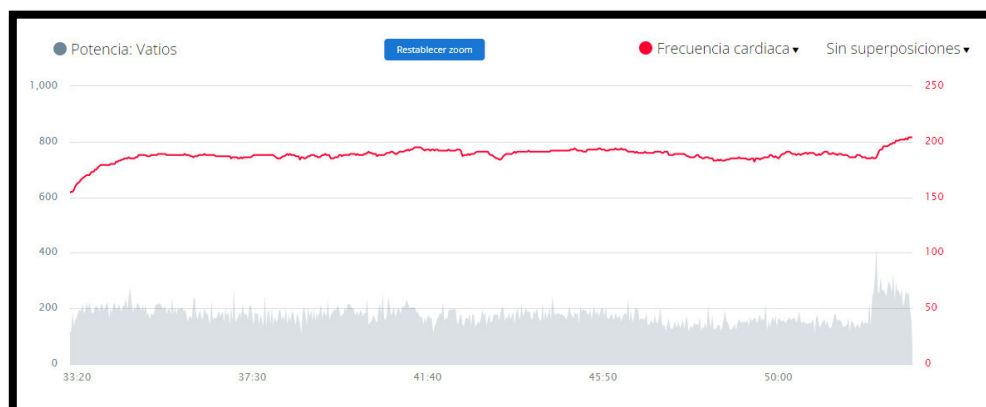
Inicia la frecuencia cardíaca inicia por encima de 180, realizando una meseta y promedia 185 latidos por minuto. La potencia sube rápidamente por encima de 200 vatios y luego hace ligeras ondas con algunos picos por encima de 400 y promedia 313 vatios.

Prueba de 5 minutos



La potencia inicia en torno a los 200 vatios y se forma una meseta con ligeros picos siempre alrededor de 200 y hace un pico final de más de 500 para que haga un promedio de 229 vatios. La frecuencia cardíaca inicia por encima de 150 y se eleva lentamente, haciendo una meseta cerca de 190 y sube en el minuto final por encima de 200 latidos por minuto, para promediar 190 latidos por minuto.

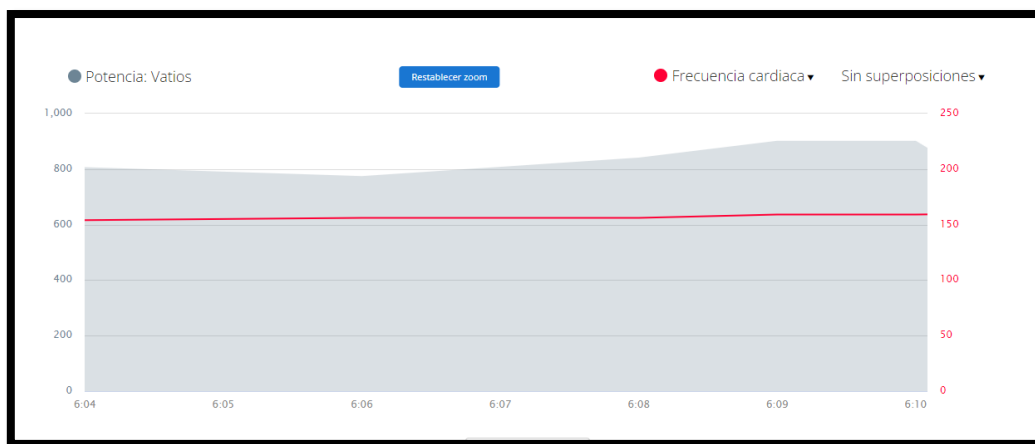
Prueba de 20 minutos



La potencia inicia alrededor de 200 vatios y continua en una meseta con ligeros picos para disminuir ligeramente y en los minutos finales hacer un pico de cerca de 400 vatios y caer, pero manteniéndose por encima de 200 vatios y promediar 177 vatios. La frecuencia cardíaca inicia en 150, sube gradualmente y hace una meseta por encima de los 180, para que en los minutos finales subir por encima de 200 latidos por minuto y promediar 188 latidos por minuto.

