

ARTÍCULOS



BOLETÍN CIENTÍFICO TECNOLÓGICO

ACADEMIA POLITÉCNICA MILITAR

**CUANTIFICACIÓN PARA DETERMINAR LA CAPACIDAD
DE MARCHA EN MONTAÑA DEL COMBATIENTE
INDIVIDUAL**



CUANTIFICACIÓN PARA DETERMINAR LA CAPACIDAD DE MARCHA EN MONTAÑA DEL COMBATIENTE INDIVIDUAL

CAP. Danilo Contador Rojas.¹

Sr. Eduardo Araya Barrios.²

MAY. Claudio Nieto J.³

Sra. Daniela Cárdenas Astudillo.⁴

Sr. Angelo Zaio Rosas.⁵

Resumen: Este artículo realiza un estudio teórico del gasto calórico y la intensidad (%VO₂max⁶) que presentaría un combatiente individual en las diferentes marchas que realizan las unidades de montaña, a través de ecuaciones que estiman el gasto energético en situaciones de marcha. Los resultados indican que el consumo energético necesario para estas marchas varía entre 3.400 [kcal] a 5.500 [kcal].

Palabras claves: Combatiente individual, Gasto calórico, Marchas, VO₂max

Abstract: This article makes a theoretical study of caloric expenditure and intensity (% VO₂max) would present an individual combatant in the different gears that perform Mountainside units through equations that estimate energy expenditure in driving situations. The results indicate that the energy consumption required for these gears varies between 3.400 [kcal] 5.500 [kcal].

Key Word: Individual Combatant, Caloric Expenditure, Gears, VO₂max

1. INTRODUCCIÓN.

El personal militar debe poseer varias capacidades esenciales para ser considerado apto para el combate, una de ellas es la capacidad de marchar. El combatiente individual debe ser capaz de desplazarse por distintos terrenos y poder cargar su equipamiento para ejecutar diversas tareas de combate.

1 Ingeniero Politécnico Militar en Sistemas Tecnología de Información y Comunicaciones.

2 Ingeniero Físico del Departamento de Investigación para el Combate.

3 Magíster en medicina deportiva y ciencias del deporte.

4 Profesora de Educación Física. Magíster en entrenamiento deportivo.

5 Profesor de Educación Física. Magíster (c) en ciencias del ejercicio.

6 El VO₂max es la cantidad máxima de oxígeno (O₂) que el organismo puede absorber, transportar y consumir en un tiempo determinado.



En este artículo para cuantificar la capacidad de marcha del soldado se utilizaron ecuaciones que tratan de predecir el gasto energético en situaciones de marcha [1] [2][3]. El gobierno australiano y la organización del Tratado del Atlántico Norte (OTAN) ya han recurrido a este tipo de ecuaciones para realizar sus respectivos análisis sobre marchas [4][5]. De las ecuaciones se pueden obtener el gasto calórico y la intensidad como un porcentaje (%) del $\dot{V}O_{2max}$ del soldado de manera indirecta.

El gasto calórico es la energía que se utiliza para realizar las distintas marchas, y la intensidad permite dar una noción sobre los distintos sistemas energéticos (grasas, glucógeno y fosfatos) que predominan en los diferentes instantes de tiempo de cada marcha para entregar la energía requerida.

Según Kent Sahlin [6] a bajas intensidades, aproximadamente bajo el 50% del $\dot{V}O_{2max}$, la duración de la actividad física puede ser muy larga, debido a que la grasa almacenada en el cuerpo puede proporcionar toda la energía para la tarea realizada, siendo así difícil de determinar un punto de fatiga. A intensidades entre 60% y el 90% del $\dot{V}O_{2max}$, la fatiga está asociada principalmente a la disminución de glucógeno, por lo tanto la capacidad para realizar la marcha del soldado depende del nivel de glucógeno (carbohidratos) en los músculos de este y de la tasa a la que disminuye el glucógeno. A intensidades sobre el 90% del $\dot{V}O_{2max}$, la fatiga está caracterizada por un marcado vaciamiento del ATP (fosfatos de altas energías).

Todo lo anterior se puede ver reflejado en la figura N° 1, la cual muestra la estimación de la duración durante un ejercicio de bicicleta. Aunque la figura no sea precisamente sobre un ejercicio de marcha, esta entrega una noción de la relación entre la intensidad y el tiempo de duración de un ejercicio físico.

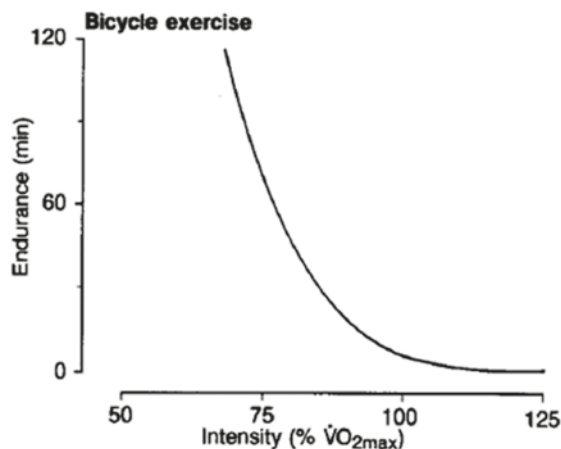


Figura N° 1: Estimación de la duración durante un ejercicio de bicicleta en relación a la intensidad del trabajo [6].



Cuantificación para determinar la capacidad de marcha en montaña del combatiente individual.

En este artículo se analizaron marchas que realizan las unidades de montaña. Estas marchas son las siguientes:

a. Marchas III división de montaña:

- Antuco
- Llafenco de ida y regreso

b. Marchas curso de montaña:

- Cristo Redentor
- Mocoen
- Ojos de Agua

1.1 Marcha de Antuco.

Esta marcha es en la región del Biobío y tiene una distancia aproximada de 19,4 km. En la figura N° 2 se presenta una imagen del recorrido en el cual se señala el punto de inicio de marcha (PIM) y el punto de término de marcha (PTM).



