



# FUNDAMENTOS FISIOLÓGICOS, APLICACIONES Y MÉTODOS PARA EL ESTUDIO ERGONÓMICO DE TRABAJADORES EXPUESTOS A CALOR.

Elías Apud y Esteban Oñate  
Unidad de Ergonomía  
Universidad de Concepción, Chile

# Orientación del curso

- Fundamentos generales de equilibrio térmico
- Métodos fisiológicos para evaluar carga térmica
- Evaluación de temperaturas ambientales
- Límites de carga fisiológica
- Reduciendo la carga durante trabajos extremos:
  - Organización del trabajo
  - Selección de herramientas
  - Tamaño de cuadrillas
  - Pausas
  - Relevos
  - Alimentación e hidratación

# ¿Qué nos motivó a ofrecer este curso?

Para este verano, en la capital de Baja California se esperan temperaturas superiores a los 45 grados centígrados durante 50 días consecutivos.

Van 25 afectados y 4 muertos por calor en Mexicali

por: Uniradio Informa - 13 Julio 2017, 01:39 pm

Más de 7 mil incendios en Mexicali desquician a Bomberos

Un aproximado de 7 mil 600 incendios han sido atendidos de enero a julio en Mexicali



# ¿Qué nos motivó a ofrecer este curso?

- Todos los años en el mundo mueren personas por efectos de las altas temperaturas.
- Pueden estar expuestas a calor en las empresas en que trabajan, por ejemplo fundiciones.
- Pueden estar expuestas a calor ambiental y a algunas de las consecuencias desastrosas que puede traer consigo, como por ejemplo en muchos países los incendios rurales





# Calor metabólico

- El organismo humano no sólo puede ganar calor proveniente de ambiente que lo rodea sino que también genera grandes cantidades de calor durante sus procesos metabólicos

# Calor y trabajo físico

- El calor se genera aún en absoluto reposo y puede aumentar de 2 a 4 veces durante un trabajo liviano y hasta 20 veces durante trabajos físicos pesados.
- Si los mecanismos regulatorios para disipar el calor no existieran, un ser humano realizando trabajos físicos pesados podría aumentar su temperatura en una hora en alrededor de 20°C.

# Calor específico

- El calor específico de un cuerpo corresponde a la cantidad de calor necesario para elevar la temperatura de ese cuerpo en  $1^{\circ}\text{C}$ .
- El calor específico del cuerpo humano es de 0.83.
- Se requieren 58.1 Kcal para elevar en un grado la temperatura de un hombre de 70 kg.

# Calor específico

- En trabajadores de fundición se han registrado gastos de energía de 8 Kcal/min durante períodos prolongados.

En una hora:

- $8 \text{ Kcal/min} \times 60 \text{ minutos} = 480 \text{ Kcal}$
- Eficiencia mecánica 25%  
( $480 \times 0,75 = 360 \text{ Kcal}$ )
- Aumento de Temperatura =  $360/58.1 = 6.2 \text{ }^\circ\text{C}$
- Temperatura interna podría llegar a:  $43.2^\circ\text{C}$

¿COMO SE PRODUCE EL EQUILIBRIO TERMICO?

Para que la temperatura corporal permanezca constante, la producción de calor metabólico y la ganancia de calor deben ser iguales a las pérdidas de calor.

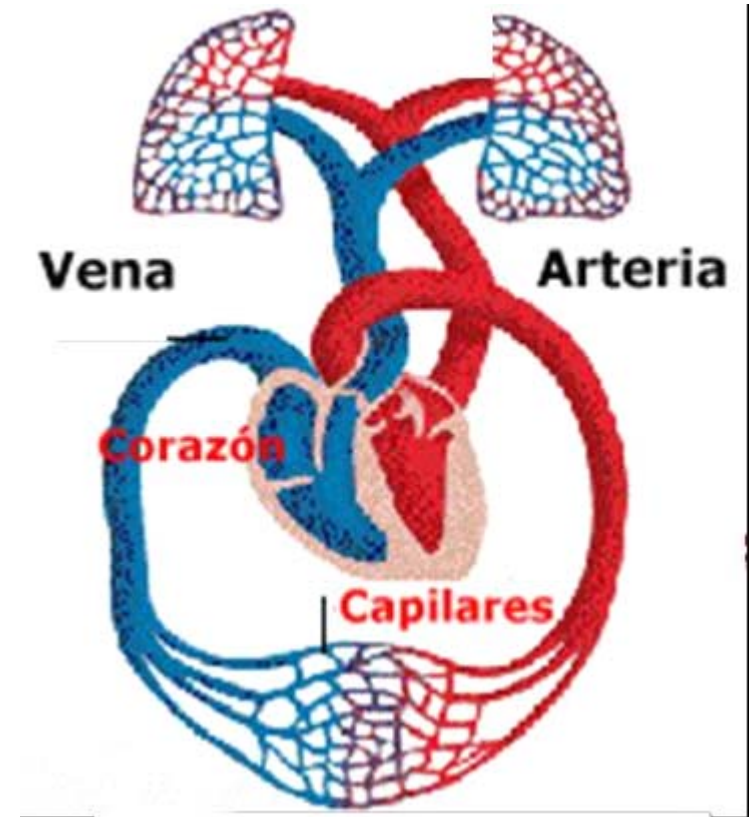
$$M \pm R \pm K \pm C - E = 0$$

Donde:

- M = Producción de calor metabólico
- R = Radiación
- K = Conducción
- C = Convección
- E = Evaporación

# EQUILIBRIO TERMICO

- Para mantener la temperatura estable, el calor debe ser transportado desde los órganos que lo producen, básicamente los músculos en trabajo, hacia la superficie que emite calor, representada por la piel
  - Aumento del flujo sanguíneo
  - Aumento de la frecuencia cardiaca
  - Vasodilatación de los vasos sanguíneos de la piel



# Conducción



- Cuando intercambiamos calor por contacto directo entre los objetos se llama conducción.

# Convección



- El intercambio de calor con el aire que lo rodea, se llama **convección**.
- El que la persona gane o pierda calor depende de la temperatura y de la velocidad del aire.



# Radiación



- La ganancia o pérdida de calor de los cuerpos se denomina **radiación**.
- Por ejemplo, si se trabaja cerca del cobre fundido hay ganancia de calor, porque éste emite ondas radiantes que tu cuerpo absorbe.
- También las personas irradian calor hacia objetos más fríos.

# Sudoración



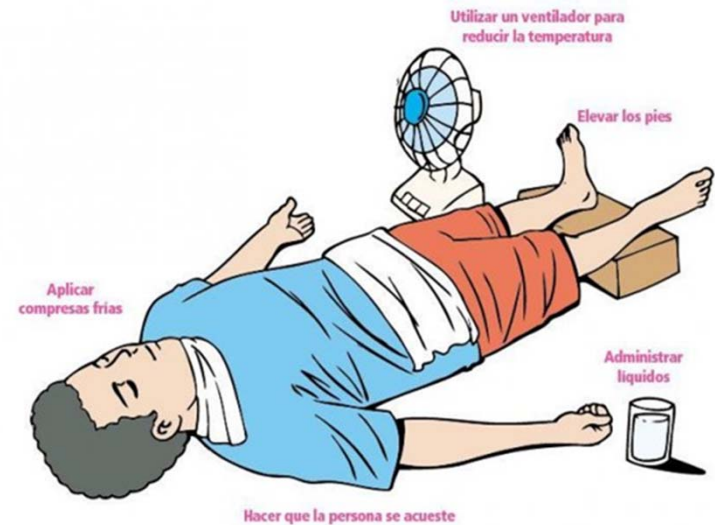
- Nuestra última defensa contra el calor es la sudoración que nos ayuda a eliminar el calor.
- OJO. El sudor que se produce no enfría, para ello tiene que evaporarse.

- Es conveniente mencionar que una alta humedad puede imponer severas limitaciones a la disipación del calor metabólico, especialmente en el trabajo pesado.
- Esto es particularmente verdadero si la humedad está combinada con altas temperaturas del aire o radiante. En tales casos puede incluso ser imposible realizar cualquier trabajo físico.



## Lo que debemos evitar: fatiga o agotamiento por calor

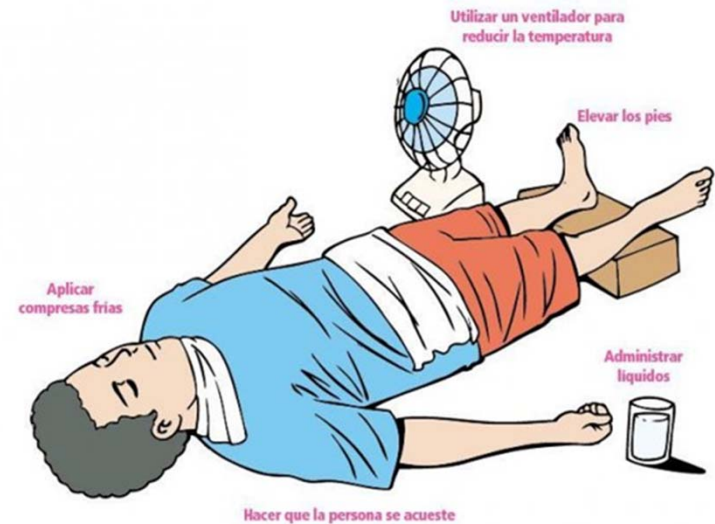
- Piel fría y húmeda
- Sudoración intensa
- Desmayo
- Mareos
- Fatiga
- Pulso débil y acelerado
- Calambres musculares
- Náuseas
- Dolor de cabeza





## Lo que debemos evitar: golpe de calor

- Fiebre 40 °C o más alta
- Mareos.
- Calambres musculares
- Sequedad de la piel y enrojecimiento.
- Dolor de cabeza.
- Pulso débil y acelerado.
- *Cambios en el estado mental o de comportamiento, tales como confusión, agitación o balbuceo*
- *Vómitos frecuentes.*
- *Problemas para respirar.*



# Lo que debemos evitar: muertes

| Year         | Total LODD   | Total LODD<br>(Stress/Overexertion) | Percentage of total |
|--------------|--------------|-------------------------------------|---------------------|
| 2005         | 115          | 62                                  | 53.9%               |
| 2006         | 106          | 54                                  | 50.9%               |
| 2007         | 118          | 55                                  | 46.0%               |
| 2008         | 118          | 52                                  | 44.1%               |
| 2009         | 99           | 50                                  | 55.6%               |
| 2010         | 87           | 55                                  | 63.2%               |
| 2011         | 83           | 50                                  | 60.2%               |
| 20112        | 81           | 45                                  | 55.6%               |
| 2013         | 106          | 37                                  | 35.0%               |
| 2014         | 87           | 53                                  | 60.9%               |
| <b>Total</b> | <b>1,000</b> | <b>513</b>                          | <b>51.3%</b>        |

United States Fire Administration 2015). <http://www.usfa.fema.gov/>  
Muertes durante el combate de incendios



# Influencia del calor en el rendimiento



## Efectos del calor en la eficiencia laboral

| Estudio                  | Tipo de Industria      | Resumen de los resultados                                                                     |
|--------------------------|------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------|
| Farmer et al 1923        | Industria del vidrio   | El rendimiento disminuye en verano                                                            |
| Vernon 1919, 1920        | Industria acerera      | El rendimiento disminuye en verano                                                            |
| Vernon 1919 <sup>a</sup> | Trabajador es Tinplate | El rendimiento disminuye en verano                                                            |
| Wyatt et al 1926         | Tejedoras              | El rendimiento baja si la temperatura del aire es superior a 24° y la humedad superior al 80% |
| Weston 1922              | Tejedores              | El rendimiento disminuye si la temperatura de bulbo húmedo es superior a 23°                  |
| Vernon 1919 <sup>b</sup> | N                      | La tasa de accidentes se incrementa cuando la temperatura aumenta sobre los 20°               |



