

# La ergonomía como apoyo al diseño de sistemas de organización en incendios forestales

**Felipe Meyer Cohen y Elias Apud PhD.**

Unidad de Ergonomía, Facultad de Ciencias Biológicas, Universidad de Concepción. Correo: Casilla 4025 Concepción-3, Chile;  
Telefono:56-41-204426. Email: fmeyer@udec.cl; eapud@udec.cl

## Resumen

El presente estudio se generó como parte de un proyecto financiado por una agencia estatal denominada FONDEF, con el apoyo de cinco grandes empresas forestales. Su objetivo principal fue conocer la respuesta humana en el combate de incendios forestales, con el fin de contribuir a la organización de programas de combate del fuego seguros y eficientes.

Para cumplir con los objetivos específicos, fue necesario efectuar estudios en incendios y en construcción de líneas de fuego. En los incendios se midió la respuesta fisiológica impuesta por la exposición a calor y el trabajo físico, registrándose continuamente la frecuencia cardíaca de los brigadistas. Se midieron también las temperaturas de bulbo seco, húmedo y de globo, la pendiente del terreno, las características del combustible, el estado del incendio y la calidad y el rendimiento, obtenidos en brigadistas combatiendo el fuego en 605 ocasiones. Por su parte, los ensayos de construcción de línea se llevaron a cabo para establecer, bajo condiciones controladas, el efecto de las pausas y relevos.

Se concluye que el combate del fuego es una actividad pesada y que los brigadistas mientras mayor es la duración y más complejas las condiciones de un incendio, tienen exigencias fisiológicas extremadamente altas que los llevan a la fatiga, factor que disminuye el rendimiento y la calidad de su trabajo. Se discute la importancia de la selección, entrenamiento y alternativas para la organización del combate del fuego, concluyéndose que la Ergonomía, con su visión multidisciplinaria, es una herramienta útil para mejorar la organización del trabajo, poniendo al servicio de ingenieros, técnicos y administradores, conocimientos de las capacidades, necesidades y limitaciones humanas, cuya utilización en la planificación de los sistemas de trabajo puede ser un aporte importante para reducir los riesgos para los brigadistas y el daño económico ocasionado por los incendios forestales.

**Palabras Claves:** Ergonomía, fisiología, incendios forestales

## Abstract

*The present study was part of project sponsored by a state agency called FONDEF, with the participation of five large forest companies. The main objective was to determine the human response during forest fire fighting, with the aim to contribute with knowledge, helping to organise fire control safely and efficiently.*

*To fulfil the specific objectives, studies were carried out during real fires and also during the construction of fire lines. In fires, the physiological response to physical work and heat, was measured with continuous recordings of cardiac frequency. Dry, wet and globe temperature were registered, as well as the slope of the ground, the characteristics*

*of the fuel, the stage of the fire, the quality of the line and output in workers fighting fires in 605 occasions. On the other hand, the studies during fire line construction were carried out to establish, under controlled conditions, the effect of rest pauses on fire fighters response.*

*The main conclusion is that forest fire control is a very heavy work. Therefore, when the conditions for fighting a fire are more complex and also when the time for control increases, the physiological demands can be extremely high, leading the workers to fatigue. The consequence is a reduction in the quantity and quality of the work they do. Criteria for selection, training, as well as organisational measures during fire fighting to reduce these effects are discussed. It is concluded that the multidisciplinary approach of Ergonomics, can be a useful tool for work organisation, providing knowledge to engineers, technicians and managers of the human capacities, needs and limitations to be used in work system design. It is expected that the application of this knowledge will reduce the risks for fire fighters as well the economic impact of forest fires.*

*Keywords: Ergonomics, physiology, forestry fire*

## **1. Introducción**

El combate de incendios forestales es sin duda una de las tareas más arduas para las personas que trabajan en su extinción, ya que las condiciones del incendio, del terreno y su duración, son muy variables (Apud et al 2002). Por otra parte, las pérdidas que ocasiona el fuego son cuantiosas, tanto para las empresas forestales como para pequeños propietarios de predios agrícolas y forestales, alcanzando alrededor de US\$ 300.000.000 anuales entre costos directos e indirectos. (Haltenhoff, 1999).

En este sentido las organizaciones, tanto estatales como privadas, han desarrollado en los últimos años sistemas de detección y de combate del fuego cada vez más efectivos, logrando disminuir en los últimos años, en promedio, las superficies afectadas (Julio, 1996). En oposición al desarrollo de los sistemas antes mencionados, escaso ha sido el avance en el conocimiento acerca de la respuesta de las personas que combaten incendios forestales, ya que independiente de la modernidad y eficiencia en la gestión de recursos, es necesario considerar que en cada lugar de trabajo hay seres humanos, de cuya adaptación dependerá en gran medida el que se pueda ejecutar con prontitud esta difícil y peligrosa tarea. (Apud et al 1999).