Figura N° 2: Imagen del terreno por el cual se realiza la marcha de Antuco.



1.2 Marcha de Llafenco.

Esta marcha es en la región de la Araucanía y tiene una distancia aproximada de 23,6 km. En la figura N° 3 solo se muestra la ida del recorrido, ya que el regreso es la misma ruta pero iniciando la marcha desde el punto de término de marcha.



Figura N° 3: Imagen del terreno por el cual se realiza la marcha de Llafenco de ida.

1.3 Marcha del Cristo Redentor.

Esta marcha es en la región de Valparaíso y tiene una distancia aproximada de 9,3 km de pendiente constante. En la figura N° 4 se presenta una imagen del recorrido en el cual se señala el punto de inicio de marcha y el punto de término de marcha.



Figura N° 4: Imagen del terreno por el cual se realiza la marcha del Cristo.



Cuantificación para determinar la capacidad de marcha en montaña del combatiente individual.

1.4 Marcha de Mocoen.

Esta marcha es en la región de Valparaíso y tiene una distancia aproximada de 8,1 km. En la figura N° 5 se presenta una imagen del recorrido en el cual se señala el punto de inicio de marcha y el punto de término de marcha.



Figura N° 5: Imagen del terreno por el cual se realiza la marcha de Mocoen.

1.5 Marcha de Ojos de Agua.

Esta marcha es en la región de Valparaíso y tiene una distancia aproximada de 12 km. En la figura N° 6 se presenta una imagen del recorrido en el cual se señala el punto de inicio de marcha y el punto de término de marcha.



Figura N° 6: Imagen del terreno por el cual se realiza la marcha de Ojos de Agua.



2. DESARROLLO

Para el desarrollo de este artículo se calculó: el gasto energético, los macronutrientes y la intensidad (% de VO₂max) del combatiente individual. El método de cómo se hicieron los cálculos se muestra a continuación, junto con las variables utilizadas para realizar todos los cálculos.

2.1 Gasto energético.

Las rutas de marcha fueron divididas por tramos, en donde cada tramo es de tamaño variable, y cada uno de estos posee un grado de inclinación en %, ya sea de subida o bajada. En cada tramo se calculó el gasto calórico en kcal y luego a través de la suma de todos los tramos, se obtuvo la cantidad total del gasto calórico en cada marcha. El cálculo de las kcal en cada tramo se realizó mediante la ecuación de Pandolf y otros [1]. Esta ecuación es una de las más relevantes para determinar el costo energético para una marcha según trabajos de revisión [4][5][7]. La ecuación es la siguiente:

$$M = 1.5 \times W + 2.0 \times (W + L) \times \left(\frac{L}{W}\right)^2 + \eta \times (W + L) \times [1.5 \times V^2 + 0.35 \times V \times G] \quad (1)$$

En donde:

M= tasa metabólica, [Watts].

W= peso del sujeto, [kg].

L= peso de la carga, [kg].

V= velocidad de la marcha, [m/s].

G= grado de inclinación, [%].

η = factor del terreno (Estos factores están predeterminados, por ejemplo: asfalto=1,0; arena suelta= 2,1).

La ecuación anterior no toma en cuenta el incremento del costo energético que se produce en períodos extensos de tiempo (más de dos horas), por lo que el costo energético podría ser subestimado (~10%-16%)[8][9]. Además esta ecuación fue desarrollada en pendientes positivas con inclinación de entre 0 a 25 %. Por lo tanto si se quiere calcular el costo energético en pendientes negativas se debe aplicar un factor de corrección [2]:

$$CF = \eta \times \left[\frac{G \times (W + L) \times V}{3.5} - \frac{(W + L) \times (G + 6)^2}{W} + (25 - V^2) \right] \quad (2)$$



Cuantificación para determinar la capacidad de marcha en montaña del combatiente individual.

Luego para bajadas el costo energético se calcula como:

$$\text{Costo energético} = M - CF \quad (3)$$

Sin embargo esta corrección pareciera no funcionar bien para velocidades distintas a 1,34 m/s, y fue desarrollada en declinaciones de hasta -12 %, por lo que para bajadas se opta por usar otra ecuación, fórmula adaptada de Santee y otros [3].

$$W_{Down} = W_L + 2.4 \times (m_t \times g \times h/s) \times 0.3^{(\alpha/7.65)} \quad (4)$$

En donde:

W_L = es el costo energético sin inclinación, el cual en este caso es obtenido de la ecuación (1).

m_t = es el total de la masa en kilogramos (considerando el peso de la persona y la carga).

g = es la aceleración de gravedad 9,8 m/s².

h = es el desplazamiento vertical a una velocidad dada en m/s para cierto grado.

s = distancia.

α = es el ángulo de la inclinación.

Esta ecuación expresa el gasto energético de la marcha, gasto que disminuye con la declinación del terreno. Existe también un ángulo óptimo de declinación y cuando este ángulo es sobrepasado, el costo energético vuelve a elevarse aunque sin sobrepasar el requerimiento calórico de la marcha sin inclinación.

Las velocidades a pie para marchas en montaña en terreno sin nieve, según el manual de técnicas de montaña del Ejército de Chile [10], se presentan en la siguiente tabla:

Tabla N° 1: Velocidades en metros por hora [m/h] de distancias verticales para marchas en montaña a pie en terreno sin nieve.

CARGA [kg]	TROPA NORMAL [m/h]		TROPA ANDINA [m/h]	
	Subida	Bajada	Subida	Bajada
10	300-350	600	450-550	700
20	250-300	500	350-450	550
30	200-250	350	250-350	400



Se usaron como referencia los tiempos de desfile del manual de técnicas de montaña del Ejército de Chile (tabla N° 2) para definir las velocidades utilizadas en este artículo.