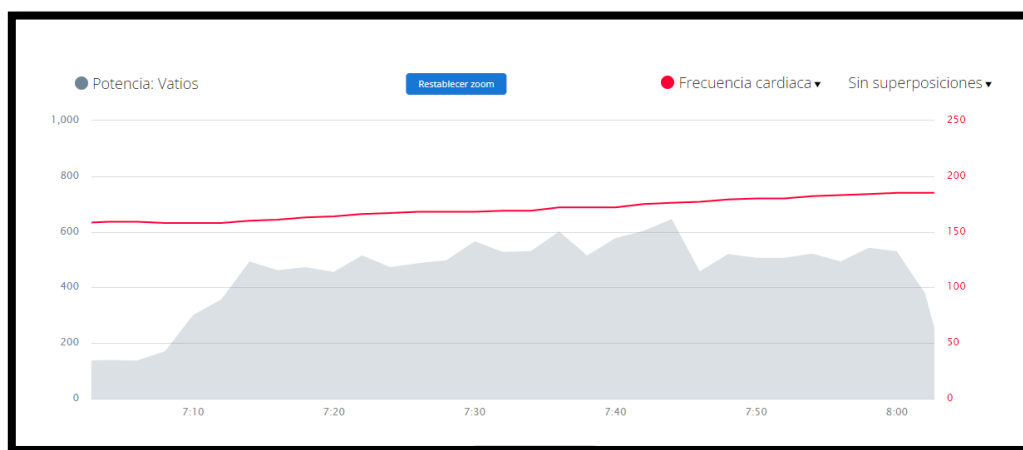
TH8

Prueba de 5 segundos



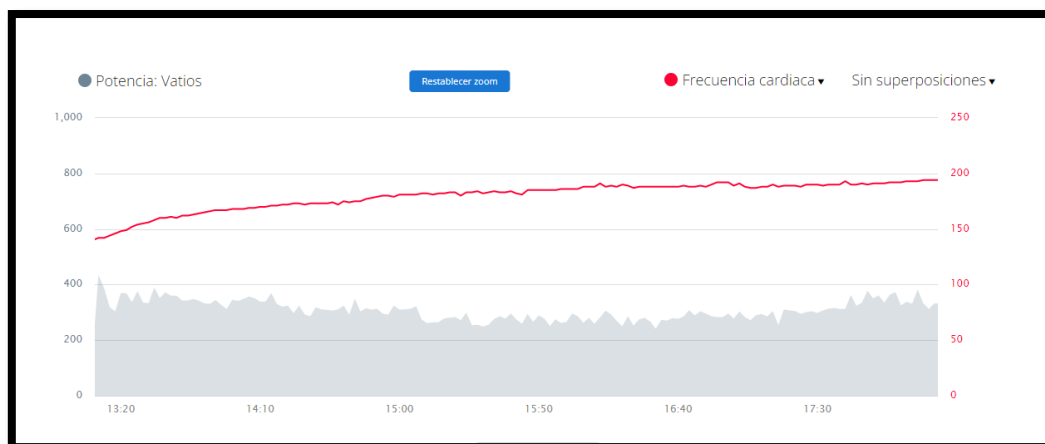
La potencia inicia por encima de los 750 vatios y aumenta ligeramente hasta promediar 864 vatios. La frecuencia cardíaca promedia 154 latidos por minuto.

Prueba de 1 minuto



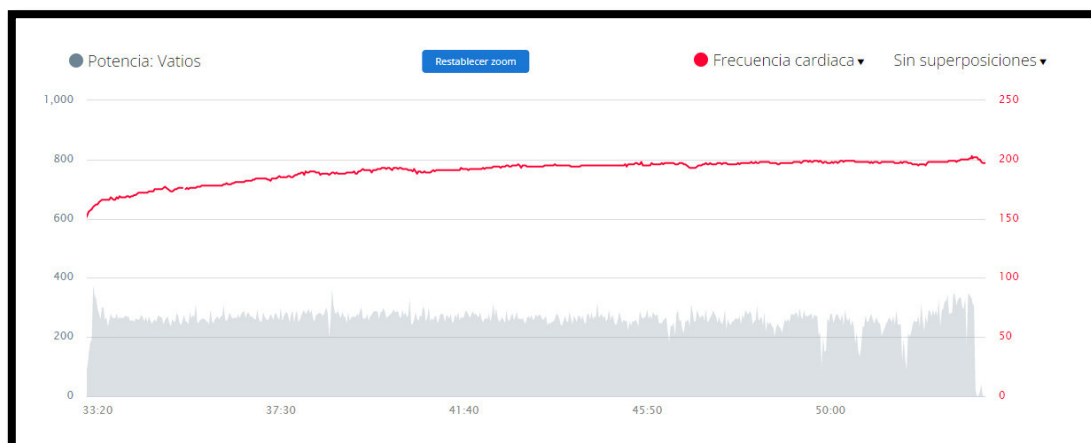
La frecuencia cardíaca inicia por encima de 150 y aumenta progresivamente hasta cerca de 180 latidos por minuto, para promediar 171. La potencia inicia por encima de 200 vatios y aumenta rápidamente para hacer una meseta por encima de 400 con algunos picos y promediar 484 vatios.