# Temperatura: trabajo y pausas

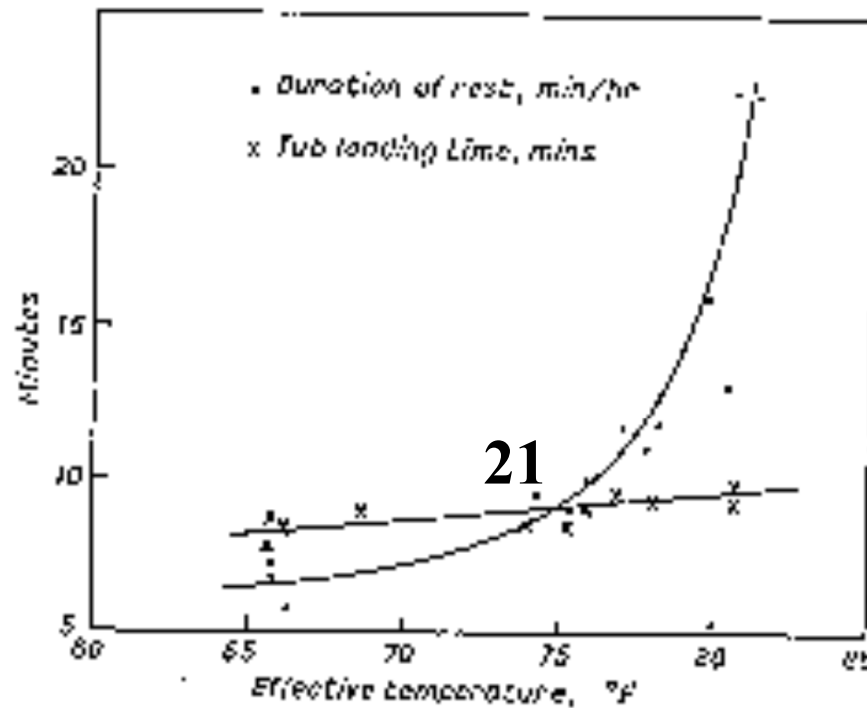
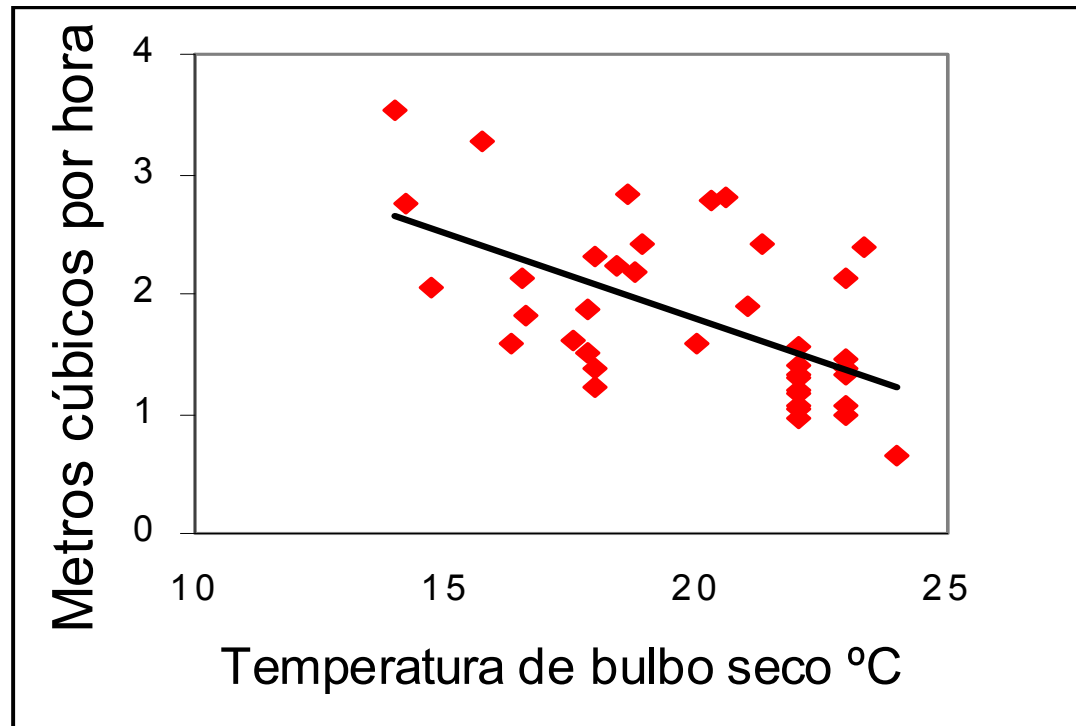
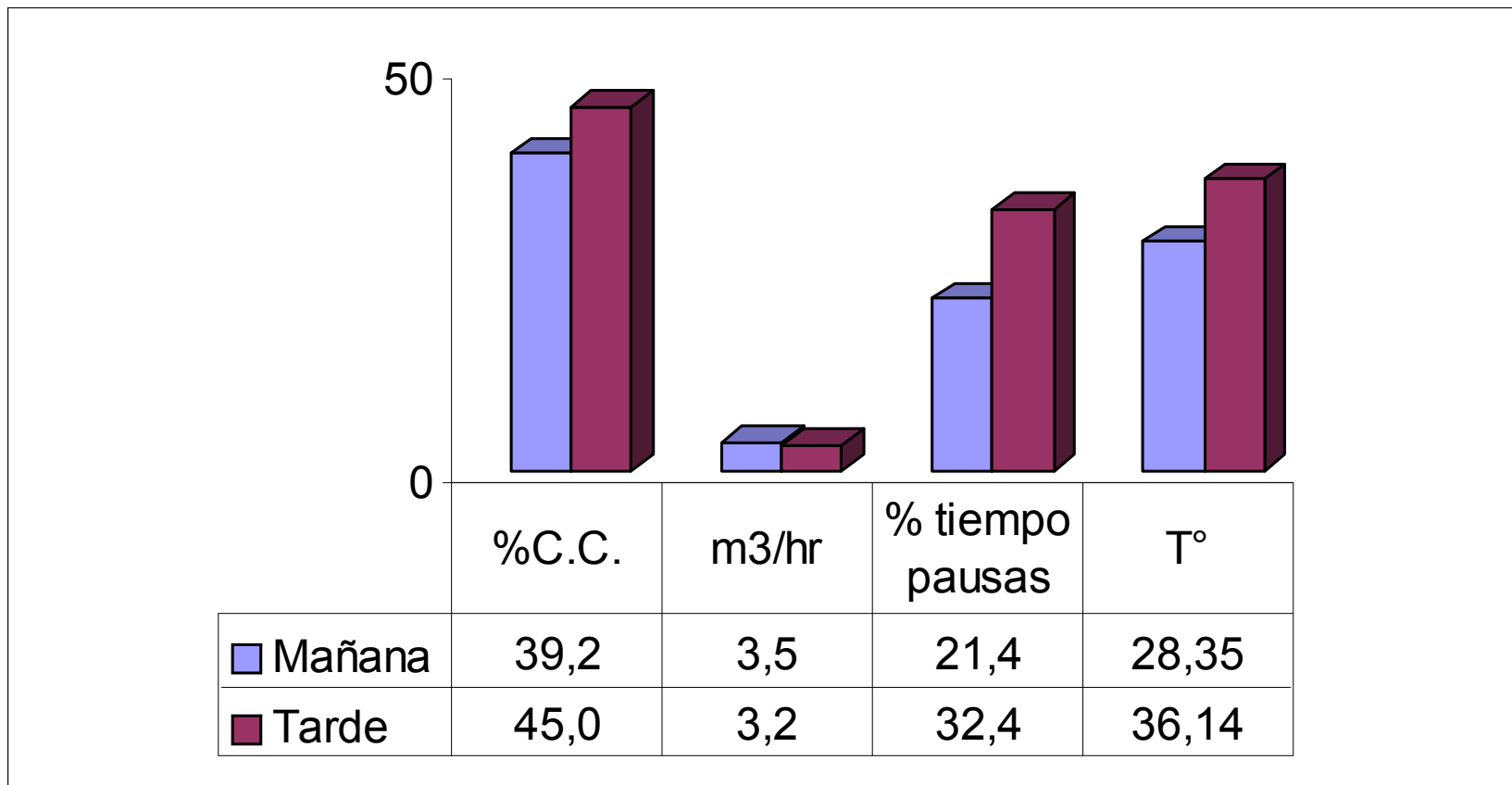


Fig. 91. The effect of temperature on work and rest when loading coal (after Vernon and Bedford, 1927a).

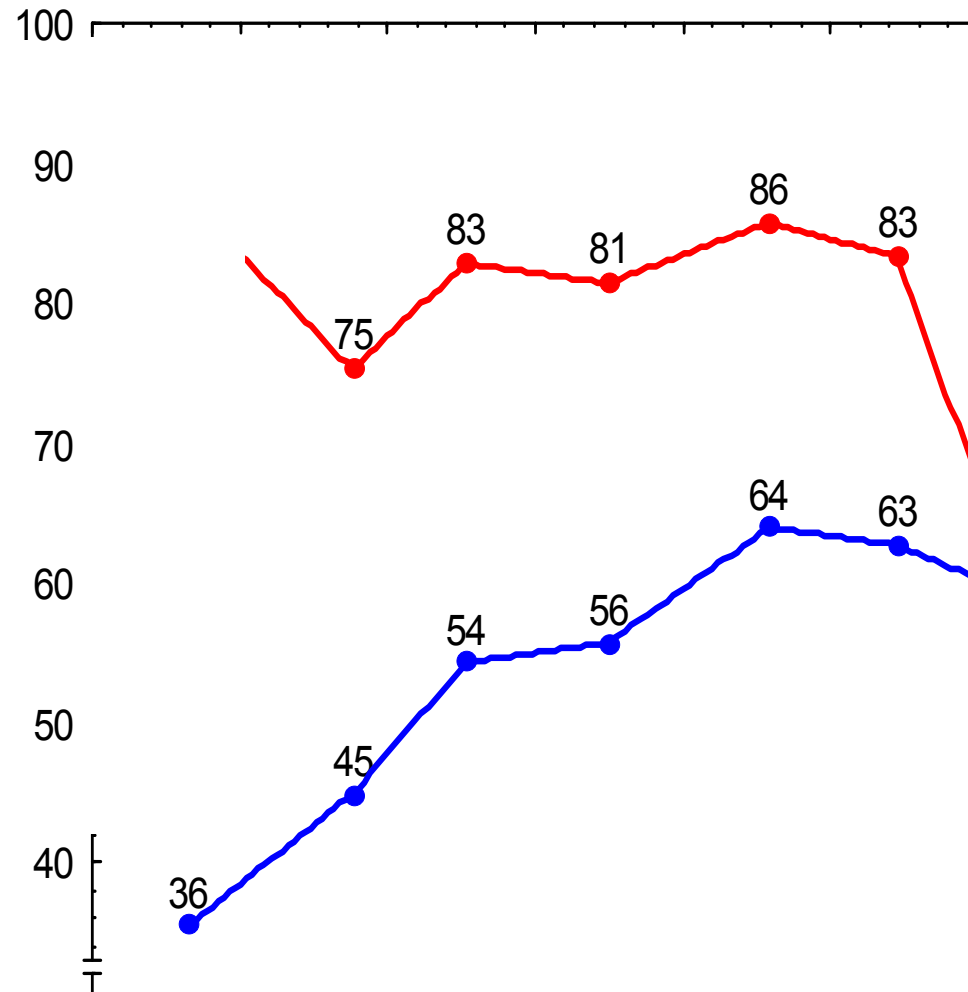
Relación entre rendimiento expresado en metros cúbicos por hora y temperatura de bulbo seco (°C) en motosierristas que voltean, desraman y trozan en raleo (n= 39 jornadas; r = 0.69)



Promedio de carga cardiovascular, tiempo de pausas, temperatura ambiente y rendimiento expresado en metros cúbicos por hora, durante trabajos de desrame con hacha. Resultados verificados en la mañana y en la tarde en días de verano de intenso calor



Porcentaje de tiempos principales (% TP), porcentaje de carga cardiovascular (% CC) y metros cuadrados de línea construidos por minuto (m<sup>2</sup>/min), para distintas condiciones de radiación calórica (temperatura de globo) clasificadas en rangos de 10 ° C.