Tabla N° 2: Tiempo de desfile para distancia vertical de 350 m/h.

PROFUNDIDAD [m]	PENDIENTES				
	10 %	15%	20%	25%	30%
1000	13'20"	20'	28'20"	33'20"	41'40"

El resultado del costo energético que se calcula de las ecuaciones se obtiene en watts, ya sea en subida o bajada, este se puede transformar en kcal/h y ya que los tramos de las marchas se realizan a las velocidades especificadas en la tabla N° 3, y se conoce la distancia de los tramos, se puede calcular el tiempo en que se recorre cada tramo. Al tener el tiempo se puede obtener la cantidad de kcal de cada tramo para finalmente hacer la suma de todas las distancias y así obtener el gasto energético de la marcha.

Tabla N° 3: Tabla de velocidades según la inclinación de los tramos de las rutas de marcha.

PENDIENTE [%]	VELOCIDAD [km/h]
< (-84)	1,2
(-84)-(-58)	3
(-58)-0	6
0-10	5
10-15	4,5
15-20	3
20-25	2,5
25-30	2
30-35	1
35-40	0,93
40-45	0,93
> 45	0,4



En la tabla N°3 las pendientes positivas varían en saltos de 5 %, sin embargo para las pendientes negativas el salto resulta ser irregular. Esto se debe a que las pendientes negativas fueron tomadas como grados y luego se pasaron a porcentaje. Por ejemplo el valor de 84 % proviene de pendiente con 40 grados de declinación.

Luego de haber obtenido el gasto energético de la marcha, se puede calcular el gasto energético diario del soldado, según la suma de las actividades físicas que este realiza durante el día. Es decir, el gasto metabólico basal + el gasto de la marcha + el gasto del resto de las actividades (este último por el momento se omitirá en este artículo, al no saber el detalle de las actividades que se realizan). El gasto metabólico basal (TMB) se calcula a través de la ecuación de Harris-Benedict [11]:

$$TMB(\text{hombres}) = [10 \times \text{peso}(\text{kg})] + [6.25 \times \text{altura}(\text{cm})] - [5 \times \text{edad}(\text{años})] + 5 \quad (5)$$

A continuación de tener el gasto energético diario, se puede calcular el déficit energético diario que el soldado presenta, en donde:

$$\text{Déficit de energía diario} = \text{gasto de energía diario} - \text{consumo de energía diario} \quad (6)$$

Para el consumo de energía diario, en este artículo usaremos la minuta de montaña 2015 para el Ejército de Chile [12], la cual de aquí en adelante se le referirá como minuta. La minuta es alimentación que recibe el soldado diariamente, la cual tiene una cierta cantidad de kcal y macronutrientes específica.

Se puede considerar que un individuo pierde una libra⁷ por cada 3.500 kcal que ha este le faltan. Si se tiene un individuo que pesa 77 kg, lo equivalente a 171,1 libras, el 10% de su peso serían 17,1 libras. Con estos datos se puede calcular en cuantos días esta persona pierde el 10% de su peso según el déficit de energía que esté presente diariamente, esto se hace de la siguiente manera:

$$17,1 \text{ libras} \times 3.500 \text{ kcal} = \text{déficit de energía} \times \text{días} \quad (7)$$

$$\text{días} = \frac{17,1 \text{ libras} \times 3.500 \text{ kcal}}{\text{déficit de energía}} \quad (8)$$

Con los días en los que el individuo pierde el 10% de su peso, se utiliza la tabla N° 4 para determinar si el individuo podría tener un posible impacto en su rendimiento.

⁷ 1 libra = 0,45 kg



Tabla N° 4: Causas probables de pérdida de peso y su impacto potencial en el rendimiento [13].

PÉRDIDA DE PESO PROMEDIO	PERÍODO DE TIEMPO	CAUSA PROBABLE	IMPACTO POTENCIAL EN EL RENDIMIENTO
>10%	Menos que 48 horas	Consumo inadecuado de fluidos	Serio déficit
	3 días a 12 semanas	Severo déficit de energía	Muy probable
	12 semanas o mas	Déficit de energía	Poco probable

2.2 Macronutrientes.

Para analizar las cantidades de macronutrientes se utiliza las recomendaciones de Australia y Nueva Zelanda usadas en el anexo J del artículo: Nutrition Science and Food Standards for Military Operations [14].

Tabla N° 5: Recomendaciones de Australia y Nueva Zelanda para el consumo de macronutrientes [14].

RECOMENDACIONES AUSTRALIA Y NUEVA ZELANDA	DISTRIBUCIÓN PORCENTUAL DE MACRONUTRIENTES
Proteínas	15-25
Hidratos de Carbono	45-65
Lípidos	20-35

2.3 Intensidad (% de VO₂max).

Una vez obtenido el gasto energético y macronutrientes diario, se analiza el % de VO₂max de cada tramo de la marcha. Mediante la ecuación (1), si se asume que 5 kcal equivalen a 1 litro de oxígeno (O₂), se puede obtener el consumo de oxígeno en L/min de cada tramo de esta marcha. Con el consumo de oxígeno se puede estimar la intensidad de esta marcha como un % del VO₂max, lo cual se hace dividiendo el consumo de oxígeno por el VO₂max del individuo y multiplicando por 100. El VO₂max es estimado a través de la cartilla para las pruebas de suficiencia física del Ejército de Chile [15], tomando como referencia el tiempo para la clasifi-



Cuantificación para determinar la capacidad de marcha en montaña del combatiente individual.

cación de “apto” en personas de 30 a 34 años en esta prueba (carrera de 2.400 metros). **Nota:** una consideración importante que se debe tener en cuenta, es que el VO₂max disminuye considerablemente cuando se marcha con peso [16], por lo tanto el valor del %VO₂max puede estar sobreestimado.