Prueba de 5 minutos



La frecuencia cardíaca inicia cerca de 150 y sube gradualmente hasta pasar los 190, para promediar 179 latidos por minutos. La potencia empieza por encima de 400 vatios, desciende hasta cerca de 300 y una meseta con ligeros picos, para promediar 308 vatios.

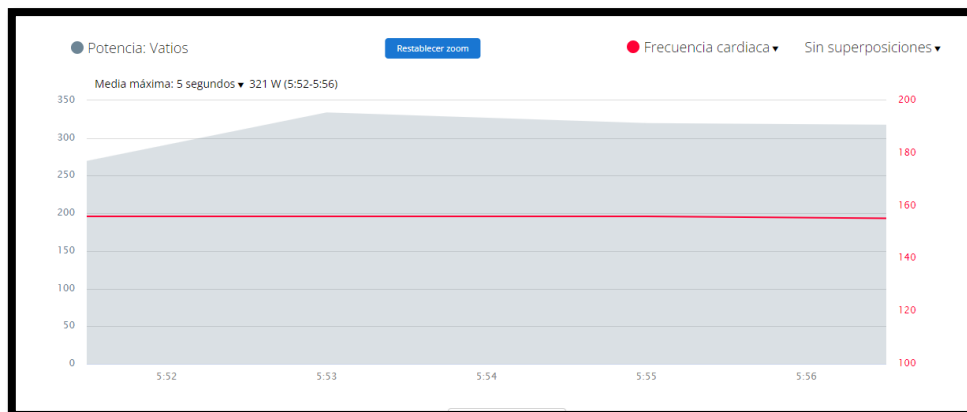
Prueba de 20 minutos



La frecuencia cardíaca inicia en 150, sube lentamente hasta superar los 200 y promediar 190 latidos por minuto. La potencia inicia con un pico por encima de 300 vatios, luego desciende hasta cerca de 250 y hacer una meseta con picos, en los minutos finales tiene bruscas caídas y luego empieza a subir pasando los 300, promediando 264 vatios.