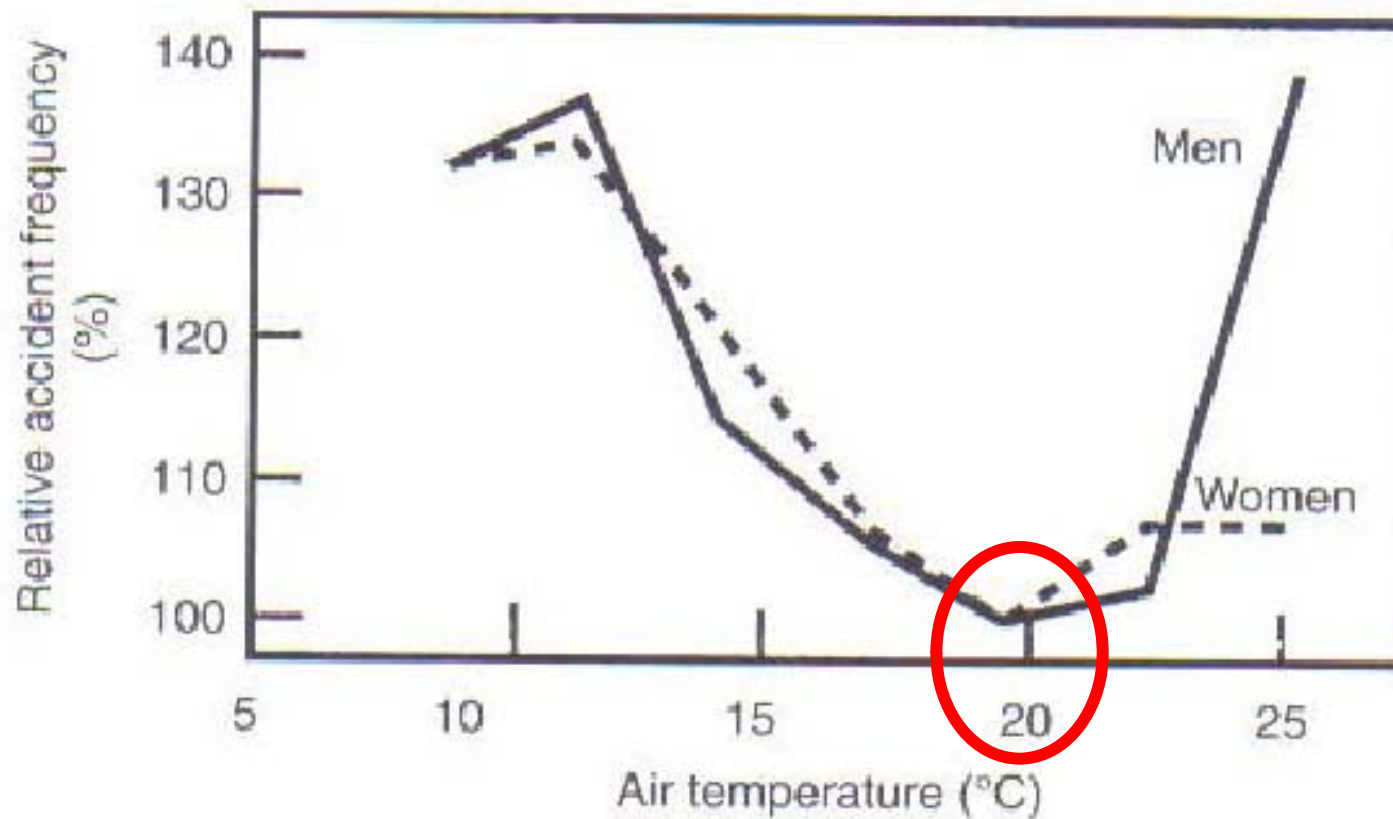
# Accidentes y Calor: Causas directas

- Manos resbalosas por el sudor
- Contacto con superficies calientes
- Protección visual empañada
- Mareos y desmayos

# Accidentes y calor: Causas Indirectas

- El malestar físico
- Irritabilidad
- Distracción
- Reacciones físicas y mentales más lentas

Relación entre frecuencia de accidentes y temperatura del aire, en una fabrica de municiones



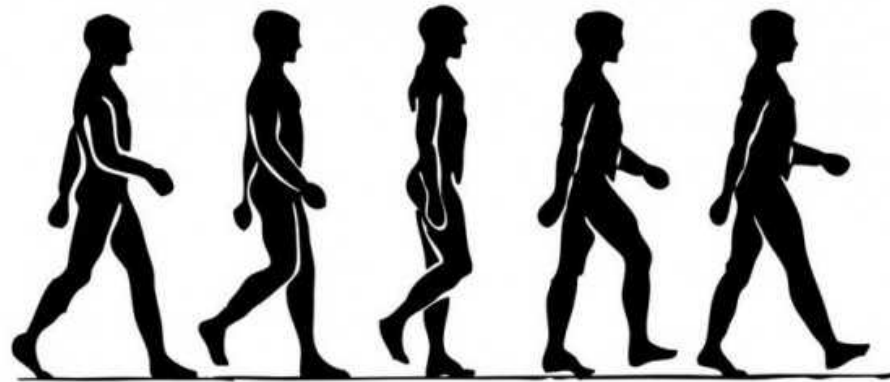
- Procesos generadores de energía y producción de calor humano



# PROCESOS AEROBICOS



(Alimentos + Oxígeno ----> Agua + Anhídrido + Trabajo físico y **Calor**)  
Carbónico



# PROCESOS ANAEROBICOS



(Glucosa -----> **Acido láctico** + trabajo físico y **calor**)

O<sub>2</sub>



# ESTIMACION DEL GASTO DE ENERGIA

- UN LITRO DE OXIGENO CONSUMIDO POR EL ORGANISMO EQUIVALE A UN GASTO DE ENERGIA CERCANO A CINCO KILOCALORIAS.
- EN CONSECUENCIA, LA MEDICIÓN DE CONSUMO DE OXÍGENO ES LA TÉCNICA MÁS UTILIZADA EN ESTUDIOS ERGONÓMICOS PARA ESTIMAR EL GASTO DE ENERGÍA

# CONSUMO DE OXIGENO

$$\dot{V}O_2 = \frac{V_E (\% O_2 AI - \% O_2 AE)}{100}$$

Donde:

$\dot{V}O_2$  = Consumo de oxígeno (litros por minuto)

$V_E$  = Ventilación pulmonar (litros por minuto)

%  $O_2$  AI = Porcentaje de oxígeno en aire inspirado

%  $O_2$  AE = Porcentaje de oxígeno en aire espirado

# METODO DEL SACO DE DOUGLAS



El método aún se usa en laboratorios

En trabajos reales es incómodo y puede alterar el ritmo normal de trabajo





## RESPIROMETRO DE KOGRANYI Y MICHAELIS (KM)

El saco es reemplazado por un equipo que tiene incorporado un medidor de volumen que dirige una pequeña porción a una bolsita de goma desde donde se analiza el oxígeno en el aire espirado





## OXYLOG II:

Los equipos más modernos son livianos y miden directamente el consumo de oxígeno y la ventilación pulmonar minuto a minuto





# VO2000

Pesa 740 gramos y permite control a distancia



El uso de máscaras o válvulas respiratorias  
dificulta la medición de  $\text{VO}_2$



# Test de esfuerzo en ergómetro de bicicleta



Para calcular la carga por minuto, en una bicicleta ergométrica, es necesario:

- Conocer la distancia que se recorre en cada vuelta de pedal
- El peso que se desplaza
- El número de vueltas de pedal por unidad de tiempo.

**1 kilopond metro** es la fuerza que actúa sobre una masa de 1 kg a la aceleración de gravedad normal



Por ejemplo, si se pedalea a 50 revoluciones por minuto, desplazando un peso de 2 kg, seis metros en cada vuelta de pedal, la carga expresada en kilopond/metro/minuto, se calcula como sigue:

$$\text{Kpm/min} = 50 \times 6 \times 2 = 600 \text{ kpm/min}$$

# CALCULO DE EFICIENCIA MECANICA

$$\% \text{ Eficiencia mecánica} = \frac{\text{Trabajo} \times 100}{\text{Energía trabajo} - \text{Energía basal}}$$

## ERGOMETRO DE BICICLETA

$$\% \text{ Eficiencia mecánica} = \frac{\text{kpm/min} \times 100}{427 (\text{Kcal/min totales} - \text{Kcal/min basales})}$$

1 kilocaloría es igual a 427 kpm

# EJERCICIO

## CALCULO DE EFICIENCIA MECANICA

- Carga en la bicicleta = 600 kpm/min
- Consumo de oxígeno = 2.2 l/min
- Consumo de oxígeno basal 0.2 l/min
- Calcule eficiencia mecánica

$$\% \text{ Eficiencia mecánica} = \frac{600 \times 100}{427 (11-1)} = \frac{60000}{4270} = 14.05\%$$

85.95% de la energía se disipa como calor

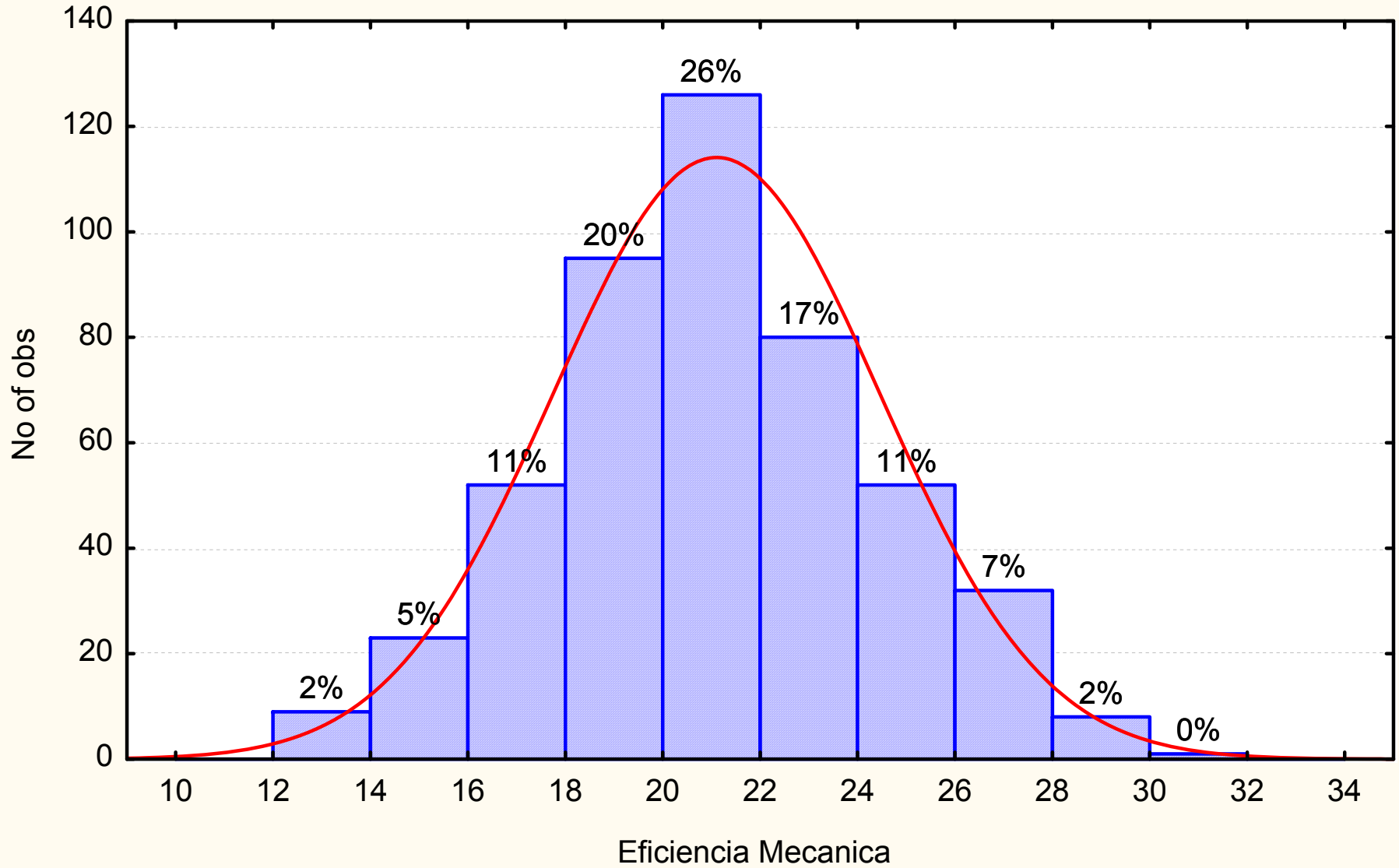
## Eficiencia mecánica medida en cicloergometro