El control de un incendio forestal, comienza en el momento en que se procede a realizar el primer ataque y termina cuando el fuego está totalmente controlado. Básicamente, consiste en circunscribir el área donde se desarrolla el incendio, a través de un corte en la continuidad del combustible. Esta acción es posible, mediante la construcción de una línea de control, también llamada línea de fuego, usualmente realizada por los brigadistas forestales con gran esfuerzo físico. En Chile, el método de trabajo más usado para la construcción de líneas, es el método progresivo funcional, que consiste en que los combatientes se ubiquen en una fila, manteniendo permanentemente su misma posición relativa y avanzando a igual velocidad, en la forma que se ilustra en la figura 1. Según Meza (1979), este método permite un mejor aprovechamiento del personal y herramientas, facilita la supervisión y contribuye a que el trabajo se realice con mayor seguridad frente a posibles accidentes.

En la construcción de una línea de fuego, en que se utiliza el método progresivo, la unidad de trabajo es la cuadrilla, cuyos hombres van separados por una distancia de 2 a 3

metros. Cada brigadista, a medida que va avanzando ejecuta una parte del trabajo en forma tal, que al ultimo componente de la cuadrilla le corresponde completar totalmente la construcción de la línea, Brown y Davis (1973). Lo habitual en Chile es que la cuadrilla la encabece un motosiorriesta, seguido por un grupo variable de trabajadores que puede utilizar distintas herramientas manuales, de la cuáles la más común se denomina McLeod, que es una herramienta compuesta que permite cortar y raspar el suelo.



**Figura 1 - Ilustración del método progresivo funcional durante un ensayo de construcción de línea.**

Antes de formular el estudio, en una reunión sostenida con empresas del rubro, se verificó que existían inquietudes respecto a los límites de exigencias y requerimientos que tienen los combatientes forestales, los cuales no habían sido estudiados en forma sistemática. Entre los aspectos analizados surgieron preguntas tales como: ¿Cuáles son las aptitudes específicas que deben tener las personas que se integran a cada tarea en los sistemas de control del fuego? ¿Qué pausas requieren los brigadistas cuando combaten el fuego? ¿Cuánto tiempo puede permanecer una persona trabajando bajo las adversas condiciones de un incendio forestal? ¿Qué número de trabajadores deben integrar las cuadrillas? ¿Qué relevos se necesitan para combatir el fuego en el menor tiempo posible sin riesgos para la salud y seguridad de los combatientes? ¿Qué cantidad de energía y nutrientes deben tener las raciones de combate?. Sobre esta base, se estructuró el proyecto que tuvo como propósito central aportar conocimientos para reducir los impactos para la seguridad y salud de los brigadistas forestales y contribuir a mejorar la eficiencia operacional de los sistemas de combate del fuego, con el propósito de reducir las cuantiosas pérdidas que los incendios forestales significan para el país.

La presente comunicación se genera en el contexto del proyecto antes mencionado y tiene los siguientes objetivos específicos:

- Determinar las características de la población de brigadistas forestales y establecer el efecto de la duración de los incendios en la carga cardiovascular, el rendimiento, y la calidad del trabajo.
- Establecer, mediante ensayos controlados de construcción de líneas, en dos tamaños de cuadrilla, los requerimientos de pausas para reducir la carga fisiológica de trabajo y mejorar la productividad

## 2. Metodología

### 2.1. Indicadores de aptitud física.

Para determinar la aptitud física de los brigadistas forestales se estudiaron 140 personas, las cuales se evaluaron durante 605 ocasiones combatiendo el fuego en incendios reales.

Se evaluó la respuesta al esfuerzo y la composición corporal de estos trabajadores. Para determinar capacidad aeróbica de los brigadistas se utilizó el test de Maritz et al (1961), para lo cuál se empleó un ergómetro de bicicleta en el que se sometió a los brigadistas a 3 ejercicios de intensidad creciente. Posteriormente se estableció la línea de regresión entre frecuencia cardíaca y consumo de oxígeno, obteniéndose la capacidad aeróbica por extrapolación a la frecuencia cardíaca máxima estimada para la edad de la persona, Astrand y Rodahl (1990).

El umbral ventilatorio se evaluó utilizando la técnica descrita por Lopez y Legido (1991). El aumento de carga se efectuó cada dos minutos hasta llevar a los sujetos al agotamiento. Para estos efectos, los esfuerzos incrementales se realizaron en una plataforma rodante, midiéndose el consumo de oxígeno y la ventilación pulmonar, minuto a minuto, con un equipo OXYLOG 2. La frecuencia cardiaca se registró continuamente durante toda la prueba con un sistema Polar Vantage.

Como otro indicador de aptitud física, se estimó la composición corporal, utilizando el método de Durnin y Womersley (1974), validado para la población chilena por Apud y Jones (1980). Se midieron pliegues de grasa subcutánea, con un instrumento Holtain, mediante los cuales se calcula indirectamente la densidad corporal, variable necesaria para la estimación del contenido corporal de masa grasa y masa libre de grasa de las personas en estudio.

