MEDICIÓN DE ENERGÍA, TRABAJO, POTENCIA Y ESTIMACIÓN DEL GASTO ENERGÉTICO

***Prof. Edgar Lopategui Corsino
M.A., Fisiología del Ejercicio***

Saludmed 2016, por [Edgar Lopategui Corsino](#), se encuentra bajo una licencia "[Creative Commons](#)", de tipo: [Reconocimiento-NoComercial-Sin Obras Derivadas 3.0. Licencia de Puerto Rico](#). Basado en las páginas publicadas para el sitio Web: www.saludmed.com.

CALORÍA

Cantidad de:

CALOR

Requerido para:

1 gramo (g) de Agua

a:

1° C

a:

(De 14.5 °C → 15.5 °C)

a nivel del:

Mar

(1 ATA, o 760 mm Hg)

CALORÍA

Calor Requerido:

H₂O

1 g

→ ↑ 1° C

α:

A nivel del Mar:

**FUERZA
(F)**

**MASA
(m)**

**Acelerando
(a)**

que produce movimiento al:

Empujar/Halar/Tirar

Ecuación:

FÓRMULA:
 $F = m \times a$

Ecuación:

FÓRMULA:
 $T = F \times d$

**POTENCIA
(P)**

**TRABAJO
(T)**

Realizada entre:

**TIEMPO
(t)**

Ecuación:

FÓRMULA:

$$P = \frac{T}{t}$$

UNIDADES DE MEDIDA

(*Carga de Trabajo Ergométrica*
o
Potencia Ergométrica
o
Cadencia de Trabajo)

kilopondio-metro por minuto
(kpm/min)
(kpm · min⁻¹)

Caballos de Fuerza
o
"Horse Power"
(hp)

Vatio
o
Watt
(w)

Donde se evalúan:

ERGOMETRÍA

Prueba Funcional Ergométrica

Determinación de parámetros de

RENDIMIENTO PULMONAR

INDICACIONES

Diagnóstico
(Confirmar Enfermedad)

Evaluativas
(Capacidad Funcional)

Objetivos

Prescripción de Ejercicio

Diseño Entrenamiento Físico para Atletas

Evaluar la Efectividad del Entrenamiento Deportivo

Investigativo
(Estudio Respuestas Funcionales/Fisiológicas)

ERGÓMETRO

Artefacto

Mide Respuestas Fisiológicas, particularmente:

Trabajo Mecánico
y
Potencia Ergométrica

TIPOS

AMBIENTE AIRE

Cicloergómetro

Escalón

Remo-
Ergómetro

Banda Sinfín

AMBIENTE AGUA

Ergómetro de Brida
(Natación Estática)

Canal de Natación

MEDICIÓN DEL COSTO ENERGÉTICO DEL EJERCICIO

CALORIMETRÍA

(Medición de la Energía Metabólica Utilizada)
- (Mide la Tasa Metabólica/Gasto Energético, en kcal, Julios) -

DIRECTA

*(Medición de la
Producción de Calor)*
*(Medición Directa del Calor
Liberado por el Metabolismo)*

(Ejemplo)

Cámara Calorimétrica

INDIRECTA

**Espirometría en
Circuito Abierto)**

*(Medición del
Intercambio Respiratorio
de CO₂ y O₂)*

**Relación del
Intercambio Respiratorio (R)**

$$(R = \dot{V}CO_2 / \dot{V}O_2)$$

*(También se
conoce como)*

**PROPORCIÓN DEL
INTERCAMBIO RESPIRATORIO
O
COCIENTE RESPIRATORIO (CR)**

**Isótopos
Marcadores**

Rastrear

**Ritmo de
Eliminación**
(Orina, Saliva, Sangre)

Medición de

CO₂ Producido

**Convertido en
Consumo Energético**

CALORIMETRÍA

Medición de:

TASA METABÓLICA
Consumo Energético

DURANTE UN ESTADO

Basal
(Reposo)

En:

cal J METS kj kcal

Ejercicio/
Actividad Física

VÍAS
(MÉTODOS)

Calorimetría Respiratoria
(Bomba Calorímetro)

Espirometría en Circuito Abierto

Calorimetría:
DIRECTA

Calorimetría:
INDIRECTA

Medición Real del Consumo Energético:

CALOR
Producido/Liberado

Medición:

Procesos Metabólicos
(Respiración Celular)

Energía Total Liberada

Medida vía:

VÍA

Conducción Radiación Evaporación

Medición Indirecta Energía vía:

INTERCAMBIO RESPIRATORIO
($\dot{V}CO_2$ y $\dot{V}O_2$)

Que resulta de la:

Oxidación y Combustión
de
Sustancias Nutricias

FUNDAMENTO:

1 Litro de $\dot{V}O_2 \approx 5$ kcal

MEDICIÓN DEL COSTO ENERGÉTICO DEL EJERCICIO

Calorimetría directa—mide la producción de calor del cuerpo para poder, entonces, calcular el gasto energético.

Calorimetría indirecta—calcula el gasto energético que se obtiene de la proporción o relación del intercambio respiratorio (RER) del VCO_2 y VO_2 .

NOTA. Adaptado de: *Fisiología del Esfuerzo y del Deporte*. 5ta. ed.; (p. 130-131), por J. H. Wilmore, & D. L. Costill, 2004, Barcelona, España: Editorial Paidotribo. Copyright 2004 por Jack H. Wilmore y David L. Costill.

MEDICIÓN DEL COSTO ENERGÉTICO DEL EJERCICIO

CALORIMETRÍA DIRECTA

Metabolismo

Energía Liberada

60% Convertido en Calor

Medición

**SE ESTIMA EL
RITMO E INTENSIDAD
DE LA ENERGÍA**

MEDICIÓN DEL COSTO ENERGÉTICO DEL EJERCICIO

CALORIMETRÍA DIRECTA

VENTAJAS

- **Medición Directa/Precisa del Calor Metabólico**

DESVENTAJAS

- **No Puede Seguir Cambios Rápidos en la Liberación de Energía, es decir, Toma mucho Tiempo el Cálculo de la Producción de Calor (Ej: Ejercicios de Alta Intensidad)**
- **No es portable/práctico**
- **Es muy Costoso**
- **No Aplica para Actividades Recreativas Comunes**

MEDICIÓN DEL COSTO ENERGÉTICO DEL EJERCICIO

CALORIMETRÍA DIRECTA

Calorímetro

(Aparato para Medir Calor/Energía Metabólica)

CÁMARA COLORIMÉTRICA (BOMBA CALORÍMETRA)

MEDICIÓN DEL COSTO ENERGÉTICO DEL EJERCICIO

CÁMARA CALORIMÉTRICA

NOTA. Reproducido de: *Fisiología del Esfuerzo y del Deporte*. 5ta. ed.; (p. 130), por J. H. Wilmore, & D. L. Costill, 2004, Barcelona, España: Editorial Paidotribo. Copyright 2004 por Jack H. Wilmore y David L. Costill.