Smallest N for any variable: 478

| Carga    | Eficiencia Mecanica Means | Eficiencia Mecanica N | Eficiencia Mecanica Std.Dev. | Eficiencia Mecanica Minimum | Eficiencia Mecanica Maximum |
|----------|---------------------------|-----------------------|------------------------------|-----------------------------|-----------------------------|
| 300      | 19,4                      | 139                   | 3,32                         | 12,8                        | 27,6                        |
| 450      | 21,1                      | 69                    | 2,68                         | 15,2                        | 26,3                        |
| 600      | 21,7                      | 139                   | 3,45                         | 13,6                        | 29,6                        |
| 750      | 21,9                      | 67                    | 2,53                         | 17,2                        | 27,0                        |
| 900      | 22,2                      | 64                    | 3,35                         | 16,9                        | 31,5                        |
| All Grps | 21,0                      | 478                   | 3,34                         | 12,8                        | 31,5                        |

Histogram of Eficiencia Mecanica  
vo2 medido estimados todos 14v\*481c

$$\text{Eficiencia Mecanica} = 478 \cdot 2 \cdot \text{normal}(x | 21,0446 | 3,3421)$$





**INDICADORES DE RESPUESTA  
FISIOLOGICA**



# Evaluación fisiológica de la carga de trabajo en ambientes calurosos

- Tres índices fisiológicos útiles para la evaluación de la carga de trabajo en ambientes calurosos son:
  - la sudoración
  - la temperatura corporal
  - la frecuencia cardíaca

# Medición de Sudor

- Es uno de los criterios para evaluar sobrecarga térmica.
- Es importante porque además orienta sobre las necesidades de hidratación



$$P2 = \frac{P1 + PCO + PBE + PO_2 - PCO_2 - POR - PDE - PH_2O - PS}{t2 - t1}$$

Donde:

P2 = peso al final de la jornada

P1 = peso al inicio de la jornada

PCO = peso de la comida ingerida

PBE = peso de las bebidas ingeridas

PO<sub>2</sub> = peso del oxígeno consumido

PCO<sub>2</sub> = peso del anhídrido carbónico producido

POR = peso de la orina

PDE = peso de las deposiciones

PH<sub>2</sub>O = peso del agua perdida por la respiración

PS = peso del sudor

t2 = hora de término de la jornada

t1 = hora de inicio de la jornada

## Formula simplificada para el cálculo de la pérdida de líquidos

$$\text{PLIQ} = \frac{\text{P2} - \text{P1} + \text{PCO} + \text{PBE} - \text{POR} - \text{PDE}}{\text{Horas control}}$$

Donde:

PLIQ= Pérdidas de líquido(sudor y respiración)

# Ejemplo de cálculo de Sudoración

Un trabajador pesó: 62 kg. a las 8 de la mañana.y  
60 kg a las 16:00

Entrada

Alimentos: 1 kg

Bebidas: 1,2

Salida

Orina:0,8

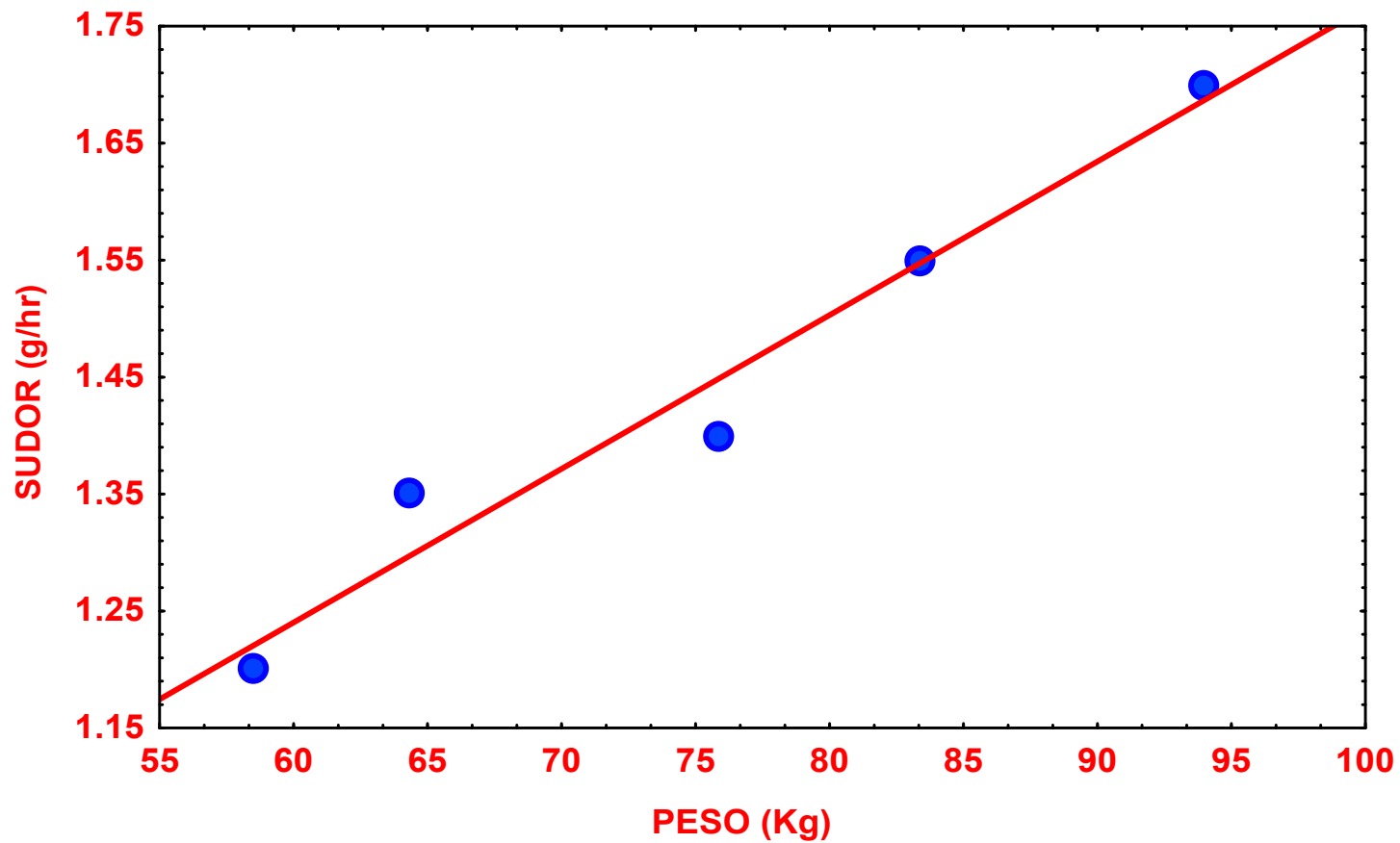
Deposiciones:0,5

$$\text{sudor} = \frac{(62-60) + (1+1,2) - (0,8+0,5)}{8 \text{ horas}} = 0,36 \text{ kg/hora } 362 \text{ g/hora}$$

Relación entre producción de sudor y  
carga de trabajo:  
Escala original de Christensen

| Sudor(gramos/hora) | Carga de trabajo    |
|--------------------|---------------------|
| Menos de 200       | Baja                |
| 200 a 400          | Mediana             |
| 400 a 600          | Alta                |
| 600 a 800          | Muy alta            |
| Sobre 800          | Extremadamente alta |

# Relación entre pérdida de sudor y peso corporal

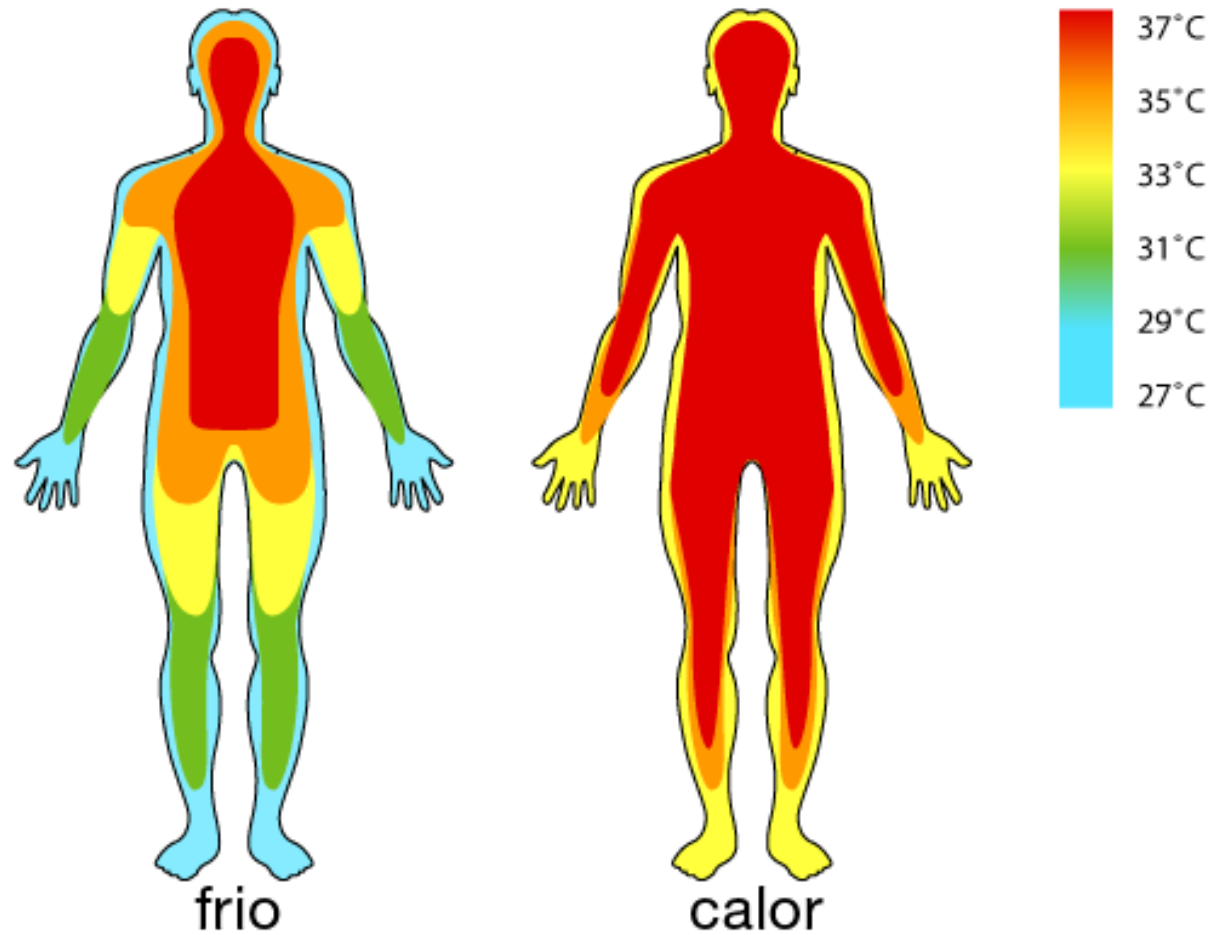


Relación entre producción de sudor y  
carga de trabajo:  
Escala adaptada para Chile

| Sudor(gramos/hora) | Carga de trabajo    |
|--------------------|---------------------|
| Menos de 175       | Baja                |
| 175 a 350          | Mediana             |
| 350 a 500          | Alta                |
| 500 a 675          | Muy alta            |
| Sobre 675          | Extremadamente alta |