### 2.2. Evaluaciones en incendio

Los seguimientos en incendios reales se realizaron en brigadas a las cuales se les monitoreo en forma diaria su frecuencia cardiaca por medio de telemetría con set receptor-grabador Polar Vantage, tanto en momentos en que se encontraban en campamento como cuando acudían a incendios. El que los trabajadores usaran el equipo las 24 horas permitió que las evaluaciones en terreno se realizaran sin producir ninguna alteración en la forma habitual de trabajo. Posteriormente, la frecuencia cardiaca del trabajador fue convertida a porcentaje de carga cardiovascular, de acuerdo a lo descrito por Apud et al (1989).

Intensidad	Caracterización
1	Gran intensidad
2	Intensidad media alta
3	Intensidad media baja
4	Baja o poca intensidad

**Tabela 1 - Criterio para definir la intensidad del incendio**

El rendimiento fue medido con un odómetro para el lapso de tiempo total que involucró la construcción de la línea de fuego y fue expresado en metros, considerando el tiempo de avance desde que el último hombre de la cuadrilla comenzó con su trabajo hasta la distancia que cubrió al finalizar el tramo. Se registró el ancho de la línea tomando un

promedio de diferentes mediciones realizadas cada 10 metros a lo largo de la línea de control. Fue expresada en metros. Se midió con Hipsómetro Suunto y se expresó en porcentaje. Se midieron temperaturas de bulbo húmedo, seco y temperatura de globo, con termómetro digital cada 10 minutos. Posteriormente, se calculó el índice T.G.B.H, producto de la combinación de estas variables. Se calculó mediante la fórmula para condiciones de trabajo al aire libre con carga solar, Apud et al (2002).

La intensidad del incendio se definió según la clasificación resumida en la tabla 1.

Se registró el número de personas que participaba en la construcción de la línea de control. También se evaluó la calidad del raspado. Para definir la calidad se realizaron 3 parcelas en cada línea, de 1 metro por 1 metro, cada 5 minutos, en las cuales se registró el porcentaje de raspado que había sido logrado.

Los niveles de calidad se resumen en la tabla 2.

Calidad	Porcentaje de raspado	Caracterización
1	100	100% de suelo mineral expuesto
1.1 - 2.0	99%-85%	Entre un 99% y 85% de suelo mineral expuesto
2.1 - 3.0	84%-70%	Entre un 84% y 70% de suelo mineral expuesto
3.1 - 4.0	< 70%	Menos de un 70% de suelo mineral expuesto

Tabela 2 - Índice de calidades

### 2.3. Ensayos para evaluar el efecto de las pausas y la rotación de funciones

Se realizaron 60 ensayos para verificar el efecto de las pausas programadas y rotación de funciones. Estos tuvieron duraciones de 25 y 40 minutos.

Con respecto a los sistemas evaluados, se ensayaron pausas basadas en los siguientes esquemas:

- **Esquema 1.** En este caso, después de cinco minutos de trabajo, el primer brigadista que iba detrás del motosierrista salía de la línea y descansaba hasta que el último hombre llegara a la posición en que él estaba tomando la pausa, reincorporándose como último hombre en la cuadrilla.
- **Esquema 2.** Los ensayos se realizaron iniciando las pausas en el minuto cero, con las dos últimas personas en la línea descansando desde el inicio, durante un tiempo fijo de 5 minutos. Una vez cumplido ese tiempo, las personas que iban en segunda y tercera posición en la línea salían y entraban los brigadistas que estaban en espera. En otras palabras, en este caso se evaluó un sistema de relevos y pausas.

## 3. Resultados

### 3.1 Capacidad aeróbica y composición corporal:

En la tabla 3 se puede ver los resultados de capacidad aeróbica y composición corporal, de un total de 140 brigadistas forestales. Para efectos de comparación, en la misma tabla se incluye los valores de referencia de 490 trabajadores forestales chilenos, comunicados por Apud et al (1999). La edad del grupo de referencia es similar a la de los brigadistas forestales, vale decir entre 20 y 40 años.

Como se puede observar en la tabla 3, las características de los combatientes evaluados, no se diferencian significativamente del grupo de trabajadores forestales de referencia. En términos generales, se puede señalar que son un poco más altos y de mayor peso corporal, pero tienen en promedio una capacidad aeróbica ligeramente más baja, especialmente cuando se expresa por kilogramos de peso corporal.

Variable	Unidad	Promedio Combatientes Forestales (Rango)	Desviación estandar	Promedio Forestales de referencia (Rango)	Desviación estandar
Edad	años	24,9 (17-42)	5,7	27 (16-55)	6,2
Peso	Kg	70 (53-94)	8,6	64,9 (49-99)	7,6
Estatura	cm	169,2 (156-188)	5,7	166,1 (150-190)	5,8
Masa grasa	%	16,7 (4,4-27,9)	4,9	14,5 (4,1-32)	4,6
Masa grasa	Kg	12 (2,8-25,7)	4,7	9,8 (2,5-28)	4,9
Masa libre de grasa	Kg	58 (50-67)	5,4	55,2 (48-75)	5,4
Masa libre de grasa	Kg/ m estatura	34,3 (30-40)	2,6	33,2 (28-41)	2,7
Capacidad aeróbica	l O <sub>2</sub> /min	3,3 (1,8-5,4)	0,6	3,4 (1,7-6,2)	0,6
Capacidad aeróbica	ml O <sub>2</sub> /kg peso	48 (29,2-74)	9	50,8 (27,6-77)	9,4