CALORIMETRÍA INDIRECTA

Espirometría en Circuito Abierto

Mide

$\dot{V}CO_2$ y $\dot{V}O_2$

Mediante

Volumenes
Aire

Inspirado ($\dot{V}E$) Espirado

y su análisis fraccionado de:

CO_2 y O_2

Estima/Mide:

$\dot{V}CO_2$ y $\dot{V}O_2$

Infiere:

GASTO ENERGÉTICO

Estimación (Equivalencia Calórica):

1 Litro de: $\dot{V}O_2$, $L \cdot \text{min}^{-1} \approx 5 \text{ kcal}$
($5 \text{ kcal} / L O_2 \approx 1 L \dot{V}O_2$)

Proporción del Intercambio Respiratorio (CR)

Cociente Respiratorio (CR)

$$\left(\frac{\dot{V}CO_2}{\dot{V}O_2} \right)$$

EQUIVALENTE ENERGÉTICO

MEDICIÓN DEL COSTO ENERGÉTICO DEL EJERCICIO

CALORIMETRÍA INDIRECTA

↓ *(Basado en)*

Equivalencia Energética/Calórica del

$\dot{V}O_2$

↓

**Utilizado para la Oxidación de los
Sustratos (CHO y GRASAS)**

↓

(Se estima que)

**1 Litro de O_2 Consumido por Minuto
($\dot{V}O_2$, L/min = 1.0)**

Equivale Aproximadamente a:

↓

(Equivalencia Energética/Calórica)

5 kcal/min

MEDICIÓN DEL COSTO ENERGÉTICO DEL EJERCICIO

CALORIMETRÍA INDIRECTA

↓
Calorímetro

↓
**Sistema de
Espirometría en Circuito Abierto**

↓
Medición del Volumen de

CO₂ (Producido) **O₂ (Utilizado)**

↓
**Intercambio Respiratorio
de
Gases**

↓
**RELACIÓN (R) O PROPORCIÓN
(R = VCO₂ liberado/VO₂ Consumido)**

MEDICIÓN DEL COSTO ENERGÉTICO DEL EJERCICIO

CALORIMETRÍA INDIRECTA

Sistema de: *Calorímetro*

Espirometría en Circuito Abierto

Para Determinar el
 $\dot{V}CO_2$ y el $\dot{V}O_2$

↓ *(Se Calcula)*

**PROPORCIÓN DEL
INTERCAMBIO RESPIRATORIO (R)**

**0
COCIENTE RESPIRATORIO (CR)**

MEDICIÓN DEL INTERCAMBIO RESPIRATORIO DE GASES

NOTA. Reproducido de: *Fisiología del Esfuerzo y del Deporte*. 5ta. ed.; (p. 131), por J. H. Wilmore, & D. L. Costill, 2004, Barcelona, España: Editorial Paidotribo. Copyright 2004 por Jack H. Wilmore y David L. Costill.

MEDICIÓN DEL COSTO ENERGÉTICO DEL EJERCICIO

$\dot{V}O_2$ —volumen de O_2 consumido por minuto (L/min).

$\dot{V}CO_2$ —volumen de CO_2 producido por minuto (L/min).

$$\dot{V}O_2 = (\dot{V}_I \times F_I O_2) - (\dot{V}_E \times F_E O_2)$$

$$\dot{V}CO_2 = (\dot{V}_E \times F_E CO_2) - (\dot{V}_I \times F_I CO_2)$$

Donde $\dot{V}_E$ = ventilation expirada; $\dot{V}_I$ = ventilation inspirada; $F_I O_2$ = fracción del oxígeno inspirado; $F_I CO_2$ = fracción del bióxido de carbon inspirado; $F_E O_2$ = fracción del oxígeno expirado; y $F_E CO_2$ = fracción del bióxido de carbono expirado.

NOTA. Reproducido de: *Fisiología del Esfuerzo y del Deporte*. 5ta. ed.; (p. ?), por J. H. Wilmore, & D. L. Costill, 2004, Barcelona, España: Editorial Paidotribo. Copyright 2004 por Jack H. Wilmore y David L. Costill.

CALCULANDO EL CONSUMO DE OXÍGENO

NOTA.

Reproducido de:

Fisiología del Esfuerzo y del Deporte. 5ta.

ed.; (p. ?), por J.

H. Wilmore, &

D. L. Costill,

2004,

Barcelona,

España:

Editorial

Paidotribo.

Copyright 2004

por Jack H.

Wilmore y

David L. Costill.

$$\dot{V}O_2 = \dot{V}_I \times F_{IO_2} - \dot{V}_E \times F_{EO_2}$$

$$\dot{V}O_2 = 100 \text{ L/min} \times 0.21 - 100 \text{ L/min} \times 0.16$$

$$\dot{V}O_2 = 21 \text{ L/min} - 16 \text{ L/min} = 5 \text{ L/min}$$

TRANSFORMACIÓN DE HALDANE

Tú puedes usar el $\dot{V}_E$ para calcular $\dot{V}_I$ dado que el volumen del nitrógeno expirado es constante:

$$\dot{V}_I = (\dot{V}_E \times F_{E N_2}) / F_{I N_2} \text{ y } F_{E N_2} = 1 - (F_{E O_2} + F_{E CO_2})$$

$$\dot{V}O_2 = (\dot{V}_I \times F_{I O_2}) - (\dot{V}_E \times F_{E O_2})$$

$$\dot{V}O_2 = [(\dot{V}_E \times F_{E N_2}) / (F_{I N_2} \times F_{I O_2})] - (\dot{V}_E \times F_{E O_2})$$

Luego substituye los valores conocidos por el $F_{I O_2}$ de 0.2093 y el $F_{I N_2}$ de 0.7903:

$$\dot{V}O_2 = (\dot{V}_E \times \{[(1 - (F_{E O_2} + F_{E CO_2})) \times 0.265] - F_{E O_2}\})$$

NOTA. Reproducido de: *Fisiología del Esfuerzo y del Deporte*. 5ta. ed.; (p. ?), por J. H. Wilmore, & D. L. Costill, 2004, Barcelona, España: Editorial Paidotribo. Copyright 2004 por Jack H. Wilmore y David L. Costill.

PROPORCIÓN DEL INTERCAMBIO RESPIRATORIO

- ♦ La proporción entre el CO₂ liberado ($\dot{V}CO_2$) y el oxígeno consumido ($\dot{V}O_2$)
- ♦ $RER = \dot{V}CO_2 / \dot{V}O_2$
- ♦ El valor de la RER en reposo es usualmente de 0.78 a 0.80
- ♦ El valor de la RER puede ser utilizada para determinar el sustrato metabólico usado en reposo y durante el ejercicio, donde un valor de 1.00 indica la oxidación de CHO y 0.70 indica que se oxidan las grasas.

NOTA. Reproducido de: *Fisiología del Esfuerzo y del Deporte*. 5ta. ed.; (p. ?), por J. H. Wilmore, & D. L. Costill, 2004, Barcelona, España: Editorial Paidotribo. Copyright 2004 por Jack H. Wilmore y David L. Costill.