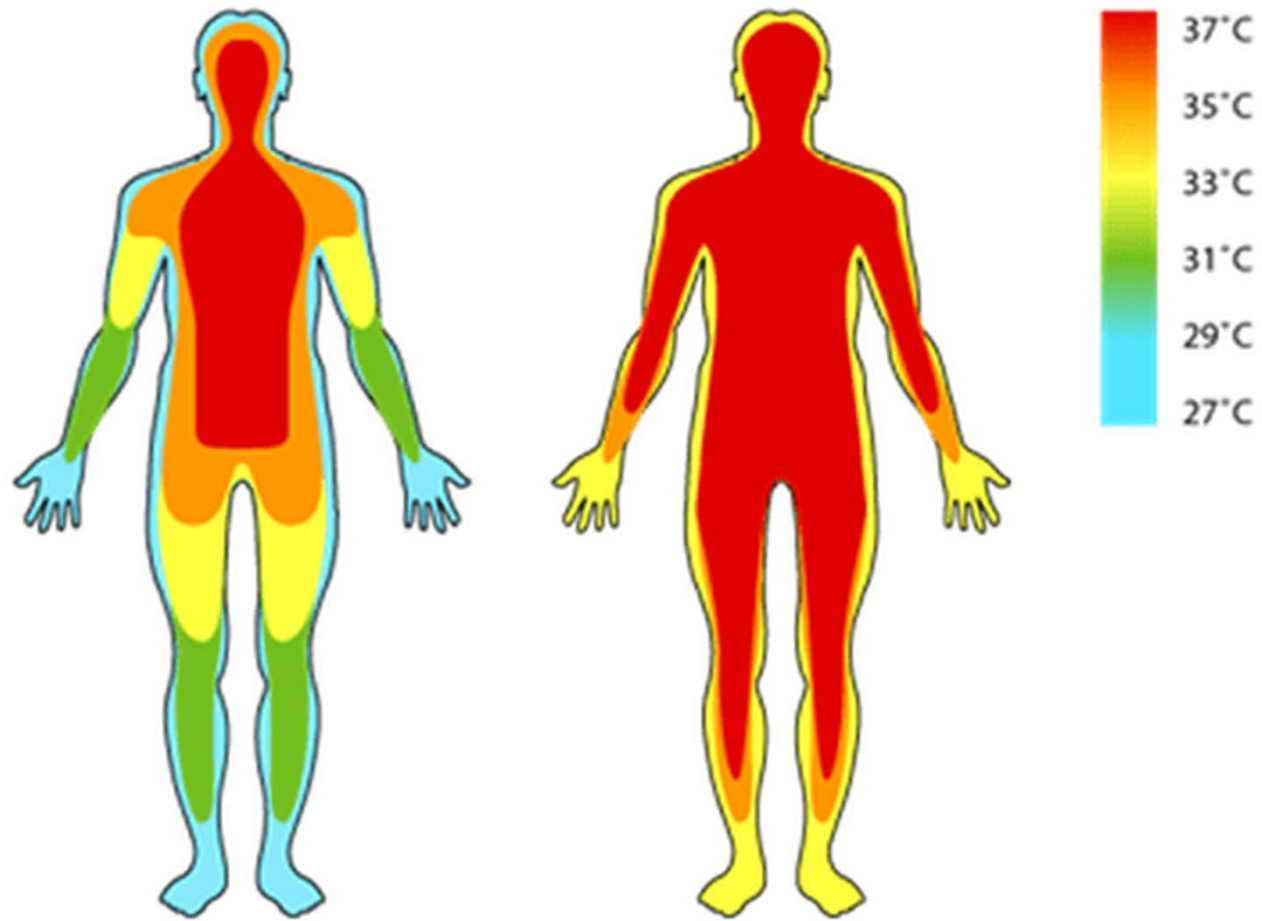
# Temperatura corporal



# Temperatura Corporal

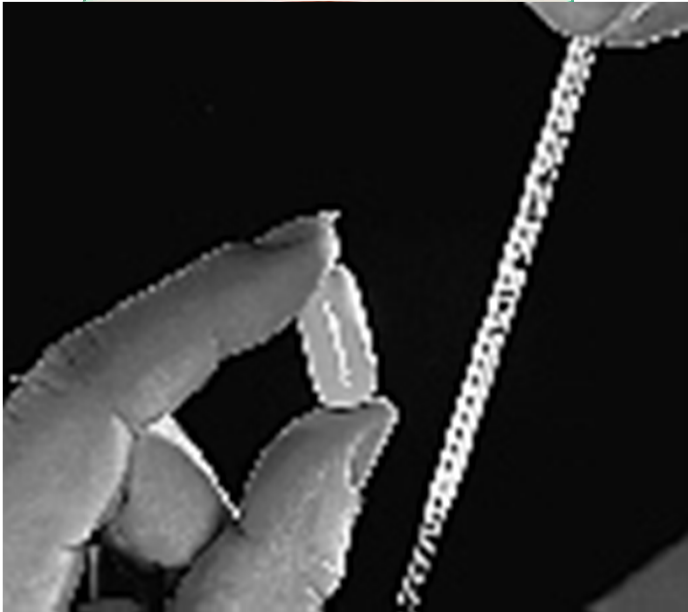
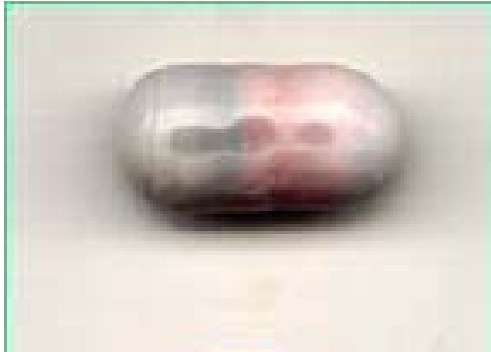
- Se requiere medir la temperatura central
- La temperatura rectal ha sido considerada como una forma válida pero poco práctica para evaluar trabajadores expuestos a calor.
- También se ha empleado la temperatura del conducto auditivo y de la piel

# Gradientes de temperatura



Frío

Calor



RADIO PILL: el sistema viene incorporado en una cápsula desechable que la persona se traga. Transmite la temperatura a un receptor

# Relación entre la temperatura corporal y la carga de trabajo

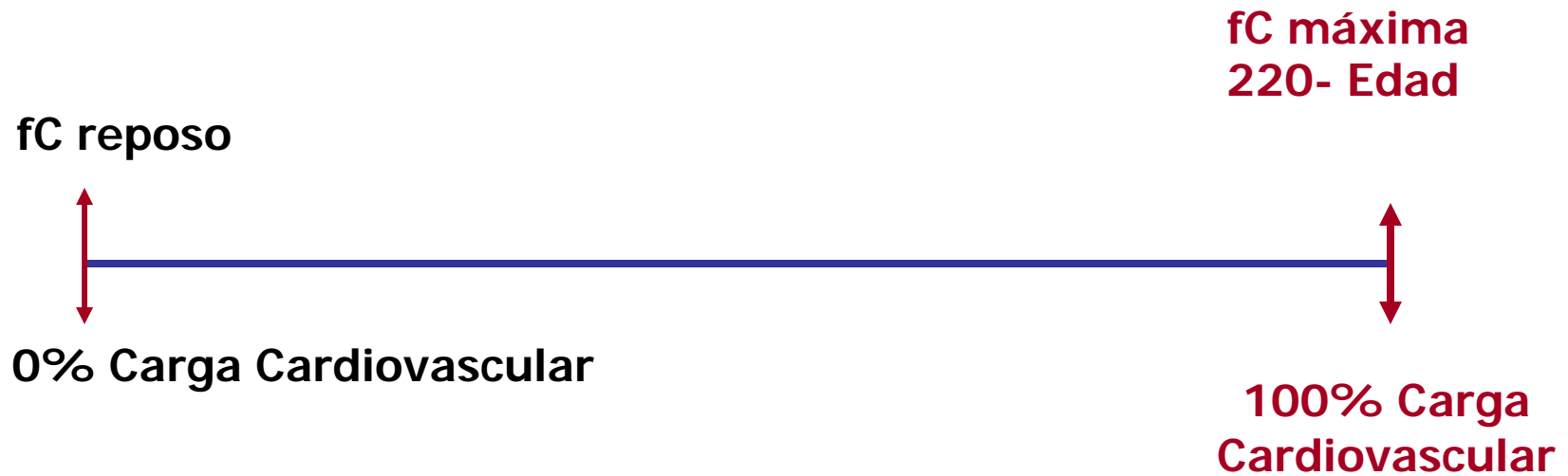
| Temperatura corporal (°C) | Carga de trabajo    |
|---------------------------|---------------------|
| 37.5                      | Baja                |
| 37.5 – 38.0               | Moderada            |
| 38.0 – 38.5               | Alta                |
| 38.5 – 39.0               | muy alta            |
| 39.0                      | Extremadamente alta |

# Frecuencia cardíaca

- Es uno de los criterios más prácticos y aceptados para evaluar sobrecarga térmica.
- Es un muy buen indicador de la carga fisiológica derivada del trabajo físico, la exposición a calor o de una combinación entre ambos



# % Carga cardiovascular



# CARGA CARDIOVASCULAR

$$\% \text{ CC} = \frac{\text{fC TRABAJO} - \text{fC REPOSO}}{\text{fC MÁXIMA} - \text{fC REPOSO}} \times 100$$

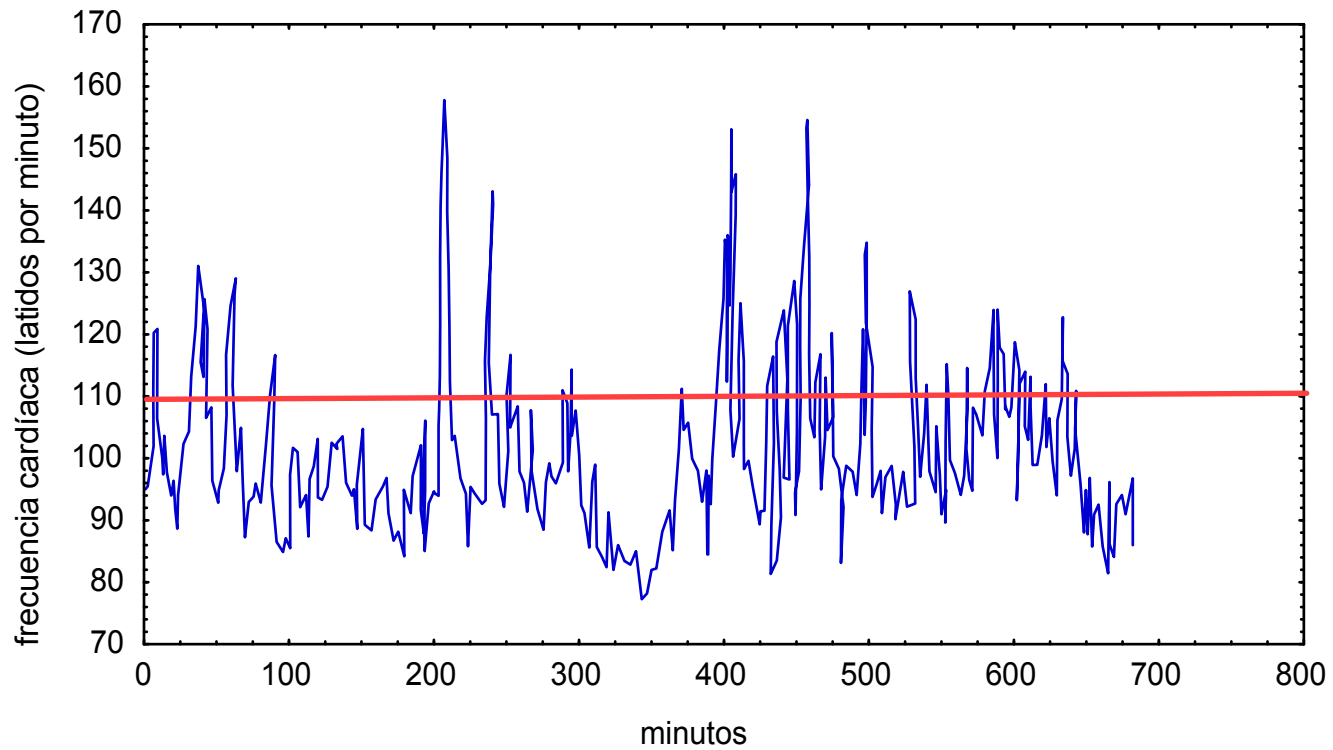
- DONDE:
- CC = CARGA CARDIOVASCULAR
- fC = FRECUENCIA CARDIACA