Ya con el resultado de la intensidad de la marcha, se utiliza un modelo obtenido por Wu & Wang [17], para estimar el tiempo en que se puede sostener la marcha de manera continua en cada tramo. El modelo se traduce como la siguiente ecuación:

$$\text{Horas} = 95.33 \times e^{-7.28 \times \%VO2max} \quad (9)$$

Este tiempo es de interés para tramos a intensidades sobre el 100% del VO₂max, ya que la actividad física a esas intensidades se pueden mantener por breves períodos de tiempo y al ser tramos pequeños los que se analizan, los tiempos en que se recorren también son pequeños. Por lo tanto, es de interés saber si la persona es capaz de recorrer cada tramo dentro del período de tiempo aceptable, según la ecuación (9).

2.4 Variables del modelo.

Para realizar todos los cálculos con las ecuaciones presentadas en esta sección, se utilizaron datos promedio del Ejército de Chile, los cuales se observan en la siguiente tabla:

Tabla N° 6: Valores del soldado promedio y datos usados para realizar los cálculos.

VARIABLES	VALORES
Altura del soldado	171 cm ± 8 cm
Edad del soldado	30 años
Peso del soldado	77 kg ± 11 kg
Peso de la carga	33 kg
Velocidad del soldado	Según tabla N° 1
Factor del terreno	1,1 (camino de tierra)
Pendiente	Varía según el tramo del perfil topográfico
VO ₂ max	3,66 l/min

En los cálculos no se consideró el sector geográfico, es decir no se tomó en cuenta condiciones de hipoxia y climatológicas, las cuales son condiciones que podrían variar



el gasto energético. Por lo tanto la altura y la temperatura no son variables de consideración para el análisis de este artículo.

3. RESULTADOS

En esta sección se presentan todos los resultados obtenidos, empezando por el gasto energético.

3.1 Gasto energético.

Los resultados del gasto calórico de cada marcha se presentan en la tabla N° 7:

Tabla N° 7: Gasto energético y tiempo de duración de las marchas realizadas por las unidades de montaña.

MARCHAS	kcal	TIEMPO [h]
Antuco	2.248,91	3,8
Cristo	1.757,38	2,7
Mocoen	2.732,08	5,2
Ojos de Agua	3.540,45	6,8
Llafenco ida	3.872,17	6,3
Llafenco regreso	3.688,30	6,1

Se obtuvo de la ecuación (5) que la tasa metabólica basal es de 1.696,81 kcal y además se posee el gasto energético diario de las distintas marchas, por lo tanto se puede obtener el gasto energético total diario:

$$\text{Gasto energético total diario} = \text{Tasa Metabólica basal} + \text{Marcha} \quad (10)$$

Luego el gasto energético para todas las marchas, se muestran en la tabla N° 8:

Tabla N° 8: Gasto energético diario para cada una de las marchas y el valor energético entregado por la minuta.

MARCHAS	kcal
Antuco	3.945,72
Cristo	3.454,19



Cuantificación para determinar la capacidad de marcha en montaña del combatiente individual.

MARCHAS	kcal
Mocoen	4.428,89
Ojos de Agua	5.237,26
Llafenco ida	5.568,98
Llafenco regreso	5.385,12
Minuta	2.878

3.2 Macronutrientes.

Los resultados de los macronutrientes recomendados para cada marcha son descritos en la tabla N° 9:

Tabla N° 9: Macronutrientes recomendados para cada marcha y los entregados por la minuta.

MARCHAS	PROTEÍNAS [g]	CARBOHIDRATOS [g]	LÍPIDOS [g]
Antuco	148,0 -246,6	443,9 – 641,2	87,7– 153,4
Cristo	129,5 – 215,9	388,6 – 561,3	76,8 – 134,3
Mocoen	166,1 – 276,8	498,2 – 719,7	98,4 – 172,2
Ojos de Agua	196,4 – 327,3	589,2 – 851,1	116,4 – 203,7
Llafenco ida	208,8 – 348,1	626,5 – 905,0	123,7 – 216,6
Llafenco regreso	201,9 – 336,6	605,8 – 875,1	119,7 – 209,3
Minuta	112,3	455,6	60

3.3 Déficit de energía.

Se calcula el déficit de energía diario que tendría el soldado consumiendo la minuta y en cuanto tiempo perderían el 10% de su peso corporal para cada marcha. Sus resultados se observan en la tabla N° 10.



Tabla N° 10: Déficit energético diario y la cantidad de semanas en las que el soldado perdería el 10% de su peso corporal.

MARCHAS	DÉFICIT DE ENERGÍA DIARIO	SEMANAS APROXIMADAS EN QUE EL SOLDADO PIERDE EL 10% DE SU PESO CORPORAL
Antuco	1.067,72	8
Cristo	576,20	13
Mocoen	1.550,89	6
Ojos de Agua	2.359,26	4
Llafenco ida	2.690,99	3
Llafenco regreso	2.507,12	3

Al tener las semanas aproximadas en que se pierde el 10% del peso corporal del soldado, se puede usar la tabla N° 11 para obtener que tan probable sea que el soldado tenga un impacto en su rendimiento físico.

Tabla N° 11: Causas probables de pérdida de peso y su impacto potencial en el rendimiento [13].

PÉRDIDA DE PESO PROMEDIO	PERÍODO DE TIEMPO	CAUSA PROBABLE	IMPACTO POTENCIAL EN EL RENDIMIENTO
>10%	Menos que 48 horas	Consumo inadecuado de fluidos	Serio déficit
	3 días a 12 semanas	Severo déficit de energía	Muy probable
	12 semanas o más	Déficit de energía	Poco probable

Se puede observar que en todas las marchas, excepto en la marcha del Cristo, es muy probable que el soldado tenga un impacto en su rendimiento físico.

3.4 Análisis según % de VO₂max.

En esta sección se analiza el % de VO₂max que se obtiene durante todo el recorrido de cada marcha.



Cuantificación para determinar la capacidad de marcha en montaña del combatiente individual.