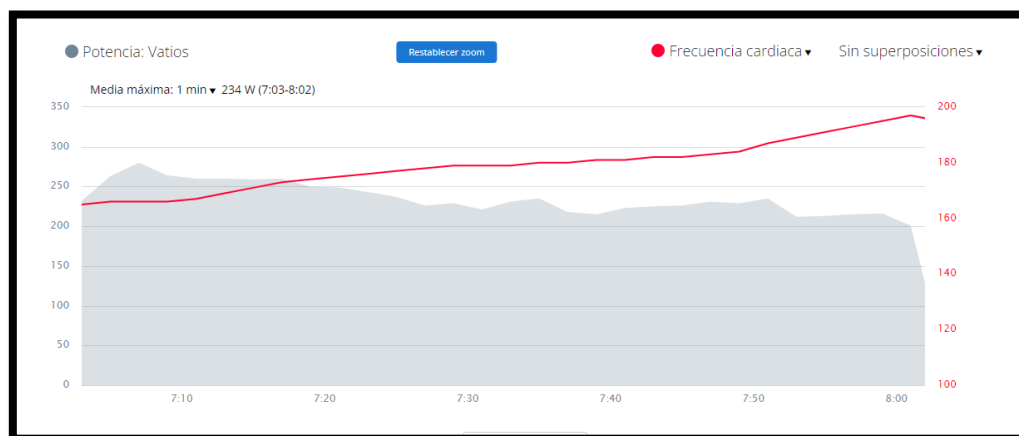
TM1

Prueba de 5 segundos



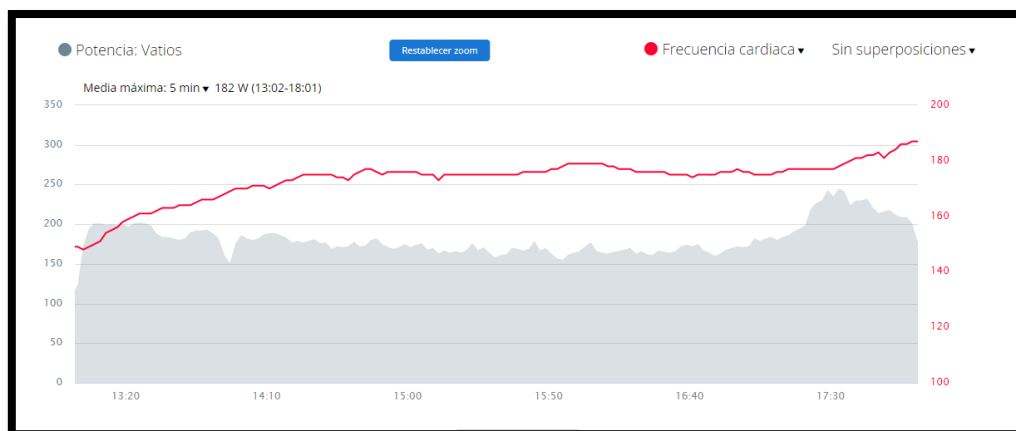
La potencia se elevó por encima de 300 vatios y hacer una meseta, hasta promediar 321 vatios. La frecuencia cardíaca promedió 156 latidos por minuto.

Prueba de 1 minuto



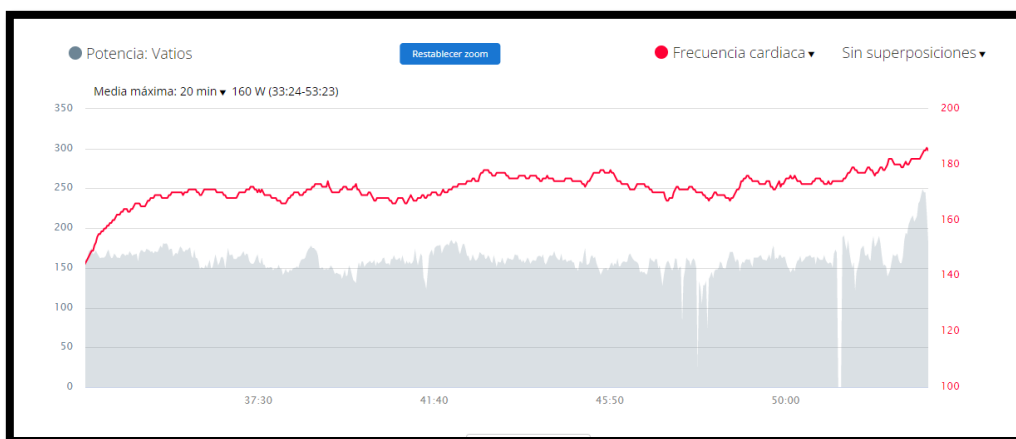
La potencia sube más de 270 vatios, luego desciende gradualmente para promediar 234 vatios. La frecuencia cardíaca inicia por encima a 160 latidos por minuto y sube gradualmente hasta pasar los 190 y promediar 181 latidos por minuto.

Prueba de 5 minutos



La potencia sube a 200 vatios al inicio, para luego hacer una meseta con altibajos para al final subir hasta casi los 250 vatios y bajar al final para promediar 182 vatios. La frecuencia cardíaca inicia a 150 latidos y aumenta gradualmente hasta pasar los 180 latidos por minuto y promediar 179 latidos por minuto.

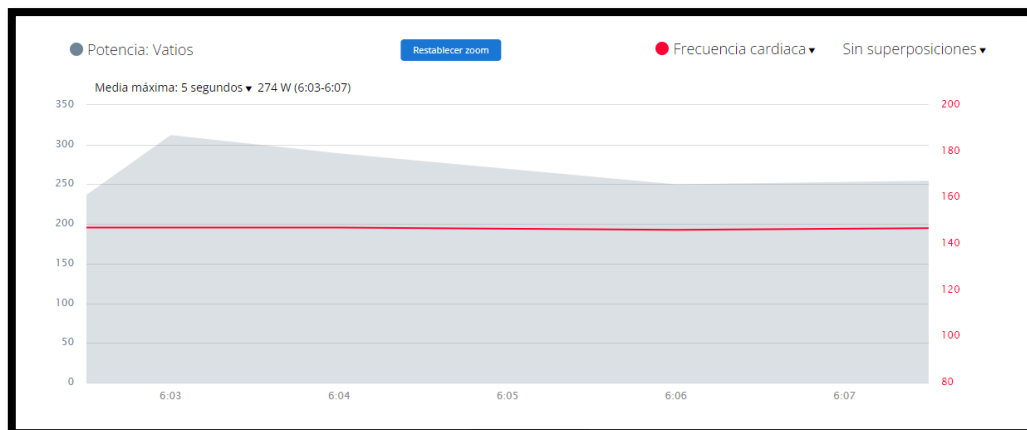
Prueba de 20 minutos



La potencia inicia por encima de los 150 vatios, luego hace una meseta con pequeños picos y al final aumentar hasta los 250 vatios y promediar 160 vatios. La frecuencia cardíaca inicia en 150 latidos y aumenta gradualmente, haciendo una meseta en torno a los 170 latidos y los minutos finales subir por encima de 180 latidos por minuto, promediando los 177 latidos por minuto.