MEDICIÓN DEL COSTO ENERGÉTICO DEL EJERCICIO

CALORIMETRÍA INDIRECTA

Relación de Intercambio Respiratorio (R)

*(Proporción del Intercambio Respiratorio o
Cociente Respiratorio [CR])*

$\dot{V}CO_2$ Producido / $\dot{V}O_2$ Consumido

Determina

Tipo de Nutriente/Sustrato Metabolizado

En las Células/Fibras Musculares

MEDICIÓN DEL COSTO ENERGÉTICO DEL EJERCICIO

CALORIMETRÍA INDIRECTA

Relación de Intercambio Respiratorio (R)

$$\dot{V}\text{CO}_2 \text{ Producido} / \dot{V}\text{O}_2 \text{ Consumido}$$

Determina

Tipo de Sustrato Oxidado

(En Fibras Musculares)

**NUTRIENTES
ESPECÍFICOS**

CHO

Proteínas

Grasas

ALCOHOL

AYUNO/INANICIÓN

MEZCLA/DIETA MIXTA

Combinación de

CHO

Proteínas

Grasas

**Cantidad de O₂ Usado
Durante el Metabolismo (R)**

Determina

Tipo de Nutriente Oxidado

PROPORCIÓN DEL INTERCAMBIO RESPIRATORIO (R Ó RER) O COCIENTE RESPIRATORIO (CR)

Equivalentes Energéticos

CALORIMETRÍA INDIRECTA kcal: 1 Litro de Oxígeno		Contribución Relativa de los Sustratos Oxidados		
R ó CR	Valor Calórico (Kcal/ L O ₂)	CHO (%)	Grasas (%)	Proteínas (%)
1.00	5.047	100	0	0
0.85	4.862	50	50	0
0.70	4.686	0	100	0
	4.485	0	0	100

→ 4.863 → **Dieta Mixta**

→ 4.86 → **Alcohol**

→ 4.70 → **Inanición
(Ayuno)**

MEDICIÓN DEL COSTO ENERGÉTICO DEL EJERCICIO

Equivalencia Calórica de la Proporción del Intercambio Respiratorio (RER) y el % de kcal derivado de los Hidratos de Carbono y Grasas

RER	Energía		% kcal	
	kcal/L O ₂	Hidratos de Carbono	Grasas	
0.71	4.69	0.0	100.0	
0.75	4.74	15.6	84.4	
0.80	4.80	33.4	66.6	
0.85	4.86	50.7	49.3	
0.90	4.92	67.5	32.5	
0.95	4.99	84.0	16.0	
1.00	5.05	100.0	0.0	

NOTA. Reproducido de: *Fisiología del Esfuerzo y del Deporte*. 5ta. ed.; (p. 132), por J. H. Wilmore, & D. L. Costill, 2004, Barcelona, España: Editorial Paidotribo. Copyright 2004 por Jack H. Wilmore y David L. Costill.

ESTIMACIÓN

1 L O₂ consumido/min ≈ 5 kcal/L

MEDICIÓN DEL COSTO ENERGÉTICO DEL EJERCICIO

La Cantidad de O₂ Necesario para Oxidar Completamente una Molecula de CHO o Grasas

Propocional a

La Cantidad de Carbono (C) Existente en Tales Sustratos

MEDICIÓN DEL COSTO ENERGÉTICO DEL EJERCICIO

GRASAS

**Proporcióna
más Energía**

**Necesita más O₂
para ser
Oxidado**

↓ Valor de R

CHO

**Proporcióna
menos Energía**

**Necesita menos O₂
para ser
Oxidado**

↑ Valor de R

MEDICIONES DEL GASTO ENERGÉTICO

CALORIMETRÍA INDIRECTA

MEDICIÓN DEL COSTO ENERGÉTICO DEL EJERCICIO

CALORIMETRÍA INDIRECTA

Proporción del Intercambio Respiratorio (R)

MEDICIONES DEL GASTO ENERGÉTICO

CALORIMETRÍA INDIRECTA

Trazadores/Rastreadores

Introducir Isótopos en el Cuerpo

Inyectado

Oral

Ejemplos

Carbono -13 (^{13}C)

Hidrógeno -2 (Deuterio ó ^2H)

Oxígeno -18 (^{18}O)

Se Sigue su

Distribución

Movimiento

**Tasa de Producción de los Isótopos Rastreados
(Vía Orina, Saliva y Sangre)**

Producción de CO_2

CONSUMO CALÓRICO

MEDICIONES DEL GASTO ENERGÉTICO

CALORIMETRÍA INDIRECTA

Isótopos Marcadores

PROCEDIMIENTO:

Ingestión de Agua

con

Dos (2)

Isótopos con Marcadores Radioactivos Dobles

($^2\text{H}_2$, ^{18}O)

Deuterio (^2H)

Oxígeno-18 (^{18}O)

Difunde en

Líquidos Corporales
(Agua)

Agua

Difunde en

Glucógeno

Muestreo de
Orina, Saliva y Sangre
(Ritmo de Producción)

Determina

Velocidad que los Isótopos Abandonan el Cuerpo

Se Estima

$\dot{V}\text{CO}_2$ Producido

Convertido en (Ecuaciones Calorímetras)

ENERGÍA UTILIZADA

MEDICIONES DEL GASTO ENERGÉTICO

Carbón-13—Infundido y rastreado de manera selectiva para determinar su movimiento y distribución

Agua de doble marcador radioactivo— $^2\text{H}_2^{18}\text{O}$ es ingerida y se monitorea la tasa en la cual ^2H y ^{18}O se difunde a través de los líquidos corporales (agua) y en las reservas de bicarbonato para eventualmente abandonar el cuerpo, de manera que se pueda calcular la cantidad de energía gastada

NOTA. Reproducido de: *Fisiología del Esfuerzo y del Deporte*. 5ta. ed.; (p. ?), por J. H. Wilmore, & D. L. Costill, 2004, Barcelona, España: Editorial Paidotribo. Copyright 2004 por Jack H. Wilmore y David L. Costill.

MEDICIONES DEL GASTO ENERGÉTICO

CALORIMETRÍA INDIRECTA

Isótopos Marcados

VENTAJAS

- ▶ Altamente Preciso
- ▶ Escaso Riesgo

DESVENTAJAS

- ▶ No es adecuado para medir el metabolismo durante el ejercicio agudo (es lento, tarda varias semanas)
- ▶ Si se usan isótopos radioactivos, existe peligro para los tejidos corporales

ESTIMACIONES DEL ESFUERZO ANAERÓBICO

CAPACIDAD ANAERÓBICA

Medición

Pruebas/Métodos

**Solo Ofrecen
Estimacion Aproximado**

**CONSUMO DE OXÍGENO EN EXCESO
POSTEJERCICIO (COEP),
VO₂ de Recuperación o
Deuda de O₂**

**VO₂ DE EJERCICIO/RECUPERACIÓN
VO₂ Durante y Después
de un
Ejercicio Submáximo y Máximo**

**UMBRAL DE LACTATO (UL),
Nivel del
Lactato Sanguíneo
Después de un
Ejercicio Agotador**

*Indicación de
Glucólisis Anaeróbica*

GASTO CALÓRICO

Formas de

Expresión

Medidas ABSOLUTAS

Medidas RELATIVAS

GASTO ENERGÉTICO

Expresión

CONSUMO DE OXÍGENO
($\dot{V}O_2$)

Unidades de Medida

Permite Comparar Individuos
con Diferentes Masas Corporales

ABSOLUTA

$L \cdot \text{min}^{-1}$

RELATIVA

A la Masa Corporal

$\text{mL} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$

CONSUMO DE OXÍGENO (VO_2)

**Volumen de Oxígeno Utilizado
por
Mitocondrias**
(Organelos dentro Células del Cuerpo)

Durante Intervalos de:

1 Minuto

A Nivel del Mar:

CONDICIONES ESTANDARIZADAS (STPD)

Temperatura (T)
(273°K ó 0°C)

Presión Barométrica (PB)
(70 mm Hg ó 1 ATA)

Humedad Relativa (HR)
(Seco, 0% HR,
Ausencia Vapor de Agua)

**TASA METABÓLICA BASAL
(TMB)**

**Energía
($\dot{V}O_2$)**

Requerida para mantener:

**Procesos Vitales
Organismo Humano**

En estado de:

**REPOSO
(BASAL)**

Relajado

Luego de:

**12-14 horas
Última Comida**

Despierto

**Valor
Promedio**

$\dot{V}O_2$

Relativo:

$3.5 \text{ mL} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$

Absoluto:

$0.250 \text{ L} \cdot \text{min}^{-1}$

METS (Equivalencia Metabólica)

Medida Energética Relativa a la Masa Corporal

Múltiplo
de la

TASA METABÓLICA BASAL (TMB)
($\dot{V}O_2$ en Reposo: $\text{mL} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$)

es igual a (1 MET)

3.5 mL de $O_2 \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$
(Promedio de la TMB)

ESTIMACIONES DEL ESFUERZO ANAERÓBICO

CALORIMETRÍA

Ejercicios Anaeróbicos

Estimación del Metabolismo Anaeróbico
(Interacción de los Procesos Oxidativos y No-Oxidativos)

MÉTODOS

**CONSUMO DE OXÍGENO EN EXCESO
POSTERIOR AL EJERCICIO (COEP),
Oxígeno de Recuperación o
Deuda de Oxígeno**

**UMBRAL DE LACTATO (UL),
Nivel del
Umbral Anaeróbico (UAn)**

Estimaciones del Esfuerzo Anaeróbico: Nivel del Umbral de Lactato o Anaeróbico

INTENSIDAD DEL EJERCICIO Y ACUMULACIÓN DEL ÁCIDO LÁCTICO

NOTA. Foto reproducida de: *Physiology of Sport and Exercise*. (p. 109), por J. H. Wilmore, & D. L. Costill, 1994, Champaign, IL: Human Kinetics. Copyright 1994 por Jack H. Wilmore y David L. Costill.

ESTIMACIONES DEL ESFUERZO ANAERÓBICO

NIVEL DEL
UMBRAL DE LACTATO (UL)
(UMBRAL ANAERÓBICO [UAn])

**EJERCICIO AGUDO
DE
INTENSIDAD PROGRESIVA**

Durante la Actividad
más Intensa

↑ Acumulación de Lactato

**Punto de Inicio para la
Acumulación del
Lactato Sanguíneo (OBLA)
(2.0 - 4.0 mmol/L O₂)**

**GLUCÓLISIS ANAERÓBICA
(CAPACIDAD ANAERÓBICA)**

ESTIMACIONES DEL ESFUERZO ANAERÓBICO

ESTIMACIONES DEL ESFUERZO ANAERÓBICO

UL (OBLA)

Se Expresa como un

**$\% \dot{V}O_2 \text{ máx}$
(UL $\% VO_2$)**

ESTIMACIONES DEL ESFUERZO ANAERÓBICO

↑UL % $\dot{V}O_2$

↑Tolerancia Aeróbica

↑Rendimientos
↑Eventos de Fondo

ESTIMACIONES DEL ESFUERZO ANAERÓBICO

NIVEL DE
UMBRAL DE LACTATO (UL)
(UMBRAL ANAERÓBICO [UAn])

**Individuos
No Entrenados**

55 - 65 % $\dot{V}O_2$ máx

**Atletas Elites
de Tolerancia**

80% del $\dot{V}O_2$ máx

**Indica Mayor Tolerancia
Al Ejercicio**

ESTIMACIONES DEL ESFUERZO ANAERÓBICO

Atletas Elites de Tolerancia

Compiten

**A una Intensidad
Levemente Mayor del
UL (OBLA)**

ESTIMACIONES DEL ESFUERZO ANAERÓBICO

UMBRAL DE LACTATO (UL)

Ventaja/Utilidad

Uno de los Mejores Indicadores
del Potencial de Ejecutoria
de un Deportista de
Tolerancia Aeróbica

**Corredores Pedestres
De Larga Distancia
(CPLD)**

Ciclistas de Fondo

↑UL % $\dot{V}O_2$ máx

↑Tolerancia Aeróbica

↑Ejecutoria Competencias de Fondo/Tolerancia

ESTIMACIONES DEL ESFUERZO ANAERÓBICO

NIVEL DEL
UMBRAL DE LACTATO (UL)
(UMBRAL ANAERÓBICA [UAn])

DESVENTAJAS

(LIMITACIONES/CONTROVERSIAS)

**Se puede
Producir Lactato
Antes de Alcanzar
el UL**

**Otras Vías/Maneras
Que Pueden
Aumentar la Concentración de
Lactato Sanguíneo**

**↓ Eliminación de
Lactato Intramuscular**

**↑ Tasa de Eliminación Lactato Sanguíneo
En otros Tejidos del Cuerpo**

↑ Lactato Intramuscular
*No Necesariamente
Coincide con Hipoxia (↓O₂)*

**Lactato se Puede Formar
en Presencia de
Oxigenación Suficiente
del Músculo**

**↑ Producción de Lactato por Ciertas
Fibras Musculares Específicas**

**No Siempre es Evidente
un Claro Punto de Inflexión
en la Curva de
Intensidad vs Acumulación
del Ácido Láctico (AL)**

Umbral de Lactato

- ◆ El punto en el cual comienza la acumulación del lactato sanguíneo sobre los niveles en reposo durante un ejercicio de intensidad progresiva, donde la producción de lactato excede su eliminación
- ◆ El aumento súbito en el lactato sanguíneo que responde al incremento del esfuerzo puede ser el resultado de un aumento en la producción de lactato o a una reducción en la eliminación del lactato de la sangre
- ◆ Puede indicar un potencial para los ejercicios de tolerancia; la formación de lactato contribuye a la fatiga

NOTA. Reproducido de: *Fisiología del Esfuerzo y del Deporte*. 5ta. ed.; (p. ?), por J. H. Wilmore, & D. L. Costill, 2004, Barcelona, España: Editorial Paidotribo. Copyright 2004 por Jack H. Wilmore y David L. Costill.

¿Sabía Usted...?

Cuando el umbral de lactato (UL) se expresa como un porcentaje del $\dot{V}O_2$ máx, representa uno de los mejores determinantes para la cadencia/paso del atleta en eventos de tolerancia, tales como carreras de fondo y el ciclismo. Mientras que individuos no entrenados típicamente poseen un UL cerca de 50% a 60% de su $\dot{V}O_2$ máx, los atletas elites alcanzan un UL más alto relativo al $\dot{V}O_2$ máx, esto es, entre 70% y 80% del $\dot{V}O_2$ máx.

NOTA. Reproducido de: *Fisiología del Esfuerzo y del Deporte*. 5ta. ed.; (p. ?), por J. H. Wilmore, & D. L. Costill, 2004, Barcelona, España: Editorial Paidotribo. Copyright 2004 por Jack H. Wilmore y David L. Costill.

CONSUMO ENERGÉTICO

CONSUMO ENERGÉTICO
(USO DE LA ENERGÍA)

Reposo
↓
 $\dot{V}O_2$
↓
R

Durante el Ejercicio Agudo
↓
 $\% \dot{V}O_2$
($UF\dot{V}O_2$)

**Economía
Metabólica**

$\dot{V}O_2$ máx

$\dot{V}O_2$ pico

kcal

**Deportistas
Entrenamiento
Alta
Intensidad**

10,000 kcal/día

CONSUMO ENERGÉTICO

EQUIVALENTES CALÓRICOS

- ◆ Equivalentes energéticos de los alimentos

CHO:	4.1 kcal/g
Grasas:	9.4 kcal/g
Proteína:	4.1 kcal/g

- ◆ Energía por litro de oxígeno consumido

CHO:	5.0 kcal/L
Grasas:	4.7 kcal/L
Proteínas:	4.5 kcal/L

Ejemplo: $\dot{V}O_2$ reposo = 0.300 L/min × 60 min/hr × 24 hr/día = 432 L/día × 4.8 kcal/L = 2,074 kcal/día

CONSUMO ENERGÉTICO

PROBLEMA:

- ♦ ¿Cuál es el consumo calórico en reposo diario para un individuo promedio (70 kg)?