3.4.1 Marcha de Antuco.

Observando la figura N° 7, se puede notar que la mayor parte de la marcha se realiza bajo el 50% del VO₂max, por lo tanto se podría pensar que la mayor parte de la energía utilizada para realizar esta marcha es obtenida de las reservas de grasa del cuerpo. El resto de la marcha se realiza principalmente entre intensidades del 50% y el 80% del VO₂max.

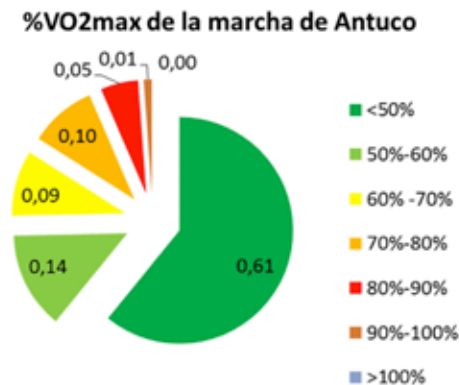


Figura N° 7: Representación gráfica de los porcentajes de las intensidades utilizadas para realizar la marcha de Antuco.

3.4.2 Marcha del Cristo Redentor.

La marcha del Cristo Redentor se puede notar que es bastante más intensa que la marcha de Antuco, según la figura N° 8. En donde la mayor parte de la marcha se realiza sobre el 50% del VO₂max, por lo que podría ser importante una buena fuente de carbohidratos para esta marcha.

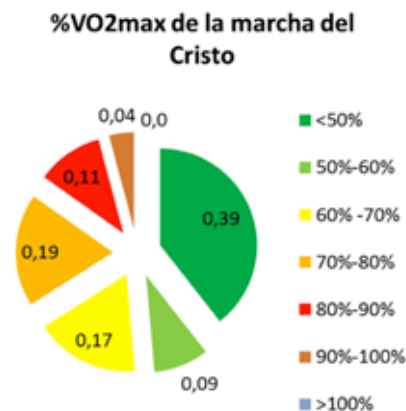


Figura N° 8: Representación gráfica de los porcentajes de las intensidades utilizadas para realizar la marcha del Cristo Redentor.



3.4.3 Marcha de Mocoen.

Se puede notar que según la figura N° 9, esta marcha es muy similar en intensidad a la marcha del Cristo, por lo cual seguramente en esta marcha la alimentación e hidratación sean un factor importante en las condiciones en que se completa esta marcha.

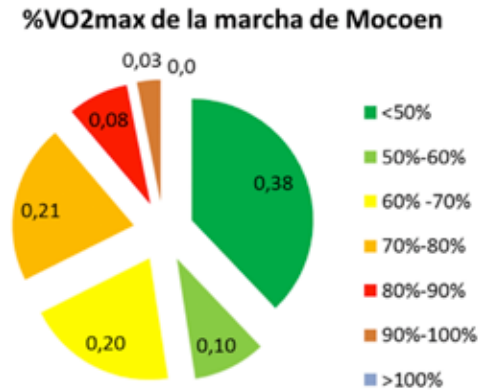


Figura N° 9: Representación gráfica de los porcentajes de las intensidades utilizadas para realizar la marcha de Mocoen.

3.4.4 Marcha de Ojos de Agua.

Al igual que los dos casos anteriores esta marcha resulta ser intensa (ver figura N° 10), y además se le debe añadir que esta marcha es más extensa que las dos anteriores.

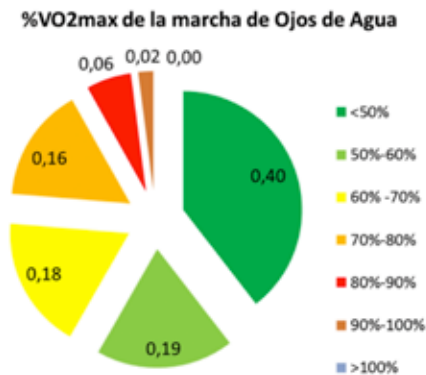


Figura N° 10: Representación gráfica de los porcentajes de las intensidades utilizadas para realizar la marcha de Ojos de Agua.



Cuantificación para determinar la capacidad de marcha en montaña del combatiente individual.

3.4.5 Marcha de Llafenco de ida.

En la figura N° 11, se puede observar que prácticamente la mitad de esta se realiza bajo el 50% del VO₂max, y el resto a intensidades superiores. Se debe notar que a pesar de no ser una marcha tan intensa como Cristo, Mocoen y Ojos de Agua, esta es bastante más extensa, cerca de los 24 km. Por lo tanto los requerimientos energéticos podrían ser mayores que las marchas mencionadas anteriormente.

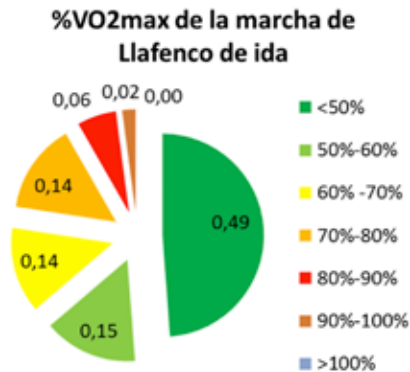


Figura N° 11: Representación gráfica de los porcentajes de las intensidades utilizadas para realizar la marcha de Llafenco de ida.

3.4.6 Marcha de Llafenco de regreso.

Esta marcha es la misma que la anterior solo que de regreso, por lo tanto, estas dos deberían ser similares. Aún así se puede notar que la marcha de regreso es menos intensa que la de ida (figura N° 12).