**Tabela 3 - Edad, peso, estatura, masa grasa, masa libre de grasa y capacidad aeróbica de brigadistas forestales. Para comparación se incluye un grupo de trabajadores forestales de edades equivalentes.(n=140)**

### 3.2 Límites de tolerancia a la fatiga de los brigadistas forestales.

Debido a la importancia de este indicador, para analizar la carga física medida durante los incendios, en la tabla 4 se pueden ver los resultados de la prueba de umbral anaeróbico realizada a los brigadistas forestales. En ella se resume el umbral anaeróbico, expresado en litros de oxígeno por minuto y en porcentaje de la capacidad aeróbica. También se incluye el umbral de frecuencia cardíaca, expresado en latidos por minuto y en porcentaje de carga cardiovascular.

	n	UALIMIN	UA%	UAFC	UA%CC
EMPRESA 1	18	2,7	60,6	137	58.6
EMPRESA 2	15	2,3	61,1	144	61.2
EMPRESA 3	13	2,5	61,1	142	59.0
GRUPO TOTAL	46	2,5	60,9	141	60.8

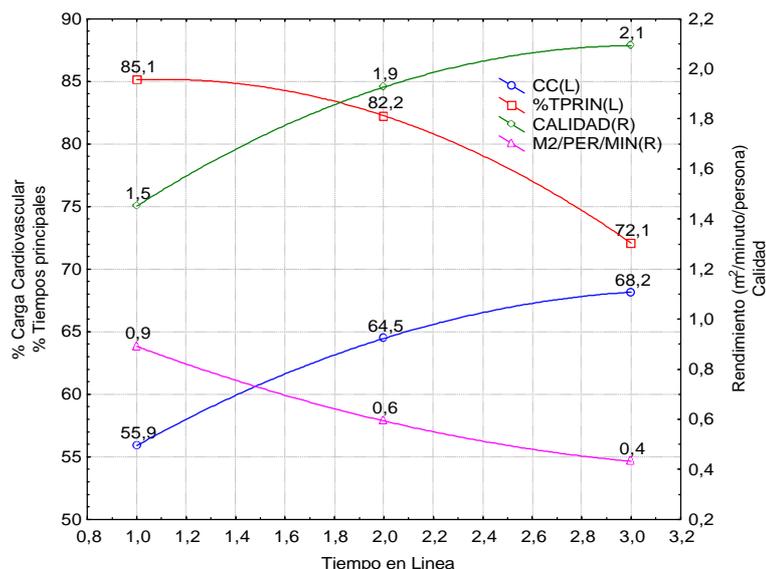
**Tabela 4 - Umbral ventilatorio de trabajadores de 3 brigadas forestales, expresado como consumo de oxígeno en litros por minuto (UALIMIN), en porcentaje de la capacidad aeróbica (UA%) y como umbral de frecuencia cardíaca en latidos por minuto (UAFC) y en porcentaje de carga cardiovascular (UA %CC).(n=46)**

Los antecedentes presentados en la tabla 4, muestran que el umbral de frecuencia cardíaca se sitúa alrededor del 60% de carga cardiovascular, equivalente al mismo nivel de utilización de la capacidad aeróbica. El único patrón de comparación, es un grupo de trabajadores que realizaban actividades silvícolas, evaluado por Apud et al (1999), cuyo umbral ventilatorio fue de 1.71 l/min y su umbral de frecuencia cardíaca de 123 latidos por minuto. Es muy importante si destacar que, los valores presentados, representan el nivel promedio más alto para trabajo sostenido y que no es habitual que los trabajadores realicen sus actividades justo en ese límite. Por esta razón, para trabajos prolongados, lo más recomendable es considerar un margen, vale decir, se podría esperar que estos

trabajadores, en promedio, sumando los momentos de trabajo pesado, trabajos livianos y pausas espontaneas o programadas trabajaran con cargas promedio no superiores al 60% de carga cardiovascular, particularmente en los incendios que se prolongan por algunas horas.

### 3.3 Efectos de la duración del trabajo.

En cualquier actividad humana, el tiempo dedicado a ella tiene una alta incidencia en la cantidad y calidad del trabajo que una persona puede realizar. Esto es válido para actividades de altas exigencias mentales y también de altas demandas físicas.