## Ejemplo de calculo:Trabajador minero



operador flotacion



| <b>Frecuencia Cardíaca</b> | <b>Promedio</b> | <b>Mínimo Máximo</b> | <b>Desviación estándar</b> |
|----------------------------|-----------------|----------------------|----------------------------|
| <b>Joroba</b>              | <b>101</b>      | <b>77-133</b>        | <b>132</b>                 |
| <b>Tabajo AM</b>           | <b>100</b>      | <b>81-133</b>        | <b>125</b>                 |
| <b>Tabajo FM</b>           | <b>105</b>      | <b>82-136</b>        | <b>126</b>                 |
|                            |                 |                      |                            |

## Ejemplo de cálculo del % de carga cardiovascular:

Trabajador de 30 años

Frecuencia cardiaca (latidos por minuto):

Trabajo= 101

Reposo = 60

Máxima estimada=  $220 - \text{Edad} = 190$

$$\% \text{ CC} = \frac{\text{fC TRABAJO} - \text{fC REPOSO}}{\text{fC MÁXIMA} - \text{fC REPOSO}} \times 100$$

$$\% \text{ CC} = \frac{101 - 60}{190 - 60} \times 100$$

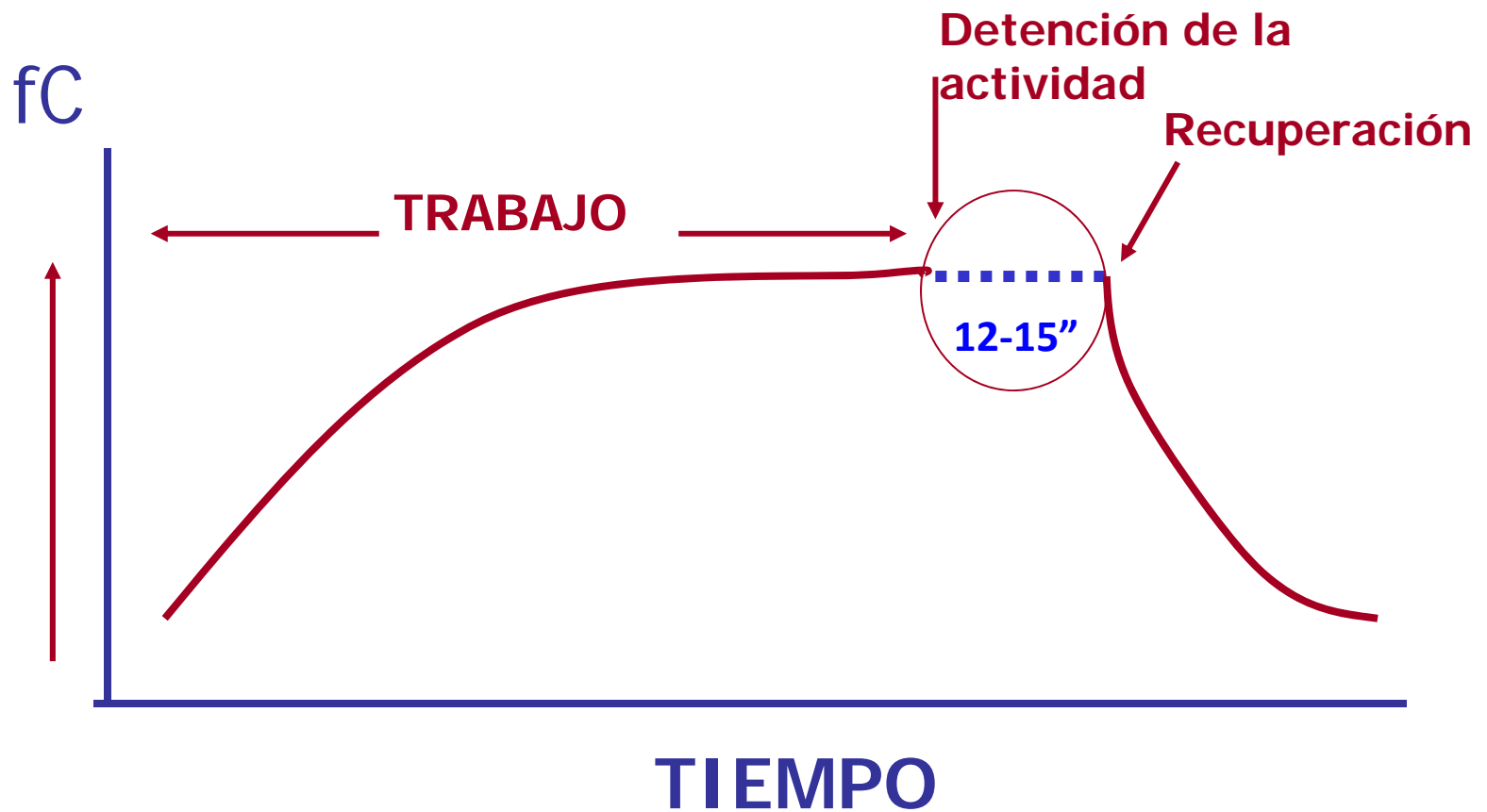
$$\% \text{ CC} = 31.5\%$$

SI NO TENEMOS NADA.....

## METODO DE LAS DIEZ PULSACIONES

- Habitualmente cuando se mide la frecuencia cardíaca se cuenta un número variable de latidos en un tiempo fijo
- Por el contrario, con el método de las diez pulsaciones se cuenta un número fijo de latidos en un tiempo variable

Frecuencia cardiaca de trabajo: Al detener la actividad hay un período cercano a 15 segundos en que la frecuencia cardíaca permanece en el mismo nivel que durante el trabajo

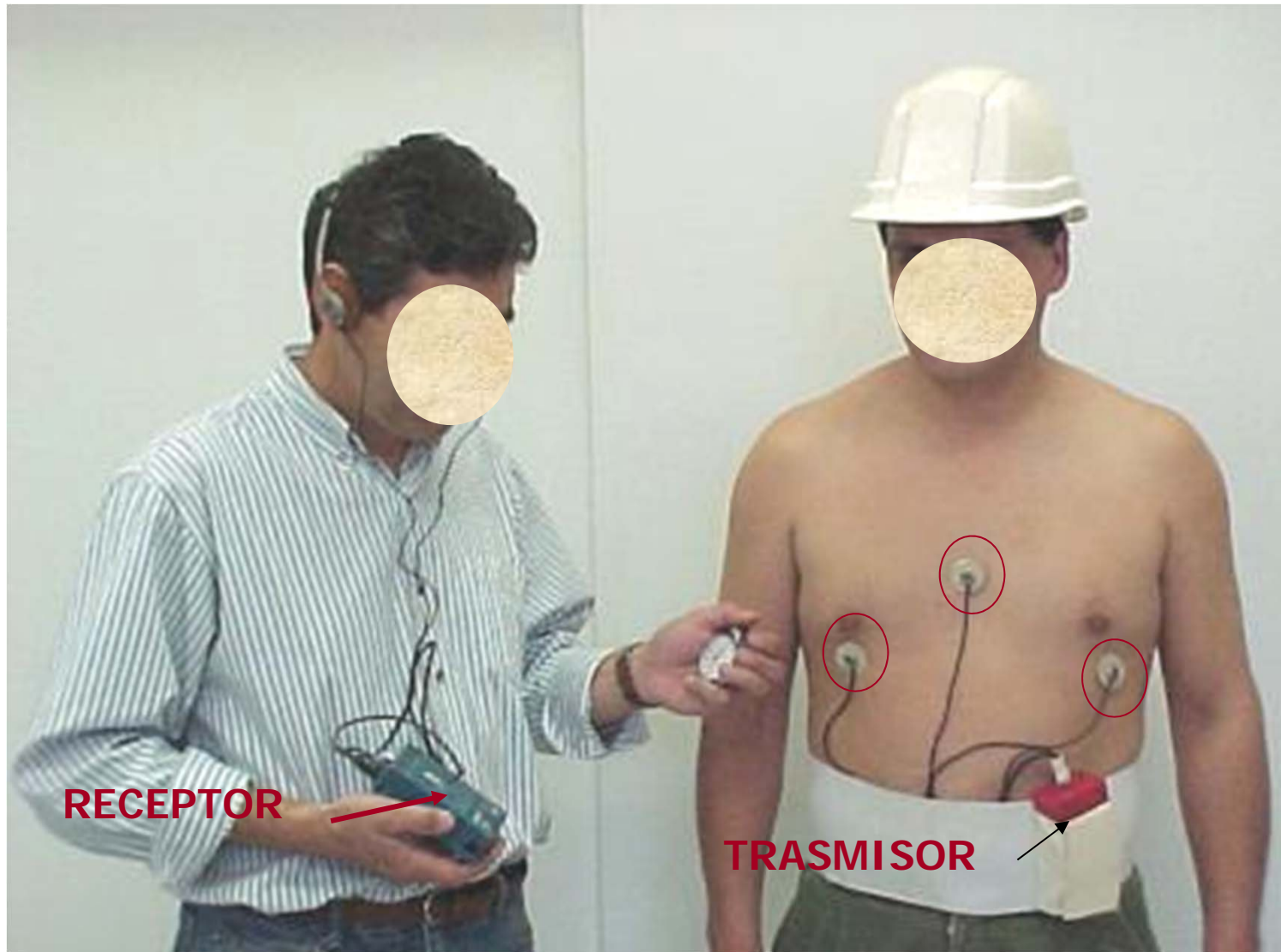


# CONVERSION DEL TIEMPO QUE TOMA CONTAR DIEZ LATIDOS A LATIDOS POR MINUTO

|   | 0.0 | 0.1 | 0.2 | 0.3 | 0.4 | 0.5 | 0.6 | 0.7 | 0.8 | 0.9 |
|---|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| 3 | 200 | 194 | 188 | 182 | 176 | 171 | 167 | 162 | 158 | 154 |
| 4 | 150 | 146 | 143 | 140 | 136 | 133 | 130 | 128 | 125 | 122 |
| 5 | 120 | 118 | 115 | 113 | 111 | 109 | 107 | 105 | 103 | 102 |
| 6 | 100 | 98  | 97  | 95  | 94  | 92  | 91  | 90  | 88  | 87  |
| 7 | 86  | 85  | 83  | 82  | 81  | 80  | 79  | 78  | 77  | 76  |
| 8 | 75  | 74  | 73  | 72  | 71  | 71  | 70  | 69  | 68  | 67  |
| 9 | 67  | 66  | 65  | 65  | 64  | 63  | 63  | 62  | 61  | 60  |



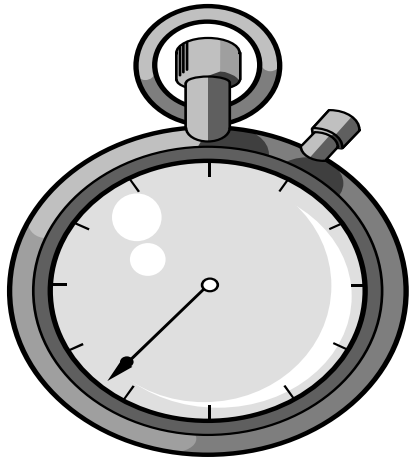
## Sistema telemétrico para registro de frecuencia cardíaca