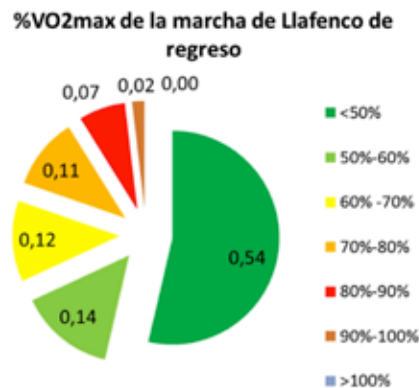


Figura N°12: Representación gráfica de los porcentajes de las intensidades utilizadas para realizar la marcha de Llafenco de regreso.



3.5 Perfiles topográficos según el porcentaje (%) de VO₂max.

Todas las marchas tienen su perfil topográfico y según su perfil depende bastante la dificultad de realizar cada marcha. En este artículo se muestran los perfiles de cada marcha y representados con colores el (%) de VO₂max que se utiliza para recorrer cada tramo. Un punto importante que cabe destacar primero, es que existe un factor de escala entre el eje Y (elevación) con respecto al eje X (distancia), se menciona esto para evitar confusiones, ya que un terreno podría parecer con mayor pendiente de lo que es realmente.

Los perfiles están graficados con 7 colores que representan la intensidad del tramo:

- El color verde oscuro representa tramos realizados bajo el 50% del VO₂max.
- El color verde claro representa tramos realizados entre el 50% y el 60% del VO₂max.
- El color amarillo representa tramos realizados entre el 60% y el 70% del VO₂max.
- El color naranja representa tramos realizados entre el 70% y el 80% del VO₂max.
- El color rojo representa tramos realizados entre el 80% y el 90% del VO₂max.
- El color café representa tramos realizados entre el 90% y el 100% del VO₂max.
- El color azul representa tramos realizados sobre el 100% del VO₂max.

Adicionalmente se añaden cruces (X) a lo que en este caso se denominarán “estado crítico”, lo cual corresponde a tramos realizados sobre el 100% y en donde el tiempo en que la persona demora en recorrer el tramo, es superior al tiempo que la persona puede mantener la intensidad de ese tramo, según la ecuación (9).

En todas las marchas debido a las velocidades elegidas en la tabla N° 3, no ocurren tramos que se realicen sobre el 100% del VO₂max, por lo tanto tampoco hay estado crítico.

3.5.1 Marcha de Antuco.

En la figura N° 13 se puede observar que la mayor parte de la marcha se realiza bajo el 50% del VO₂max. Las intensidades a las que se realiza esta marcha se puede observar que están uniformemente distribuidas, por lo que si el soldado pasa por un tramo a altas intensidades, luego se puede recuperar en los tramos de más baja intensidad.



Cuantificación para determinar la capacidad de marcha en montaña del combatiente individual.

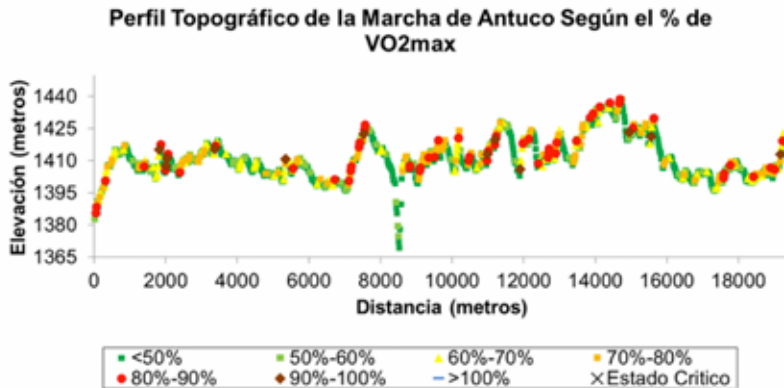


Figura N° 13: Perfil topográfico de la marcha de Antuco según el % de VO₂max.

3.5.2 Marcha de Cristo Redentor.

En el perfil del Cristo Redentor (figura N° 14) se puede observar que esta marcha tiene una inclinación constante y que las intensidades sobre el 60% son predominantes.

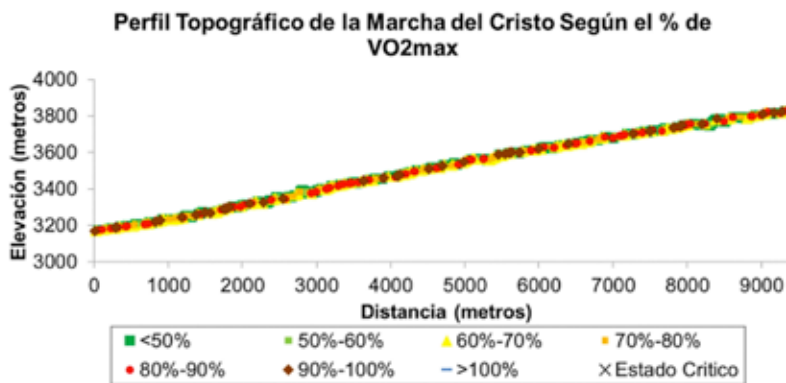


Figura N° 14: Perfil topográfico de la marcha del Cristo según el % de VO₂max.

3.5.3 Marcha de Mocoen.

Observando la figura N° 15, se puede notar que esta marcha es la mayor parte en subida, en donde los primeros 5 km se realizan a intensidades sobre el 60% del VO₂max. El resto de la ruta se realiza entre intensidades bajas y altas. Se puede notar que partes de la ruta que tienen una inclinación más pronunciada se realizan a intensidades bajo el 60% del VO₂max, es decir esas zonas se realizan a una velocidad mucho más baja que en la mayoría de la marcha, con tal de poder realizar esta en óptimas condiciones.