**Figura 2 - Rendimiento (metros cuadrados por minuto por persona), calidad, porcentaje de carga cardiovascular y porcentaje de tiempos dedicados a la construcción de líneas en incendios de menos de 15 minutos, de 15 a 60 minutos y de mas de 60 minutos. (n=605)**

Un alto porcentaje de los incendios se controlan con un trabajo de construcción de líneas inferior a 15 minutos. Sin embargo, los que causan mayores estragos son los que se prolongan en el tiempo. Por eso es importante analizar, cual es la respuesta de los brigadistas en incendios de mayor duración. Arbitrariamente, para efectos de este análisis, el tiempo de construcción de líneas se dividió en tramos de menos de 15 minutos, de 15 a 60 minutos y de más de 60 minutos. Como se puede ver en la en la figura 2, la tendencia es clara en demostrar que, en los incendios cortos, el rendimiento es significativamente más alto, que en los incendios de mayor duración. Como se observa, cuando la construcción de líneas duró menos de 15 minutos, la carga cardiovascular, el rendimiento medio y la calidad alcanzan valores de 55,9% y 0.9 m2 por minuto por persona y un nivel de calidad de 1.5 respectivamente, con una dedicación del 85% a las actividades principales. Esto revela que, como el tiempo trabajado es breve, logran un avance importante, con un nivel de sobrecarga por debajo del umbral de frecuencia cardiaca de estos trabajadores. Cuando la construcción de líneas es de mediana duración, la situación varia, ya que manteniendo una alta dedicación a las actividades principales, levemente menor que en el caso anterior, su rendimiento alcanza una media de 0.6 m2 por minuto por persona y la calidad un valor 1,9, diferencias que en ambos casos son estadísticamente significativas. Sin embargo, la carga cardiovascular, que alcanzó 64.5%, se sitúa por encima del umbral de frecuencia cardiaca cifra, significativamente superior al valor encontrado en los incendios de menos

de 15 minutos. En este caso, el rendimiento es proporcional al esfuerzo que los trabajadores pueden sostener en ese tiempo, ya que si con esa disminución en la cantidad de trabajo realizado, aún alcanzan una carga cardiovascular media de 65%, el trabajo tienen que haberlo hecho a un ritmo menor y/o con un ligero aumento en los descansos espontáneos. En todo caso, la recuperación fue insuficiente y esto puede explicar lo que se detectó en los incendios de más de una hora. Como se observa, el rendimiento es aún más bajo, 0.4 m<sup>2</sup> por minuto por persona, así como la calidad que baja a 2.1. A pesar de ello, la carga cardiovascular aumentó a 68,2%. Todas estas diferencias son estadísticamente significativas comparadas con los incendios de menor duración. Esto es sólo indicativo de fatiga, ya que si dedican el 72% del tiempo a las actividades principales, y aún así el rendimiento es casi un 55% más bajo, con respecto del primer periodo, los brigadistas están trabajando, pero a un ritmo más bajo, tratando de recuperarse. Este fenómeno se puede explicar por la falta de planificación de pausas programadas. En todo caso, un trabajo físico, de la envergadura del que realizan los brigadistas en incendios de larga duración, no sólo lleva a la fatiga por la carga cardiovascular, sino que también por problemas de hidratación, alimentación y fatiga local en piernas y brazos, entre otros factores.

Como una forma de analizar mas detalladamente la relación entre tiempo de trabajo y rendimiento, en cada incendio evaluado, se diferenciaron los rendimientos alcanzados, al igual que todas las otras variables medidas, para periodos de 10 minutos. En la figura 3, se puede ver que los valores medios de rendimiento, caen abruptamente después de los 10 primeros minutos de trabajo, para luego seguir disminuyendo, hasta llegar a valores medios entre 1 y 2 metros cuadrados por minuto y por persona en la línea, cuando se superan las dos horas de trabajo, lo que corrobora la tendencia, ya destacada en la figura 2.

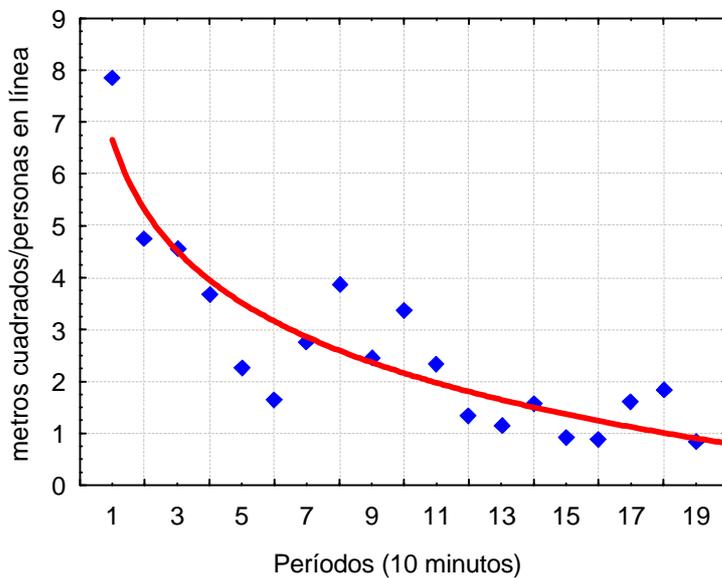


Figura 3 - Rendimiento en incendios clasificados por períodos de 10 minutos de duración

### 3.4. Ensayos para determinar la efectividad de las pausas y relevos

Una parte de los estudios de construcción de líneas, estuvieron orientados a la evaluación de distintos sistemas de organización de las cuadrillas, basados en el método progresivo, pero con esquemas de pausas dinámicas y relevos.