CONOCIDO/DADO:

$$\dot{V}O_2 \text{ Reposo} = 0.3 \text{ L O}_2/\text{min} = 432 \text{ L O}_2/\text{día}$$

$$R = 0.80 = 4.80 \text{ kcal/L O}_2 \text{ consumido}$$

SOLUCIÓN:

Calorías Diarias, kcal/día

$$\begin{aligned} &= \frac{\text{L O}_2}{\text{día}} \times \frac{\text{kcal}}{\text{L O}_2} \\ &= \frac{432 \cancel{\text{L O}_2}}{\text{día}} \times \frac{4.80 \text{ kcal}}{\cancel{\text{L O}_2}} \\ &= \boxed{2.074 \text{ kcal/día}} \end{aligned}$$

NOTA. Reproducido de: *Fisiología del Esfuerzo y del Deporte*. 5ta. ed.; (p. ?), por J. H. Wilmore, & D. L. Costill, 2004, Barcelona, España: Editorial Paidotribo. Copyright 2004 por Jack H. Wilmore y David L. Costill.

CONSUMO ENERGÉTICO: TASA METABÓLICA

CONSUMO ENERGÉTICO (USO DE ENERGÍA)

Reposo

Expresiones

Tasa Metabólica Basal (TMB)

Varía:

**Promedio para
Actividades Cotidianas Normales**

1,800 – 3,000 kcal

**Tasa Metabólica en Reposo
(TMR)**
(No Requiere que Duerma 8 horas)

Varía:

1,200 – 2,400 kcal/día

CONSUMO ENERGÉTICO: TASA METABÓLICA

**CONSUMO ENERGÉTICO
(USO DE ENERGÍA)**

Reposo

Tasa Metabólica Basal (TMB)

**Cantidad Mínima de Energía
Requerida para
Mantener las Funciones Fisiológicas Esenciales
del Cuerpo Humano**

Medición / Estimación

**Reposo, Posición Supina
Medido Después de
8 hr. de Sueño y
12 hr. de Ayuno**

TASA METABÓLICA

- ◆ La tasa en la cual el cuerpo gasta energía en descanso y durante el ejercicio
- ◆ Medida como un consumo de oxígeno total del organismo y su equivalente calórico
- ◆ La tasa metabólica basal o en reposo (TMB) es la energía mínima requerida para las funciones fisiológicas esenciales (varía entre 1,200 y 2,400 kcal/24 hr)
- ◆ La energía mínima requerida para las actividades diarias normales puede fluctuar de 1,800 a 3,000 kcal/24 hr

NOTA. Reproducido de: *Fisiología del Esfuerzo y del Deporte*. 5ta. ed.; (p. ?), por J. H. Wilmore, & D. L. Costill, 2004, Barcelona, España: Editorial Paidotribo. Copyright 2004 por Jack H. Wilmore y David L. Costill.

CONSUMO ENERGÉTICO: TASA METABÓLICA

TASA METABÓLICA BASAL (TMB)

FACTORES QUE AFECTAN LA TMB/TMR

- ◆ Entre mayor sea la **masa libre de grasa**, más alto será la TMR
- ◆ Entre mayor sea el **área de superficie corporal**, más alto será la TMR
- ◆ La TMR disminuye gradualmente con la **edad**
- ◆ La TMB aumenta con la **temperatura corporal**
- ◆ Entre mayor sea el **estrés**, más alto será la TMR
- ◆ Entre más alto sean los niveles de **tiroxina** y **epinefrina**, más alto será la TMR

NOTA. Reproducido de: *Fisiología del Esfuerzo y del Deporte*. 5ta. ed.; (p. ?), por J. H. Wilmore, & D. L. Costill, 2004, Barcelona, España: Editorial Paidotribo. Copyright 2004 por Jack H. Wilmore y David L. Costill.

FACTORES QUE AFECTAN LA TMB/TMR

TASA METABÓLICA BASAL (TMB)

FACTORES QUE AFECTAN LA TMB/TMR

TASA METABÓLICA BASAL (TMB)

DETERMINANTES
(Relación Directamente Proporcional)
(Positiva o Lineal)

**Masa Corporal Activa
(MCA)**

↑MCA

↓MCA

↑TMB

↓TMB

**Área de Superficie Corporal
(ASC)**

↑ASC

↓ASC

↑TMB

↓TMB

FACTORES QUE AFECTAN LA TMB/TMR

TASA METABÓLICA BASAL (TMB)

DETERMINANTE
(Relación Directamente Proporcional)
(Positiva o Lineal)

Cantidad de
Tejido Magro o Masa Corporal Activa (MCA)

FACTORES QUE AFECTAN LA TMB/TMR

TASA METABÓLICA BASAL (TMB)

DETERMINANTE
(Relación Directamente Proporcional)
(Positiva o Lineal)

Área de Superficie Corporal (ASC)

↑ASC

↑ Pérdida de Calor
| Vía Periferia (Piel)

↑ Requisitos de Energía
| para Mantener la
| Temperatura Corporal

↑TMB

CONSUMO ENERGÉTICO: EJERCICIO

CONSUMO ENERGÉTICO
(USO DE ENERGÍA)

Reposo

*(Necesidades
Energéticas)*

EJERCICIO

CONSUMO ENERGÉTICO: EJERCICIO SUBMÁXIMO

EJERCICIO SUBMÁXIMO

$\dot{V}O_2$
(CONSUMO / COSTO ENERGÉTICO)
(ÍNDICE METABÓLICO)

Determinante

(Relación: Directamente Proporcional, Positiva o Lineal)

Potencia Ergométrica
(Intensidad)

↑ **Potencia Ergométrica**
(Intensidad)

↑ **Metabolismo**

↑ $\dot{V}O_2$ *(Incremento Lineal)*

↓ **Potencia Ergométrica**
(Intensidad)

↓ **Metabolismo**

↓ $\dot{V}O_2$

CONSUMO ENERGÉTICO: EJERCICIO SUBMÁXIMO

CONSUMO ENERGÉTICO
(USO DE LA ENERGÍA)

↓
Índice Metabólico

↓
EJERCICIO AGUDO: Submáximo

↑ **Potencia Ergométrica**
(Intensidad)

↑ **Metabolismo**

↑ **$\dot{V}O_2$**

(Luego de 1-3 min)

Potencia Ergométrica
(Intensidad)

No Aumenta

Estado Estable
($\dot{V}O_2$ Estable)

Costo de Energía
Para la (que corresponde a la)
Producción Específica de la
Potencia Ergométrica

*Déficit
de $\dot{V}O_2$*

CONSUMO ENERGÉTICO: EJERCICIO SUBMÁXIMO

CONSUMO ENERGÉTICO
(USO DE LA ENERGÍA)

Índice Metabólico

EJERCICIO AGUDO: Submáximo

**↑ Potencia Ergométrica
(Intensidad)**

Sobre el UL

↑ $\dot{V}O_2$ } *Componente Lento
de la
Cinética del $\dot{V}O_2$*

EJERCICIO SUBMÁXIMO: Índice Metabólico

COMPONENTE LENTO DE LA CINÉTICA DEL $\dot{V}O_2$

Consumo Energético: Ejercicio Submáximo

CONSUMO ENERGÉTICO
(USO DE LA ENERGÍA)

↓
Índice Metabólico

↓
EJERCICIO AGUDO: Prolongado y Submáximo

↓
Potencia Ergométrica (Intensidad):
Estable/Constante

↓
Bastante por Abajo del UL

↓
Lento ↑ $\dot{V}O_2$

↓
Desviación del $\dot{V}O_2$

EJERCICIO SUBMÁXIMO: Índice Metabólico

DESVIACIÓN DEL $\dot{V}O_2$

CONSUMO DE O₂ vs POTENCIA ERGOMÉTRICA O INTENSIDAD (1986)

NOTA. Reproducido de: *Fisiología del Esfuerzo y del Deporte*. 5ta. ed.; (p. ?), por J. H. Wilmore, & D. L. Costill, 2004, Barcelona, España: Editorial Paidotribo. Copyright 2004 por Jack H. Wilmore y David L. Costill.