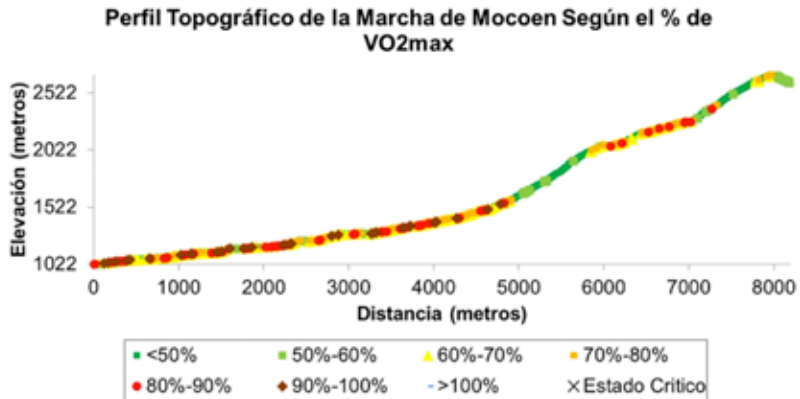


Figura N° 15: Perfil topográfico de la marcha de Mocoen según el % de VO2max.

3.5.4 Marcha de Ojos de Agua.

Se puede ver en la figura N° 16 que los primeros 4 km se realizan mayormente a intensidades de entre el 60% y 90% del VO2max, observando la variación de elevación se puede notar que esta es pequeña, por lo tanto la alta intensidad es debido a la velocidad con la que se realiza esos tramos. De los 4 km hasta los 8 km al aumentar la inclinación se disminuye notoriamente la velocidad y como consecuencia también la intensidad. Más allá de los 8 km, la ruta es en bajada y se realiza mayormente entre el 50% y 60% del VO2max.

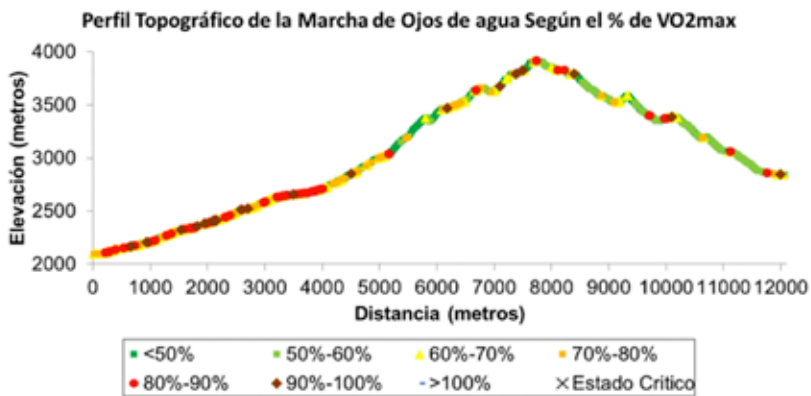


Figura N° 16: Perfil topográfico de la marcha de Ojos de Agua según el % de VO2max.

3.5.5 Marcha de Llafenco de ida.

Según la figura N°17, los primeros 3 km se realizan a intensidades altas, pero el resto de la marcha pareciera ser bastante uniforme.



Cuantificación para determinar la capacidad de marcha en montaña del combatiente individual.

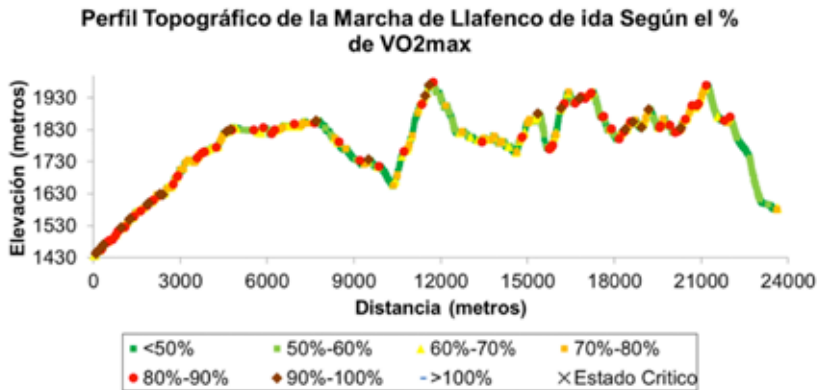


Figura N° 17: Perfil topográfico de la marcha de Llafenco de ida según el % de VO2max.

3.5.6 Marcha de Llafenco de regreso.

Si se observa la figura N° 18 esta marcha es en su mayor parte uniforme con respecto a la intensidad con la que se realiza, aunque cerca de los 15 km se puede notar intensidades elevadas y luego de los 18 km una disminución de la intensidad.

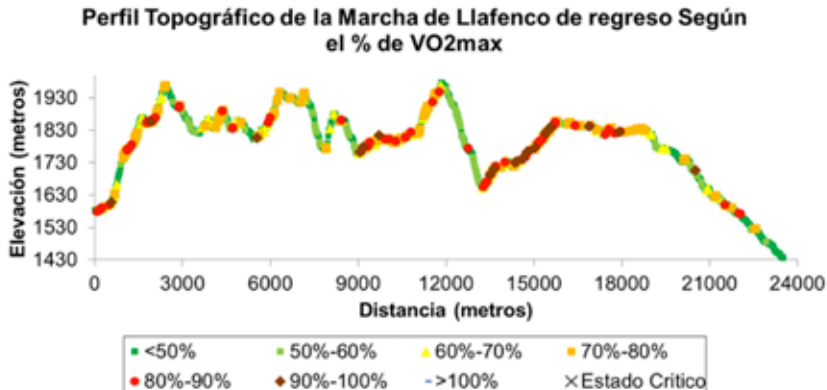


Figura N° 18: Perfil topográfico de la marcha de Llafenco de regreso según el % de VO2max.

4. CONCLUSIONES

En este artículo podemos notar que el gasto energético de las marchas varía entre los 3.400 kcal y los 5.500 kcal, lo cual es superior a las 2.878 kcal que entrega la minuta institucional de montaña, por lo tanto existe un déficit de energía de 500 kcal a 2.600 kcal aproximadamente. Según los resultados es poco probable que en la marcha del Cristo el soldado presente una disminución del rendimiento físico, a pesar de ser esta una marcha intensa, debido a que el déficit energético para esta marcha no resulta ser muy elevado.