Los tiempos de pausa fueron variables, dependiendo principalmente del tipo de combustible, de la cantidad de personas y de la separación que existía entre los brigadistas. El objetivo fue otorgar pausas dinámicas, para aminorar el efecto de la fatiga. A manera de ejemplo, en la figura 4, se muestra el trazado de frecuencia cardiaca y los niveles de rendimiento, para un brigadista, durante un ensayo de 25 minutos, en que la cuadrilla trabajó sin descanso y con pausas descritas como esquema 1 en la metodología. Con los descansos programados, cuya duración osciló entre 35 y 60 segundos, trabajaron cerca del 80 % del tiempo (20 minutos) y tuvieron 20% de descanso (5 minutos). Esto permitió al combatiente, y a su cuadrilla, ya que estaban todos bajo el mismo sistema, disminuir su carga y con eso mejorar el rendimiento final, de 274 a 312 metros. En términos porcentuales, al trabajar con pausas, el rendimiento aumentó un 14% y la carga cardiovascular se redujo en 4%. En otras palabras, trabajando menos tiempo rindieron más con una menor carga física.

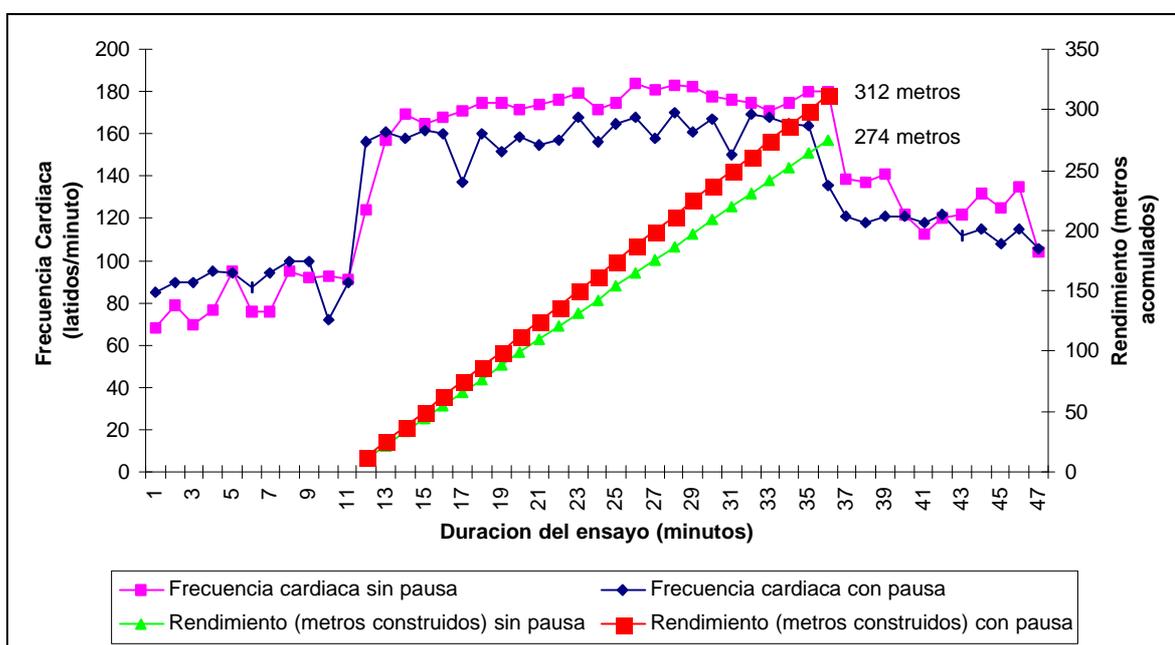


Figura 4 - . Niveles de frecuencia cardiaca y rendimiento para ensayos de 25 minutos, con pausas y sin pausas, para un brigadista durante la temporada 2001-2002

Por otra parte, si se observa la figura 4, se puede ver que, al finalizar el ensayo, la recuperación de la frecuencia cardiaca fue más rápida, cuando se trabajó con pausas. Otra ventaja importante es que el descanso otorga un tiempo para recuperar líquidos, lo que es muy necesario en incendios reales, especialmente cuando se vislumbra que un incendio se puede prolongar en el tiempo. La pausa entonces, es también una forma de ordenación, escalonada, para que los integrantes de la cuadrilla, sin perder tiempo ni coordinación, puedan suplir sus necesidades, lo que naturalmente incide favorablemente sobre el rendimiento final.