CONSUMO DE O₂ vs POTENCIA ERGOMÉTRICA O INTENSIDAD (1996)

NOTA. Reproducido de: *Fisiología del Esfuerzo y del Deporte*. 5ta. ed.; (p. ?), por J. H. Wilmore, & D. L. Costill, 2004, Barcelona, España: Editorial Paidotribo. Copyright 2004 por Jack H. Wilmore y David L. Costill.

ATLETAS ELITES/DE ALTO RENDIMIENTO DE TOLERANCIA/FONDO

(Ejemplo: Corredores Pedestres de Larga Distancia [CPLD])

INDICADORES/DETERMINANTES/FACTORES ASOCIADOS A UNA EJECUTORIA SOBRESALIENTE

(Predictores del Éxito, Índices para el Potencial de Ejecutoria)

Nivel del Umbral Anaeróbico/de Lactato (UAn ó UL)

↑ UL

Consumo de Oxígeno Máximo ($\dot{V}O_2\text{máx}$) Relativo a la Masa Corporal ($\text{mL} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$)

↑ $\dot{V}O_2\text{máx}$ ($\text{mL} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$)

Utilización Fraccionada del $\dot{V}O_2\text{máx}$ ($UF\dot{V}O_2\text{máx}$, $\% \dot{V}O_2\text{máx}$)

Economía Metabólica (EM)

↑ EM

Mantener el $\% \dot{V}O_2\text{máx}$ por Periodo de Tiempo Prolongado ($UF\dot{V}O_2\text{máx}$)

$\% \dot{V}O_2\text{máx}$ que Puede Mantener un Deportista Durante un Periodo de Tiempo prolongado

Utilización de Sustrato

Reservas de CHO/Glucógeno

Muscular

Hepático

Tipo de Fibra Muscular

Etapas Finales del Evento/Carrera

Dependerá de

↑ Fibras FT

Factores Antropométricos y de Composición Corporal

Masa Corporal

Peso Graso

Dimensiones del Cuerpo

Maratonistas

(Mantienen Durante el Evento)

75-80% $\dot{V}O_2\text{máx}$

Ejemplo

CPLD

(Alberto Salazar)

86% de su $\dot{V}O_2\text{máx}$

↑ UL

DETERMINANDO EL ÉXITO EN EVENTOS DE TOLERANCIA

- ◆ Alto consumo de oxígeno ($\dot{V}O_2$ máx)
- ◆ Elevado umbral de Lactato
- ◆ Alta economía del esfuerzo (metabólica)
- ◆ Alto porcentaje de fibras musculares de contracción lenta

NOTA. Reproducido de: *Fisiología del Esfuerzo y del Deporte*. 5ta. ed.; (p. ?), por J. H. Wilmore, & D. L. Costill, 2004, Barcelona, España: Editorial Paidotribo. Copyright 2004 por Jack H. Wilmore y David L. Costill.

CAPACIDAD MÁXIMA PARA EL EJERCICIO

CONSUMO ENERGÉTICO
(USO DE LA ENERGÍA)

Prueba de Esfuerzo/Ergométrica

↑ **Potencia Ergométrica (Intensidad)**
de forma **Progresiva**

↑ **Metabolismo**

↑ **$\dot{V}O_2$**

*Sujeto se Detiene
Por Síntomas*

**$\dot{V}O_2$ máx
Limitado a Síntomas**

*Sujeto no Puede más
y no hay
Estabilización del $\dot{V}O_2$*

*Sujeto se Detiene
Por Síntomas*

$\dot{V}O_2$ pico

$\dot{V}O_2$ se Estabiliza

**$\dot{V}O_2$ máx
(Capacidad Aeróbica)**

*Límite Máximo para
Incrementar el $\dot{V}O_2$*

INTENSIDAD DEL EJERCICIO Y EL CONSUMO DE OXÍGENO

NOTA. Reproducido de: *Fisiología del Esfuerzo y del Deporte*. 5ta. ed.; (p. 142), por J. H. Wilmore, & D. L. Costill, 2004, Barcelona, España: Editorial Paidotribo. Copyright 2004 por Jack H. Wilmore y David L. Costill.

CONSUMO DE OXÍGENO MÁXIMO ($\dot{V}O_2$ máx)

CONSUMO DE OXÍGENO MÁXIMO
($\dot{V}O_2$ máx)

**Volumen de O₂
que puede ser
Transportado y Utilizado
Durante un
Ejercicio Máximo
al Nivel del Mar**

Utilidad/Importancia

**El Mejor Indicador/Medición de la
Tolerancia Cardiorespiratoria Máxima
(Capacidad Aeróbica)**

**Impone Demanda
en las Funciones de los
Sistemas**

Pulmonar

Cardiocirculatorio

***Enzimático
Encargado de la
Respiración Celular
vía Procesos
Oxidativos***

CONSUMO DE OXÍGENO MÁXIMO ($\dot{V}O_2$ máx)

CONSUMO DE OXÍGENO MÁXIMO ($\dot{V}O_2$ máx)

FORMAS DE EXPRESARSE (VALORES)

RELATIVO

En relación a la
Masa Corporal (MC):

Militilitros de
Oxígeno Consumido
por Kilogramos de la
Masa Corporal por Minuto
($\text{mL} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$)

ABSOLUTO

NO Considera la
Masa Corporal (MC):

Litros de
Oxígeno Consumido
por Minuto
($\text{L} \cdot \text{min}^{-1}$)

CONSUMO DE OXÍGENO MÁXIMO ($\dot{V}O_2$ máx)

CONSUMO DE OXÍGENO MÁXIMO
($\dot{V}O_2$ máx)

FORMAS DE EXPRESARSE
(VALORES)

RELATIVO

**Relación a la
Masa Corporal (MC)**

**Mililitros de O₂ por kg de la MC
(mL · kg⁻¹ · min⁻¹)**

***Para Comparar Atletas que
Practican Deportes que
Soportan su MC***

↓(Ejemplo)

CPLD

ABSOLUTO

**NO Considera la
Masa Corporal (MC)**

**Litros de O₂ por Minuto
(L · min⁻¹)**

***Para Comparar Atletas que
Practican Deportes que
NO Soportan su MC***

↓(Ejemplos)

Ciclistas

Natación

CONSUMO DE OXÍGENO MÁXIMO ($\dot{V}O_2$ máx)

CONSUMO DE OXÍGENO MÁXIMO ($\dot{V}O_2$ máx)

CONSUMO DE OXÍGENO MÁXIMO
($\dot{V}O_2$ máx)

**Determinante
para Propósito de Comparación**

Masa Corporal (MC)

(Porque)