Para la marcha de Antuco los resultados indican que es probable que ocurra una disminución del rendimiento físico, sin embargo esta marcha ocupa mayormente sus reservas de grasas para otorgar la energía necesaria, por lo que si ocurre una disminución del rendimiento, esta sería luego de un período prolongado de tiempo, lo cual no ocurre en las marchas, ya que estas se realizan a lo más por 3 días.

Para las marchas de Mocoen, Ojos de Agua, Llafenco de ida y Llafenco de regreso, el déficit de energía es muy alto, por lo que seguramente podría ocurrir una disminución del rendimiento físico, afectando con ello el cumplimiento de la misión de la Unidad.

En las marchas de Antuco y Cristo el consumo de los carbohidratos tuvieron un comportamiento dentro de los rangos recomendados. Para el resto de las marchas no se cumplieron los estándares recomendados de macronutrientes usados en este artículo.

En resumen de lo anterior, la minuta podría ser suficiente para las marchas de Antuco y Cristo, sin embargo para las marchas de Mocoen, Ojos de Agua, Llafenco de ida y Llafenco de regreso, probablemente no sería suficiente para satisfacer los requerimientos energéticos del soldado.

Otros estudios demostraron que; soldados con menor peso corporal se vieron favorecidos al transportar su propio peso en una carrera en pista atlética de potencia aeróbica (3.200 m), pero al transportar equipo de combate aquellos sujetos con mayor peso corporal se vieron menos afectados en su capacidad funcional de rendimiento aeróbico, que aquellos de menor peso corporal [18].

Se concluye que la condición física diferenciada debe ser considerada para entrenamiento de estos tipos de misión. Asimismo, las pruebas físicas de marcha con equipo serían las más idóneas para aquellas unidades de montaña en que la planificación anual de I/E considere recorridos con desniveles como los descritos en el presente trabajo.

En el presente estudio se demostró la relación calórica de la minuta institucional con la cuantificación del requerimiento energético de un soldado en 5 tipos de marchas con diferentes escenarios, de modo que un soldado es apto para el combate en la medida que pueda producir energía con diferentes duraciones y distintas modalidades. Se puede sugerir que, de los hallazgos encontrados en el presente estudio, referidos al déficit de nutrientes en la minuta institucional de montaña, sería conveniente realizar estudios de campo para validar y comprobar lo encontrado teóricamente.

Se sugiere que la medición en campo, sea para poder reproducir este estudio al resto de las unidades de la Fuerza Terrestre que instruyen y entrenan la marcha con equipo.



BIBLIOGRAFÍA

- [1] Predicting energy expenditure with loads while standing or walking very slowly. Pandolf, K.B., Givoni, B. y Goldman, R.F. 4, 1977, Journal of Applied Physiology , Vol. 43, págs. 577-581.
- [2] Santee, William R., y otros. Load Carriage Model Development and Testing With Field Data. s.l. : U.S Army Research Institute of Environmental Medicine, 2003a.
- [3] Application of Energy Cost Algorithms for Load Carriage to Field Data. Santee, William R., Small, Mark G. y Blanchard, Laurie A. 2, 2003b, Journal of the Human-Environmental System, Vol. 6, págs. 69-76.
- [4] Drain, J., y otros. Load Carriage Capacity of the Dismounted Combatant- A Commander's Guide. 2012.
- [5] NATO Science and Technology Organization. Optimizing Operational Physical Fitness. 2009.
- [6] Metabolic Factors in Fatigue. Sahlin, Kent. 2, 1992, Sport Medicine, Vol. 13, págs. 99-107.
- [7] Comparative Analysis of Metabolic Cost Equations: A Review. Potter, Adam W., y otros. 3, 2013, Journal of Sport and Human Performance, Vol. 1, págs. 34-42.
- [8] External load can alter energy cost of prolonged exercise. Y., Epstein, y otros. 2, 1988, European Journal of Applied Physiology , Vol. 57, págs. 243-247.
- [9] Physiological responses to prolonged treadmill walking with external loads. J.F, Patton, y otros. 2, 1991, European Journal of Applied Physiology, Vol. 63, págs. 89-93.
- [10] Doctrina, División. Manual-Batallón de infantería de montaña. MDO 40602. Santiago : s.n., 2009.
- [11] A new predictive equation for resting energy expenditure in healthy individuals. Mifflin, Mark D., y otros. 2, 1990, The American Journal of Clinical Nutrition , Vol. 51, págs. 241-247.
- [12] Logística, División. Anexo 2. Información Nutricional Minuta Montaña. Santiago : s.n., 2015.



- [13] Committee on Military Nutrition Research, Institute of Medicine. Not Eating Enough: Overcoming Underconsumption of Military Operational Rations. Washington, D.C : National Academy Press, 1995.

- [14] Sluik, Diewertje, y otros. ANNEX J – RECOMMENDATIONS FOR NUTRIENT COMPOSITION OF COMBAT RATIONS FOR THE NATO RESPONSE FORCE. [aut. libro] The Research and Technology Organisation (RTO) of NATO. Nutrition Science and Food Standards for Military Operations. 2008.

- [15] Ejército de Chile Comando de Educación y Doctrina. Cartilla-Pruebas de Suficiencia Física. Santiago : División Doctrina, 2014.

- [16] Rayson, M. P. y Holliman, D. Physical Selection Standards for the British Army. Phase 4. Predictors of Task Performance in Trained Soldiers. 1995.

- [17] Relationship between maximum acceptable work time and physical workload. Wu, Hsin-Chieh y Wang, Mao-Jiun J. 4, 2002, Ergonomics, Vol. 45, págs. 280 - 289.

- [18] Doctrina, División. Informe de experiencia de la competencia internacional de patrullas “desierto de Atacama 2009”. 2009