En la tabla 5, se resumen los resultados para ensayos de 25 minutos, en que se trabajó sin pausas y con los dos sistemas de descanso descritos en la metodología. Se puede observar, que al comparar los rendimientos a los 25 minutos del ensayo, los resultados de las brigadas que tuvieron pausas y rotaciones fueron más altos, con una carga cardiovascular más baja. Si bien no hay diferencias estadísticamente significativas para configuraciones similares, vale la pena destacar que en el caso de las brigadas de 8

personas, con sistema de rotación cada 5 minutos, los brigadistas que trabajaban simultáneamente eran 6, ya que dos descansaban. Aún así, los rendimientos fueron mayores y la carga levemente inferior

Número de personas por cuadrilla	Números de personas trabajando/ descansando	Esquema de pausa utilizado	Rendimiento (metros) a los 25 minutos.	% de carga cardiovascular
6	6(0)	Sin Rotación	274	75,9
6	6(1)	Rotación continua	312	72,8
8	8(0)	Sin Rotación	335	69,2
8	8(2)	Rotación cada 5 minutos	372	68

**Tabela 5 - Número de personas, esquemas de pausas, rendimiento y porcentaje de tiempo trabajado, para un periodo de 25 minutos, en las mismas condiciones y con el mismo grupo de brigadistas**

En la tabla 6, donde se resumen los resultados para ensayos de 40 minutos, se confirma la ventaja de las pausas ya que se observó un significativo aumento de rendimiento de 21.6 % en las brigadas de 6 personas y 11.1 % para las brigadas de 8 personas, no observándose diferencias significativas en la carga cardiovascular.

Número de personas por cuadrilla	Números de personas trabajando/ descansando	Esquema de pausa utilizado	Rendimiento (metros) a los 45 minutos.	% de carga cardiovascular
6	6(0)	Sin Rotación	422	69,2
6	6(1)	Rotación continua	513,2	70,5
8	8(0)	Sin Rotación	536	71,5
8	6(2)	Rotación cada 5 minutos	596	69,5

**Tabela 6 - Número de personas, esquema de pausa, rendimiento y porcentaje de tiempo trabajado, para un periodo de 40 minutos, en las mismas condiciones y con el mismo grupo de brigadistas, con diferentes esquemas de pausas y personas en la línea**

#### 4. Conclusiones

La población de brigadistas evaluada tiene, en promedio, buena capacidad aeróbica, más alta que la de trabajadores industriales e incluso que la de sus colegas de varios países industrializados que son de mayor tamaño corporal, Donoso y Sanchez (1990), Shepard (1978). No obstante, si se observa la desviación estándar, se verá que esta es alta, lo que destaca que algunos combatientes tienen excelente condición, mientras que otros no son aptos para labores de gran demanda energética. Aunque es imposible encontrar un grupo humano homogéneo, de idénticas condiciones físicas, la dispersión encontrada justifica un proceso de selección, que debería apuntar al menos a excluir aquellos que podrían estar expuestos a riesgos o podrían exponer a sus compañeros debido a su pobre condición física. En otras palabras, el rango de variación debería ser lo más estrecho posible, por supuesto que nivelando hacia los niveles superiores de condición física.

Con respecto al efecto de la duración de los incendios, el rendimiento y la calidad fueron significativamente más altos en los incendios de corta duración. En estos casos, logran un avance importante pero, como el tiempo trabajado es breve, sus niveles de sobrecarga cardiovascular están por debajo del umbral de frecuencia cardiaca de estos trabajadores. Cuando la construcción de líneas es de mediana duración, entre 15 minutos y 1 hora, la situación varía, ya que manteniendo una alta dedicación a las actividades principales, levemente menor que en el caso anterior, su rendimiento y calidad disminuyen significativamente, no así la carga cardiovascular que se sitúa por encima del umbral de frecuencia y es significativamente superior al valor encontrado en los incendios de menos de 15 minutos. Esto es sólo indicativo de fatiga, ya que si con un rendimiento casi un 55% más bajo, tienen una carga cardiovascular más alta ellos trabajan a un ritmo más lento, tratando de recuperarse. Se puede concluir que cuando el trabajo se prolonga en el tiempo, el personal efectivamente trabaja, pero el rendimiento y la calidad son progresivamente más bajos, aspectos que deben ser considerados en la planificación de un incendio, ya que esta disminución por lo general no obedece a falta de motivación sino que a los niveles de fatiga que impiden a los trabajadores imponerse mayores exigencias físicas.

En los ensayos de pausas y rotación, se observó que el descanso les otorgó a los brigadistas un “segundo aire” que se vio reflejado en mejores rendimientos, sin que se produjera un aumento significativo en la carga física. No obstante, la carga cardiovascular alcanzada fue alta y los trabajadores terminaban agotados después de los 40 minutos de trabajo, lo que sería indicativo de que es imposible pensar que este ritmo se pueda mantener en incendios de más de 1 hora de duración.

La conclusión global de este estudio es que mientras el combate del fuego siga siendo efectuado con mano de obra intensiva, el conocimiento de las necesidades, capacidades y limitaciones de los brigadistas, al igual que los criterios ergonómicos de adaptación al trabajo, son una herramienta útil de gestión que puede contribuir en forma significativa a la organización de los programas de control del fuego, teniendo como último fin el desarrollo de sistemas de producción eficientes y que a su vez otorguen un mayor bienestar a los trabajadores.