Las Necesidades Individuales de Energía
Varían con
el Tamaño del Cuerpo

**Ventaja para Expresar el
 $\dot{V}O_2$ máx
Relativo a la MC**

***Permite una
Comparación más Precisa de
Individuos de Tamaños Diferentes
Que Participan en Deportes que Requieren
Soportar su Propia MC***

(Ejemplo: Corredores Pedestres de Larga Distancia [CPLD])

CONSUMO DE OXÍGENO MÁXIMO ($\dot{V}O_2\text{máx}$)

**CONSUMO DE OXÍGENO MÁXIMO
($\dot{V}O_2\text{máx}$)**

**Deportes que NO Requieren
Soportar su MC
(Ejemplos: Natación, Ciclismo)**

**La Tolerancia Posee una
Relación más Estrecha
con el
 $\dot{V}O_2\text{máx}$ Absoluto
($L \cdot \text{min}^{-1}$)**

CONSUMO DE OXÍGENO MÁXIMO ($\dot{V}O_2$ máx)

- ◆ Límite superior de la habilidad de una persona para aumentar el consumo de oxígeno.
- ◆ Buen indicador de tolerancia cardiorrespiratoria y aptitud aeróbica.
- ◆ Varía según el género (sexo), tamaño corporal, edad y se encuentra altamente influenciado por el nivel del entrenamiento aeróbico.
- ◆ Expresado relativo a la masa (peso) corporal, es decir, en mL de O_2 consumido por kg de masa corporal por min ($mL \cdot kg^{-1} \cdot min^{-1}$).

NOTA. Reproducido de: *Fisiología del Esfuerzo y del Deporte*. 5ta. ed.; (p. ?), por J. H. Wilmore, & D. L. Costill, 2004, Barcelona, España: Editorial Paidotribo. Copyright 2004 por Jack H. Wilmore y David L. Costill.

CONSUMO DE OXÍGENO MÁXIMO ($\dot{V}O_2$ máx)

CONSUMO DE OXÍGENO MÁXIMO ($\dot{V}O_2$ máx)

Atletas Elites

**Valores
Relativos**

Varones

Mujeres

**CPLD y
Esquiadores de
Esquí Nórdico**

(entre)

80 y 84

$\text{mL} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$

**Valor más Alto
Campeón Noruego
Esquí Nórdico**

$94 \text{ mL} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$

**Valor más Alto
Campeona Rusa
Esquí Nórdico**

$74 \text{ mL} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$

CONSUMO DE OXÍGENO MÁXIMO ($\dot{V}O_2$ máx)

CONSUMO DE OXÍGENO MÁXIMO ($\dot{V}O_2$ máx)

CONSUMO DE OXÍGENO MÁXIMO ($\dot{V}O_2$ máx)

CONSUMO DE OXÍGENO MÁXIMO ($\dot{V}O_2$ máx)

**Valores Promedios
(Relativos)**

**Comparación entre
Géneros**

**En Mujeres Adultas
 $\dot{V}O_2$ máx Menor que
en los Varones**

**Posibles
Razones**

Interrogantes

**Variables
Contaminantes**

**Las Diferencias
en Género
Respecto al $\dot{V}O_2$ máx**

¿Se Deben a?

**¿Diferencias
Fisiológicas?**

**¿Estilos de
Vida Sedentarios?**

**Luego de Alcanzar la
Madurez Sexual**

Diferencias en

**Composición
Corporal**

(Masa Corporal Activa)

Mujeres

↓ MCA

↓ Metabolismo

↓ $\dot{V}O_2$ máx

Varones

↑ MCA

↑ Metabolismo

↑ $\dot{V}O_2$ máx

**Contenido de Hemoglobina
En la Sangre**

(Sistema de Transporte de [ST] O_2)

Mujeres

↓ Hb

↓ ST O_2

↓ $\dot{V}O_2$ máx

Varones

↑ Hb

↑ ST O_2

↑ $\dot{V}O_2$ máx

Utilización Fraccionada del Consumo de Oxígeno Máximo ($\dot{V}O_2\text{máx}$)

CONSUMO DE OXÍGENO MÁXIMO
($\dot{V}O_2\text{máx}$)

**Entrenamiento Físico
(Ejercicio Crónico)**

**Durante
8 - 12 Semanas**

Luego

**Se Nivelan
(a pesar de Seguir Entrenando)**

¿Cómo Mejora su Rendimiento/Ejecutoria Deportiva?

↑% $\dot{V}O_2\text{máx}$ ó UF $\dot{V}O_2\text{máx}$

**(Mayor Capacidad para Rendir un % $\dot{V}O_2\text{máx}$ Más Elevado)
(Capacidad para Mantener el $\dot{V}O_2\text{máx}$ por un Periodo Prolongado)**

Ejemplo

CPLD Completan un Maratón de 42 km a

75-80% $\dot{V}O_2\text{máx}$

Utilización Fraccional del Consumo de Oxígeno Máximo ($\dot{V}O_2\text{max}$)

↑UF $\dot{V}O_2\text{máx}$

Refleja

↑UL (UAn)

Utilización Fraccionada del Consumo de Oxígeno Máximo ($\dot{V}O_2\text{máx}$)

Umbral de Lactato (UL)

Determinante Principal del Ritmo que se Puede Tolerar en Un Evento/Competencia Deportivo de Tolerancia (de Larga Distancia)

Implica

Mantener por un Periodo Prolongado un Alto % $\dot{V}O_2\text{máx}$ ($\uparrow UF\dot{V}O_2\text{máx}$)

Utilización Fraccionada del Consumo de Oxígeno Máximo ($\dot{V}O_2\text{máx}$)

UTILIZACIÓN FRACCIONADA DEL $\dot{V}O_2\text{máx}$
($UF\dot{V}O_2\text{máx}$ ó $\% \dot{V}O_2\text{máx}$)

**La Capacidad para la
Utilización del $\dot{V}O_2\text{máx}$
por un
Periodo de Tiempo Prolongado**

**Refleja el
Expendio Energético
Relativo al $\dot{V}O_2\text{máx}$**

Fórmula:

$$UF\dot{V}O_2\text{máx} = \frac{\dot{V}O_2 \text{ durante Carrera Pedestre (mL} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1})}{\dot{V}O_2\text{máx (mL} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1})} \times 100$$

Utilización Fraccionada del Consumo de Oxígeno Máximo ($\dot{V}O_2\text{max}$)

UF $\dot{V}O_2\text{máx}$

**Correlaciona Significativamente con
Ejecutorias a Diferentes Distancias
entre 5 y 42 km**

ECONOMÍA METABÓLICA (EM)

ECONOMÍA METABÓLICA (EM)

↓ (Ahorro de Energía)

$\dot{V}O_2 \text{ mL} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$

durante una

Carrera Pedestre (CP) Submáxima

ECONOMÍA METABÓLICA (EM)

ECONOMÍA METABÓLICA (EM)

VENTAJA

Evita un Gasto Innecesario de Energía

**Facilita el
Mantenimiento de
una Velocidad Dada
por un Mayor Tiempo**

**↑ Velocidad de Traslación
a un Gasto Energético Dado**

ECONOMÍA METABÓLICA (EM)

ECONOMÍA METABÓLICA (EM)

**Variabilidad de las
Características Morfofuncionales**

(Causa)

Variables Biomecánicas

Patrón de Movimiento Metabólicamente Económico

**VARÍA ENTRE CPLD
(EM Varía entre Atletas)**

(Causa)

**Diferencias en
Características Morfofuncionales**

ECONOMÍA METABÓLICA (EM)

ECONOMÍA METABÓLICA (EM)