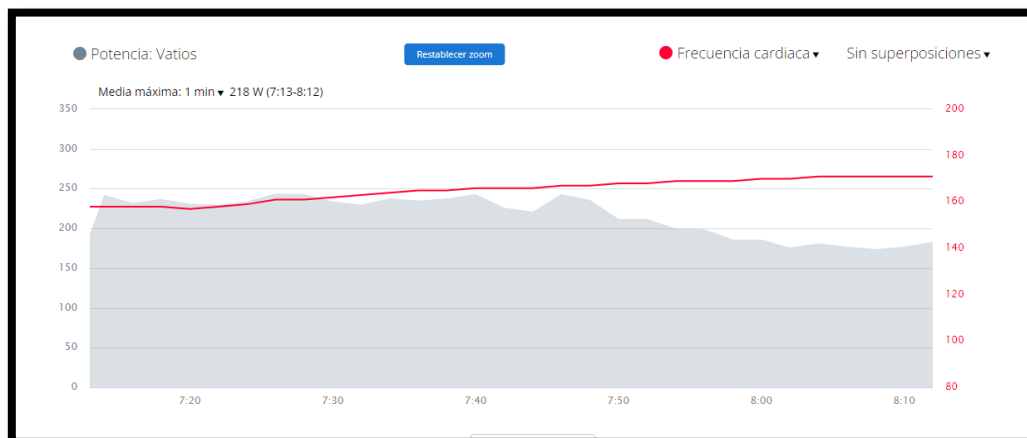
TM2

Prueba de 5 segundos



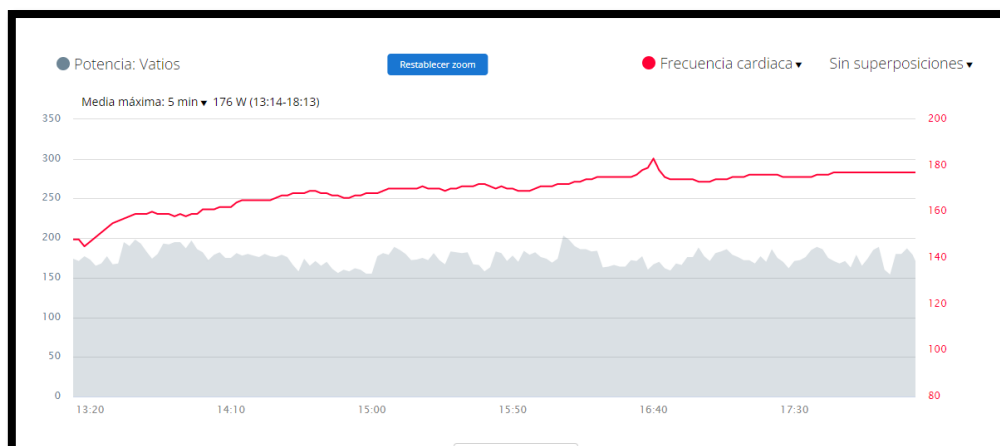
La potencia aumenta por encima de 300 vatios y baja suavemente hasta promediar 274 vatios. La frecuencia cardíaca promedia 146 latidos por minuto.

Prueba de 1 minuto



La potencia se eleva hasta casi 250 vatios, se mantiene en meseta y a la mitad empieza a descender hasta promediar 218 vatios. La frecuencia cardíaca inicia en 160 latidos por minutos y subir hasta 170 latidos y promediar 165 latidos por minuto.

Prueba de 5 minutos



La potencia por encima de 150 vatios, luego hace una meseta con algunos altibajos para promediar 176 vatios. La frecuencia cardíaca inicia en 140 latidos para subir gradualmente y pasar los 170 latidos y promediar 170 latidos por minuto.

Prueba de 20 minutos



La potencia inicia en 200 vatios y luego desciende para hacer una meseta con muchos picos y altibajos para que en los minutos finales hacer un pico por encima de 200 vatios y promediar 158 vatios. La frecuencia cardíaca inicia en 140 latidos y subir hasta llegar a 180 latidos y promediar 171 latidos por minuto.

4.-Álbum de fotos