## **Referencias**

- APUD, E. (1983) A human biological field study of Chilean forestry workers. Tesis de Doctorado, Loughborough University, Inglaterra.
- APUD, E., BOSTRAND, L., MOBBS, y STREHLKE, B. (1989). Guidelines on ergonomic study in forestry. Ed.: International Labour Office, Ginebra.
- APUD, E., GUTIERREZ, M., LAGOS, S., MAUREIRA, F., MEYER, F., ESPINOZA, J. (1999). “Manual de Ergonomía Forestal”, Proyecto Fondef D96I1108, Universidad de Concepción- Fundación Chile. Ed.: Valverde, Chile.
- APUD, E. y JONES, P. (1980). Validez de la medición de los pliegues de grasa subcutánea en estudios de composición corporal. *Revista Médica de Chile*. 101.
- APUD, E., MEYER, F., MAUREIRA, F., (2002). “Ergonomía en el Combate de Incendios Forestales”, Proyecto Fondef D99I1972, Universidad de Concepción-ACHS. Ed.: Valverde, Chile.
- APUD, E. y VALDÉS, S. (1995), “Ergonomics in forestry. The Chilean case” International Labour Office (ILO), Ginebra.
- ASTRAND, P and RODAHL, K. (1990). “Textbook of Work Physiology”. McGraw-Hill, Londres, Inglaterra.

- ASTRAND, P. Y RHYMING, I. (1954). A nomogram for calculation of aerobic capacity from pulse rate during submaximal work. *J. Appl. Physiol.* 7: 218.
- BERGGREN, G. y CHRISTENSEN, E. H. (1950). "Heart rate and body temperature as indices of metabolic rate during work". *Arbeitsphysiol.* 14:255.
- BROWN, C. y DAVIS, K (1973). *Forest fire; control and use.* McGraw Hill, Estados Unidos,
- BUDD, G., BROTHERHOOD, J., HEINDRIE, L., CHENEY, P. y DAWSON, M. (1996). "Safe and productive bushfire fighting with hand tools". Ed.: Australian Government publishing Service, Canberra.
- CHRISTENSEN, E.H. (1953). Physiological valuation of Nykoppa iron works. In: *Ergonomics Society Symposium on Fatigue.* Ed. W. F. Floyd and A. Welford. Lewis, London,
- Decreto Supremo 594. (2001) Ministerio de Salud. Reglamento sobre Condiciones sanitarias y ambientales básicas en los lugares de trabajo.
- DONOSO, H. y SANCHEZ, J., (1990) Máximo consumo de oxígeno (VO<sub>2</sub> max.) en muestras de población chilena general y deportiva. *Arch. Soc. Chilena Med. Deport.* Vol. 35.
- DURNIN, J. V. G. A. and WOMERSLEY R (1974). Body fat assessed from total body density and its estimation from skinfolds thickness: measurements on 481 men and woman aged from 16 to 72 years". *Brit. J.Nutr.*, 24,.
- HALTENHOFF H. (1999) *Accidentes Fatales en el Control de Incendios Forestales en Chile.* Chile Forestal, Enero-Febrero.
- JULIO, G., (1996). *Fundamentos del Manejo del Fuego,* Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales. Universidad de Chile, Chile.
- LINDQUIST, James L. (1969) *Building firelines How Fast Go Crews work.* Pacific Southwest Forest and Range Experiment station Forest Service, Berkeley, California, U.S.
- LOPEZ, J y LEGIDO, J.C., (1991), *Umbral anaerobico, bases fisiológicas y aplicación* McGraw-Hill, España.
- LUNDGREN, N.P.V., (1959) *The practical use of physiological research methods in work study.* Research Notes 6, Royal College of Forestry, Stockholm.
- MARITZ, J.S., MORRISON, J.F., PETER, J., STRYDOM, N.B. and WYNDHAM, C.H. (1961). "A practical method of estimating individual's maximal oxygen uptake". *Ergonomics.* 4: 97.
- MEZA, S.,(1979). *Rendimiento en construcción de líneas de fuego,* Tesis de Grado, Universidad de Chile, Chile.
- MOLLENAHUER, R., (1982) *Estudio de rendimiento en operaciones de brigadas de combate de incendios forestales,* Tesis de Grado, Universidad Austral, Chile.
- MURREL, K. *Ergonomics;* (1969) *Man in working environment.* London: Chapman and Hall.
- PASSMORE, R. y DURNIN, J. (1955) *Human energy expenditure* *Physiological. Rev.* 7:228
- RODAHL, K. (1989). *The Physiology of Work.* Ed. Taylor & Francis Ltd., London.
- SIRI, W.E. (1956) *Gross composition of the body.* En: *Advance in Biological and Medical Physics.* Ed. J.H. Lawrence and C.A. Tobias. Academic Press, New York.
- SHARKEY, B (1997). *Fitness and Work Capacity.* United States, Department of Agriculture, Estados Unidos,

- SHARKEY, B. (1999). Wildland Firefighter Health and Safety. United States, Department of Agriculture, Estados Unidos,
- SHEPHARD, R.J. (1974). Men at work. Charles C. Thomas, Springfield.
- SHEPHARD, R.J. (1978). Human physiological work capacity . International Biological Programme, Cambridge University Press,.
- VELEZ, R.. (2001). La defensa contra Incendios Forestales. Fundamentos y Experiencias. Primera Edición. McGraw Hill. España.