↓
Varía entre Atletas

↓
Razón

↓
Diferencias en las
Características Morfofuncionales

↓
(Por lo tanto)

No son Iguales para todas las
VARIABLES BIOMECÁNICAS

↓
Que Representan

↓
Patrón de Movimiento
Metabólicamente Económico

ECONOMÍA METABÓLICA (EM)

ECONOMÍA METABÓLICA (EM)

↓
Varía entre Atletas

↓
Razón

↓
Diferencias en las
Características Morfofuncionales

↓
Por lo tanto

↓
No son Iguales para todos los Atletas
(Varían)

↓
Las Variables Metabólicas
Que Representan un
PATRÓN DE MOVIMIENTO METABÓLICAMENTE ECONÓMICO

ECONOMÍA METABÓLICA (EM)

ECONOMÍA METABÓLICA (EM)
(ECONOMÍA DEL ESFUERZO)

↓ $\dot{V}O_2$, mL · kg⁻¹ · min⁻¹
durante

Intensidad Submáxima
(Ej: Velocidades Relativamente Bajas)
(Entre 10 y 19 km/h)

↓ **Uso de Energía durante el Ejercicio/Competencia**
(↓ **Demandas de Energía durante Evento Deportivo**)

Evita Gasto Innecesario de Energía
(Ahorro de Energía)

↑ **Eficacia de la Competencia/Evento**
(Ej: CPLD, Maratonistas)

VENTAJA COMPETITIVA

Razón

↑ **Capacidad para Sustener
una Velocidad dada por un
Mayor Periodo de Tiempo**

↑ **Velocidad de Traslación
a un Gasto Energético Dado**

ECONOMÍA METABÓLICA (EM)

ECONOMÍA METABÓLICA (EM)
(ECONOMÍA DEL ESFUERZO)

ECONOMÍA METABÓLICA (EM)

ECONOMÍA METABÓLICA (EM)
(ECONOMÍA DEL ESFUERZO)

↓
Determinantes

↓
**Factores
Biomecánicos**

↓
**Variaciones en la
Forma de Correr
(Eficacia del Movimiento)**

↓ *(Ejemplo)*

**Grado de
Oscilación/Movimiento Vertical
del Centro de Gravedad
al Correr**

↓
EJEMPLO

↓
Corredores de Media y Corta Distancia

↑ **Movimiento Vertical al Correr entre 11 y 19 km/h**
en comparación con los
Corredores de Larga Distancia

↓ *(La realidad es que son)*

**Velocidades muy por Debajo
de las Requeridas durante Carreras de
Media y Corta Distancia**

↓ *(Probablemente no reflejan con precisión la eficacia en las)*

**Pruebas más Cortas
(Ej: 1,500 m o de Menos Distancia)**

ECONOMÍA METABÓLICA (EM)

ECONOMÍA METABÓLICA (EM)
(ECONOMÍA DEL ESFUERZO)

NADADORES

Determinantes de la EM

Factores Biomecánicos

Eficacia del Movimiento

EJEMPLO

**Aplicación Eficaz de la
Fuerza Contra el Agua**

ECONOMÍA METABÓLICA (EM)

NATACIÓN

Destino de Parte de la Energía Gastada

**Sostener el Cuerpo
Sobre la
Superficie del Agua**

**Para Generar
Suficiente
Fuerza para
Superar la
Resistencia del
Agua al Movimiento**

ECONOMÍA METABÓLICA (EM)

NATACIÓN

Requisitos Energéticos

Determinantes

**Factores
Morfológicos**

**Dimensiones/Tamaño
del Cuerpo**

**Flotabilidad
del Cuerpo**

ECONOMÍA METABÓLICA (EM)

ECONOMÍA METABÓLICA (EM)
(ECONOMÍA DEL ESFUERZO)

**Comparación
entre
Nadadores y Triatletas Elites**

NADADORES

↑Eficacia en la Competición (Ej: 400 m)

↓ $\dot{V}O_2$ L/min Durante Evento

(Nadan a Mayor Velocidad con Menos $\dot{V}O_2$)

ECONOMÍA METABÓLICA (EM)

FACTORES QUE DETERMINAN
EL ÉXITO COMPETITIVO

Uno de Ellos

**FACTORES BIOMECÁNICOS
(Técnica)**

↑ EM

Entrenamiento

de la

Fortaleza Tolerancia

REQUISITOS DE OXÍGENO DE DOS CORREDORES

NOTA. Reproducido de: *Fisiología del Esfuerzo y del Deporte*. 5ta. ed.; (p. ?), por J. H. Wilmore, & D. L. Costill, 2004, Barcelona, España: Editorial Paidotribo. Copyright 2004 por Jack H. Wilmore y David L. Costill.

COSTE ENERGÉTICO DE VARIAS ACTIVIDADES

ACTIVIDADES FÍSICAS/EJERCICIO

COSTE ENERGÉTICO, kcal/min
(Cantidad de Energía Gastada)

Determinantes

Intensidad

Tipo de Ejercicio

COSTE ENERGÉTICO DE VARIAS ACTIVIDADES

ACTIVIDADES FÍSICAS/EJERCICIO

COSTE ENERGÉTICO

Las Tablas

No Consideran

**Los Aspectos
Anaeróbicos**

El COEP

Recuperación

↑ Coste Total de la Actividad

COSTE ENERGÉTICO DE VARIAS ACTIVIDADES

ACTIVIDADES FÍSICAS/EJERCICIO

COSTE ENERGÉTICO

Determinación

Basado en el

$\dot{V}O_2$

**Se Estima el
 $\dot{V}O_2$ Promedio**

(Se Convierte en)

kcal/min

COSTE ENERGÉTICO DE VARIAS ACTIVIDADES

ACTIVIDADES FÍSICAS/EJERCICIO

COSTE ENERGÉTICO

Determinantes

TMB:
Energía Requerida
en Reposo

Energía Requerida
en las
Actividades Físicas
Diarias

**Total del
Coste Energético**

COSTE ENERGÉTICO DE VARIAS ACTIVIDADES

ACTIVIDADES FÍSICAS/EJERCICIO

PERSONA PROMEDIO

Coste Energético en Reposo

VO_2 : 0.20 - 0.35 L · min⁻¹

1.0 - 1.8 kcal · min⁻¹

60 - 108 kcal · h⁻¹

1.440 - 2.592 kcal · día⁻¹

COSTE ENERGÉTICO DE VARIAS ACTIVIDADES

ACTIVIDADES FÍSICAS/EJERCICIO

COSTE ENERGÉTICO TOTAL DIARIO

FACTORES QUE AFECTAN LOS COSTOS DE ENERGÍA

- ◆ Tipo de actividad
- ◆ Tamaño, peso y composición corporal
- ◆ Nivel de Actividad
- ◆ Intensidad de la actividad
- ◆ Edad
- ◆ Duración de la actividad
- ◆ Género (sexo)
- ◆ Eficiencia del movimiento

NOTA. Reproducido de: *Fisiología del Esfuerzo y del Deporte*. 5ta. ed.; (p. ?), por J. H. Wilmore, & D. L. Costill, 2004, Barcelona, España: Editorial Paidotribo. Copyright 2004 por Jack H. Wilmore y David L. Costill.

COSTE ENERGÉTICO DE VARIAS ACTIVIDADES

ACTIVIDADES FÍSICAS/EJERCICIO

**ACTIVIDADES DEPORTIVAS
(DEPORTES)**

Determinantes

TMB

Tasa
Metabólica
Basal

Duración

del
Ejercicio/Deporte

Intensidad

del
Ejercicio/Deporte