# EQUIPO POLAR PARA LA MEDICION DE LA FRECUENCIA CARDIACA

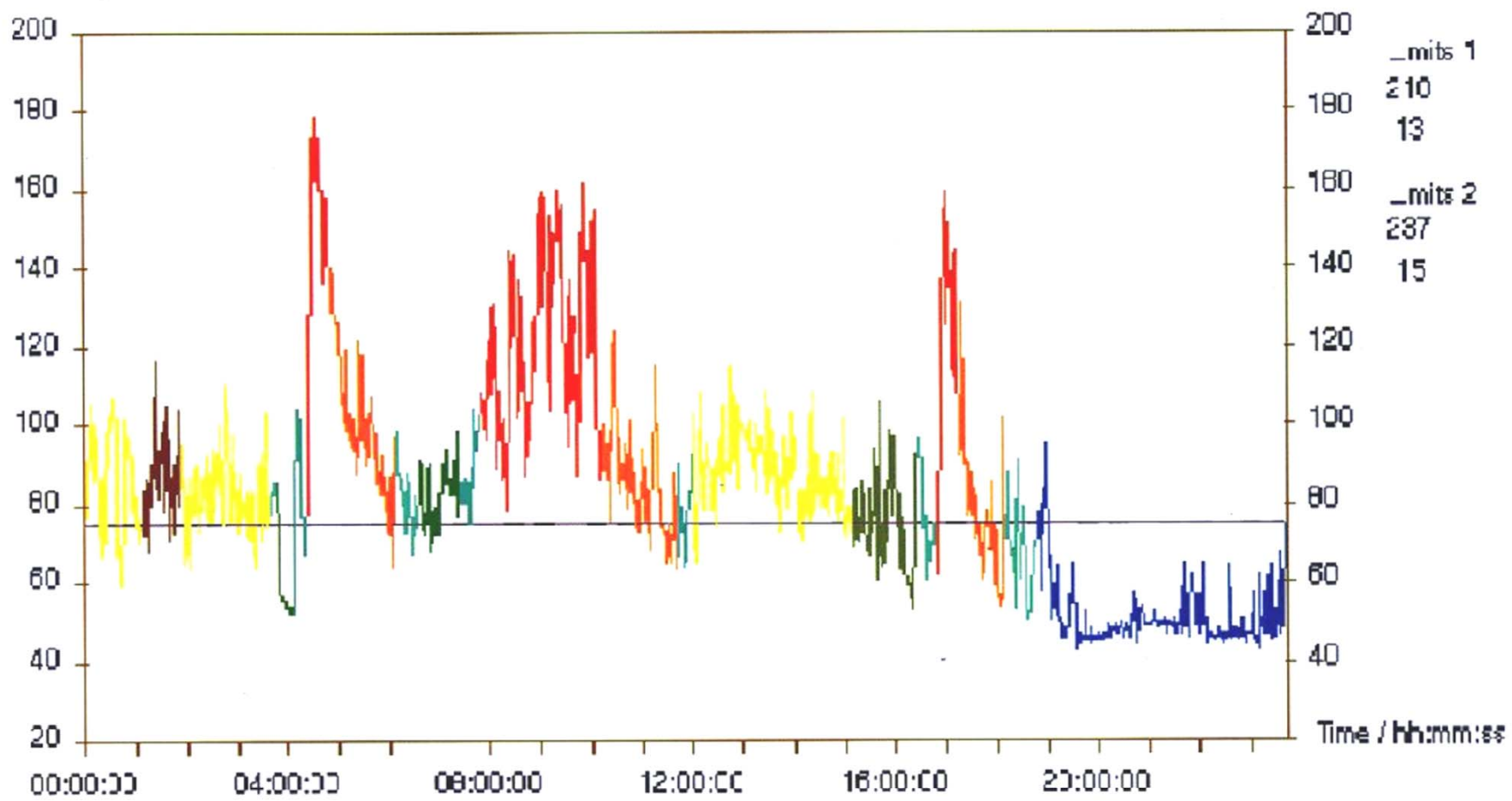




# Registro de tiempos



Corre  
HR / bpm



\_mits 1  
210  
13  
\_mits 2  
237  
15

- |                                                                                                               |                                                                                                                |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|  Stand-by en el campamento |  Espera en el incendio      |
|  Stand-by en terreno       |  Mantención de herramientas |
|  Traslado en el movil      |  Recostado                  |
|  Combate de incendio       |  Durmiendo                  |

# Ejemplo: Mantenedor mecánico taller



## Estudio de tiempo y carga física de trabajo

Las labores asociadas a la actividad principal, tales como mantención de partes y piezas, revisión e inspección, ocupan un 49,8% de la jornada.

Un 14,3% de la jornada desarrolla labores de coordinación y administración

Un 15,6% del tiempo lo utiliza para traslados.

Es importante destacar que las labores de mantención, al menos en el día en que se realizó la evaluación, no superaron los 40 minutos (9,9%) de trabajo continuo y que estuvieron separadas por periodos de pausa.

| Tiempo                            |                            | Actividad                                                                                 | Porcentaje |
|-----------------------------------|----------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| Inicio                            | Término                    |                                                                                           |            |
| 8:30                              | 8:51                       | Coordinación                                                                              | 5.2 %      |
| 8:51                              | 9:00                       | Conducción de camión                                                                      | 2.2 %      |
| 9:00                              | 9:21                       | Coordinación/instrucciones                                                                | 5,2%       |
| 9:21                              | 9:32                       | Revisa equipos                                                                            | 2,7%       |
| 9:32                              | 9:42                       | Conduce camión                                                                            | 2.5%       |
| 9:42                              | 10:08                      | Mantención de equipo:                                                                     | 6.4%       |
| 10:08                             | 10:27                      | Trabajo en taller                                                                         | 4,7%       |
| 10:27                             | 10:31                      | Desplazamiento con tambores                                                               | 1%         |
| 10:31                             | 10:43                      | Preparación de herramientas                                                               | 3%         |
| 10:43                             | 10:53                      | Conduce                                                                                   | 2.5%       |
| 10:53                             | 11:09                      | Coordina                                                                                  | 3.9%       |
| 11:09                             | 11:35                      | Conduce                                                                                   | 5.9%       |
| 11:35                             | 12:48                      | Colación                                                                                  | 18%        |
| 12:50                             | 13:04                      | Preparación de herramientas                                                               | 3.4%       |
| 13:04                             | 13:40                      | Reparación brazo hidráulico                                                               | 8.8%       |
| 13:40                             | 13:50                      | Conduce                                                                                   | 2.5%       |
| 13:50                             | 13:59                      | Taller de mangueras                                                                       | 2.2%       |
| 13:59                             | 14:04                      | Conduce                                                                                   | 1.2%       |
| 14:04                             | 14:44                      | Repara cilindro de levante: Repara cilindro-maneja puente grúa-Utiliza pistola hidráulica | 9.9%       |
| 14:44                             | 15:15                      | Termina labores: Guardar equipos                                                          | 7.7%       |
| <b>Tiempo total de evaluación</b> | <b>6 horas, 45 minutos</b> |                                                                                           |            |

Promedio, mínimo, máximo y desviación estándar de la frecuencia cardiaca y el porcentaje de carga cardiovascular (%CC).

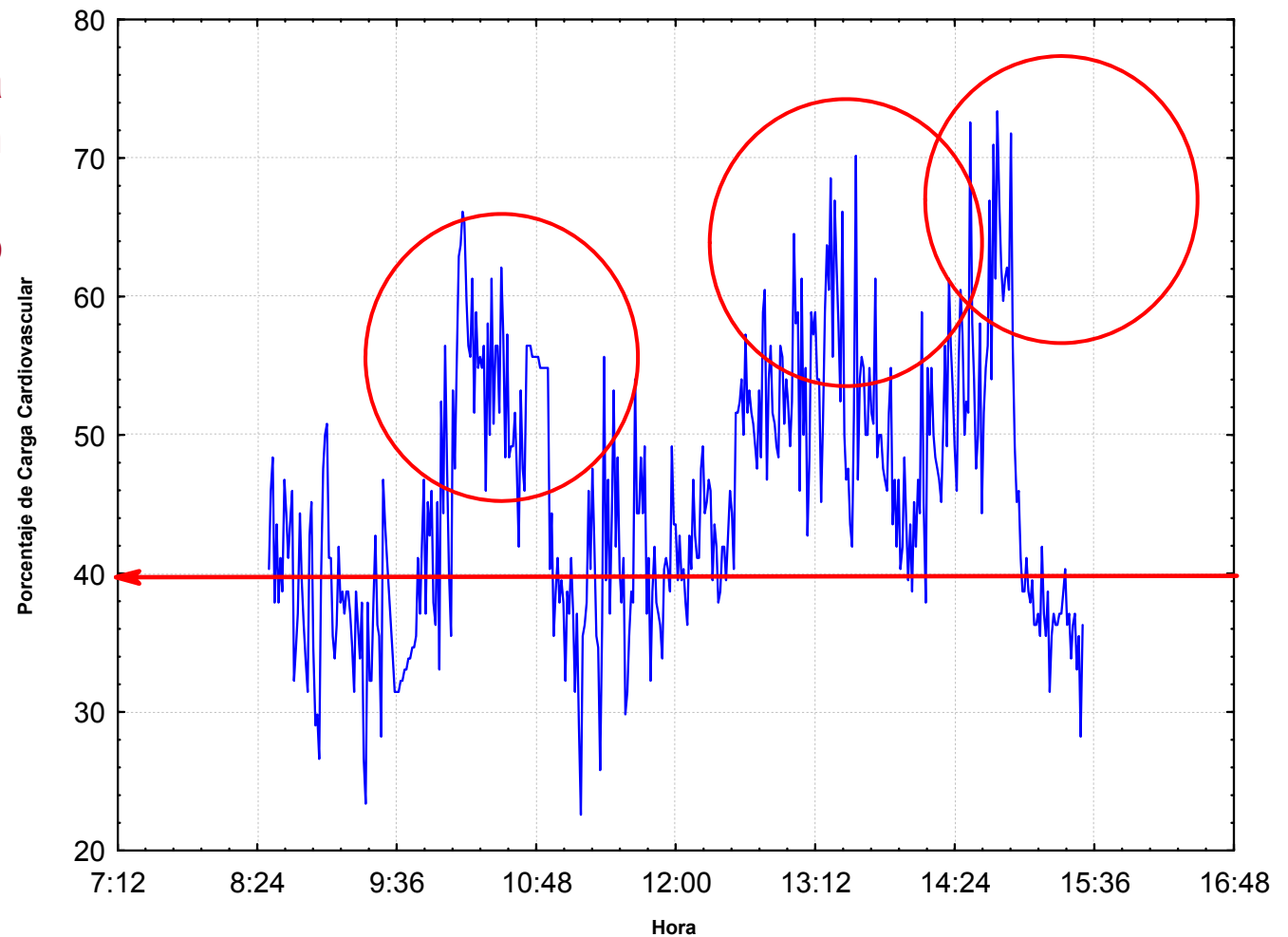
| Variables                          |          |        |        |       |
|------------------------------------|----------|--------|--------|-------|
|                                    | Promedio | Mínimo | Máximo | D.E   |
| Frecuencia Cardiaca                | 116,8    | 88,00  | 151,0  | 11,70 |
| Porcentaje de Carga Cardiovascular | 45,8     | 22,58  | 73,4   | 9,44  |

La carga cardiovascular entre las 10:00 y las 10:48 , alcanza niveles entre el 40% y el 65%, momento en que el trabajador estaba realizando mantención de equipo, trabajo en el taller y desplazamiento con tambores

Entre las 13:00 y 13:45, la carga está en niveles entre el 50% y 70% y esta asociada a la reparación del brazo hidráulico,

Entre las 14:00 y las 14:45 la carga se situó entre los 45% y los 73%, cuando repara cilindro de levante

## Gráfico del Porcentaje de Carga Cardiovascular durante la jornada de trabajo



# Relación entre frecuencia cardíaca y carga de trabajo

| Frecuencia cardíaca | Carga de trabajo    |
|---------------------|---------------------|
| 75                  | Muy baja            |
| 75 a 100            | Baja                |
| 100 a 115           | Moderada            |
| 115 a 130           | Alta                |
| 139 a 150           | Muy alta            |
| Sobre 150           | Extremadamente alta |



# **Evaluación de Carga térmica**

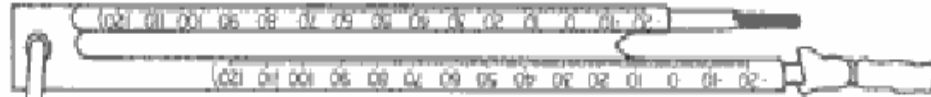
## Desde un punto de vista ergonómico, cuando se detecta sobrecarga térmica hay que identificar el factor que la genera:

- Temperatura del aire,  
• Termómetro de bulbo seco
  
- Humedad,  
• Termómetro de bulbo húmedo
  
- Radiación,  
• Termómetro de globo

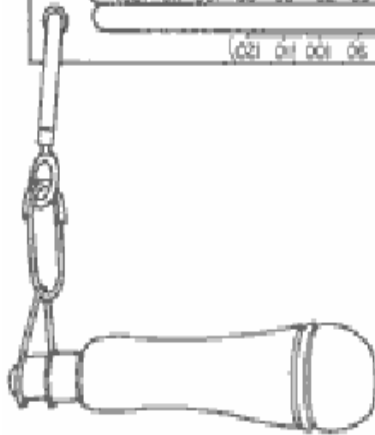


# Psicrómetro

Termómetro bulbo seco



Termómetro Bulbo Húmedo

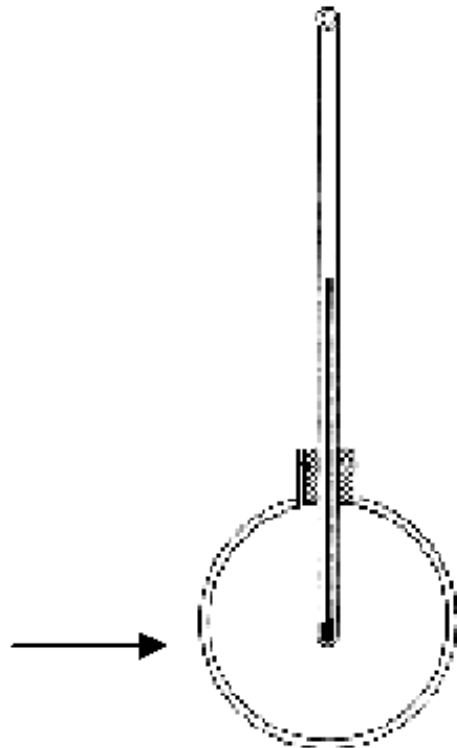


| Tabla psicrométrica               |                                                                       |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
|-----------------------------------|-----------------------------------------------------------------------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| Temperatura de un termómetro seco | Diferencia de temperatura entre los termómetros seco y húmedo (en °C) |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
|                                   | (El valor de la lectura medida especifica la humedad relativa en %)   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| °C                                | 0                                                                     | 1  | 2  | 3  | 4  | 5  | 6  | 7  | 8  | 9  |
| 0                                 | 100                                                                   | 82 | 64 | 47 | 31 | 14 |    |    |    |    |
| 1                                 | 100                                                                   | 83 | 66 | 60 | 34 | 18 |    |    |    |    |
| 2                                 | 100                                                                   | 84 | 68 | 52 | 37 | 22 |    |    |    |    |
| 3                                 | 100                                                                   | 84 | 69 | 54 | 40 | 25 | 12 |    |    |    |
| 4                                 | 100                                                                   | 85 | 70 | 56 | 42 | 28 | 18 |    |    |    |
| 5                                 | 100                                                                   | 86 | 72 | 58 | 45 | 32 | 19 | 7  |    |    |
| 6                                 | 100                                                                   | 86 | 73 | 60 | 47 | 35 | 23 | 11 |    |    |
| 7                                 | 100                                                                   | 87 | 75 | 61 | 49 | 37 | 26 | 14 |    |    |
| 8                                 | 100                                                                   | 87 | 75 | 62 | 51 | 40 | 29 | 18 | 7  |    |
| 9                                 | 100                                                                   | 88 | 76 | 64 | 53 | 42 | 31 | 21 | 11 |    |
| 10                                | 100                                                                   | 88 | 77 | 65 | 55 | 44 | 34 | 24 | 14 | 5  |
| 11                                | 100                                                                   | 88 | 77 | 66 | 56 | 46 | 36 | 26 | 17 | 8  |
| 12                                | 100                                                                   | 89 | 78 | 68 | 57 | 48 | 38 | 29 | 20 | 11 |
| 13                                | 100                                                                   | 89 | 79 | 69 | 59 | 49 | 40 | 31 | 23 | 14 |
| 14                                | 100                                                                   | 90 | 79 | 70 | 60 | 51 | 42 | 33 | 25 | 17 |
| 15                                | 100                                                                   | 90 | 80 | 71 | 61 | 53 | 44 | 36 | 27 | 20 |
| 16                                | 100                                                                   | 90 | 81 | 71 | 62 | 54 | 46 | 37 | 30 | 22 |
| 17                                | 100                                                                   | 90 | 81 | 72 | 63 | 56 | 47 | 39 | 32 | 24 |
| 18                                | 100                                                                   | 91 | 82 | 73 | 65 | 56 | 49 | 41 | 34 | 27 |
| 19                                | 100                                                                   | 91 | 82 | 74 | 65 | 58 | 50 | 43 | 36 | 29 |
| 20                                | 100                                                                   | 91 | 83 | 74 | 66 | 59 | 51 | 44 | 37 | 31 |
| 21                                | 100                                                                   | 91 | 83 | 75 | 67 | 60 | 52 | 45 | 39 | 32 |
| 22                                | 100                                                                   | 92 | 83 | 75 | 68 | 61 | 54 | 47 | 40 | 34 |
| 23                                | 100                                                                   | 92 | 84 | 76 | 69 | 62 | 55 | 48 | 42 | 36 |
| 24                                | 100                                                                   | 92 | 84 | 77 | 70 | 62 | 56 | 49 | 43 | 37 |
| 25                                | 100                                                                   | 92 | 85 | 77 | 70 | 63 | 57 | 51 | 44 | 39 |
| 26                                | 100                                                                   | 92 | 85 | 78 | 71 | 64 | 58 | 51 | 45 | 40 |
| 27                                | 100                                                                   | 93 | 85 | 78 | 71 | 65 | 59 | 53 | 47 | 41 |
| 28                                | 100                                                                   | 93 | 86 | 79 | 72 | 65 | 59 | 53 | 48 | 42 |
| 29                                | 100                                                                   | 93 | 86 | 79 | 72 | 66 | 60 | 54 | 49 | 43 |
| 30                                | 100                                                                   | 93 | 86 | 79 | 73 | 67 | 61 | 55 | 50 | 44 |

# Termómetro de globo



Termómetro  
inserto en la  
esfera



Esfera de cobre de 10  
cm. de diámetro pintada  
de color negro



Velocidad del  
viento  
Anemómetro

El índice TGBH es aplicable a trabajadores aclimatados, que ejecutan sus actividades completamente vestidos y que disponen de una provisión adecuada de agua y sal. En cuanto al procedimiento para el cálculo del índice se proponen las siguientes fórmulas:

- Trabajo al aire libre con carga solar:

$$TGBH = 0,7 TBH + 0,2 TG + 0,1 TBS$$

- Trabajo al aire libre sin carga solar, o bajo techo:

$$TGBH = 0,7 TBH + 0,3 TG$$

Donde:

TBH = Temperatura de bulbo húmedo natural, en °C

TG = Temperatura de globo, en °C

TBS = Temperatura de bulbo seco, en °C

CARGA DE TRABAJO SEGUN COSTO ENERGETICO ( $CE_{prom}$  )

| TIPO DE TRABAJO                          | LIVIANA<br>inferior a 375<br>Kcal/h | MODERADA<br>375 a 450<br>Kcal/h | PESADA<br>Superior a 450<br>Kcal/h |
|------------------------------------------|-------------------------------------|---------------------------------|------------------------------------|
| Trabajo continuo                         | 30,0                                | 26,7                            | 25,0                               |
| 75% trabajo<br>25% descanso<br>cada hora | 30,6                                | 28,0                            | 25,9                               |
| 50% trabajo<br>50% descanso<br>cada hora | 31,4                                | 29,4                            | 27,9                               |
| 25% trabajo<br>75% descanso<br>cada hora | 32,2                                | 31,1                            | 30,0                               |

# TGBH Promedio

$$\text{TGBH}_{\text{promedio}} = \frac{(\text{TGBH})_1 \times t_1 + (\text{TGBH})_2 \times t_2 + \dots + (\text{TGBH})_n \times t_n}{t_1 + t_2 + \dots + t_n}$$

Donde:

$(\text{TGBH})_1, (\text{TGBH})_2, \dots, (\text{TGBH})_n$ : son los TGBH encontrados en las diferentes áreas de trabajo y descanso en las que el trabajador permaneció durante la jornada laboral.

$t_1, t_2, \dots, t_n$ : son los tiempos en horas de permanencia en las respectivas áreas



# Ejemplo de Calculo de TGBH

| Actividad    | Tiempo en cada actividad (min) | Gasto Energético (kcal/min) | Temperatura de Globo (°C) | Temperatura Seca (°C) | Temperatura húmeda (°C) | Índice TGBH |
|--------------|--------------------------------|-----------------------------|---------------------------|-----------------------|-------------------------|-------------|
| 1            | 60                             | 4                           | 50                        | 25                    | 22                      | 27,9        |
| 2            | 48                             | 4,3                         | 42                        | 32                    | 25                      | 29,1        |
| 3            | 124                            | 6,1                         | 40                        | 30                    | 25                      | 28,5        |
| 4            | 205                            | 7,5                         | 35                        | 30                    | 27                      | 28,9        |
| 5            | 25                             | 8                           | 32                        | 25                    | 19                      | 22,2        |
| 6            | 18                             | 9                           | 32                        | 25                    | 19                      | 22,2        |
| <b>Total</b> | <b>480</b>                     | <b>3102,3</b>               |                           |                       |                         |             |

## Calculo del TGBH ponderado

Para el cálculo del TGBH promedio se usa la fórmula:

$$\text{TGBH}_{\text{promedio}} = \frac{(\text{TGBH})_1 \times t_1 + (\text{TGBH})_2 \times t_2 + \dots + (\text{TGBH})_n \times t_n}{t_1 + t_2 + \dots}$$

$$\text{TGBH}_{\text{promedio}} = \frac{27,9 \times 60 + 29,1 \times 48 + 28,5 \times 124 + 28,9 \times 205 + 22,2 \times 25 + 22,2 \times 18}{60 + 48 + 124 + 205 + 25 + 18}$$

$$\text{TGBH}_{\text{promedio}} = 28,0$$

## Calculo del gasto de energía ponderado


$$CE_{\text{prom}} = \frac{CE_1 \times t_1 + CE_2 \times t_2 + \dots + CE_n \times t_n}{t_1 + t_2 + \dots + t_n}$$

$$CE_{\text{prom}} = \frac{4 \cdot 60 + 4,3 \cdot 48 + 6,1 \cdot 124 + 7,5 \cdot 205 + 25 \cdot 8 + 18 \cdot 9}{60 + 48 + 124 + 205 + 25 + 18}$$

$$CE_{\text{prom}} = 6,46 \text{ kcal/min o } 387,8 \text{ kcal/hora}$$

Para entrar a la tabla:

1. Primero ubicar la columna de gasto energético según lo estimado o medido, que en este caso es la tercera columna, **Gasto de energía en nivel moderado**
2. Ubicar el valor de TGBH estimado anteriormente: **28,0** , en la **columna seleccionada**.
3. Una vez ubicado ambos valores, se debe leer lo que dice la primera columna, como lo indica la flecha roja.

| CARGA DE TRABAJO SEGÚN COSTO ENERGÉTICO ( $CE_{prom}$ ) |                                  |                                            |                                 |                                                                                     |
|---------------------------------------------------------|----------------------------------|--------------------------------------------|---------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|
| TIPO DE TRABAJO                                         | LIVIANA<br>inferior a 375 Kcal/h | <b>MODERADA</b><br><b>375 a 450 Kcal/h</b> | PESADA<br>Superior a 450 Kcal/h |                                                                                     |
| Trabajo continuo                                        | 30,0                             | <b>26,7</b>                                | 25,0                            |                                                                                     |
| <b>75% trabajo<br/>25% descanso<br/>cada hora</b>       | 30,6                             | <b>28,0</b>                                | 25,9                            |  |
| 50% trabajo<br>50% descanso<br>cada hora                | 31,4                             | <b>29,4</b>                                | 27,9                            |                                                                                     |
| 25% trabajo<br>75% descanso<br>cada hora                | 32,2                             | <b>31,1</b>                                | 30,0                            |                                                                                     |

# Resultado

El valor obtenido revela que para evitar la sobrecarga térmica el trabajo debe organizarse considerando 75% de trabajo y 25% de pausas.

Es importante destacar que este método estima el tiempo de pausas, pero no permite visualizar cuáles son los momentos adecuados para introducirlas

# Consideraciones especiales de la ACGHI 2017

| Tipo de ropa              | Agregar al TGBH (°C) |
|---------------------------|----------------------|
| Ropa ligera u overol      | 0                    |
| Overol y ropa (dos capas) | +3                   |
| Tyvek®                    | +1                   |
| Trajes cerrados           | +11                  |

# MEDIDAS DE CONTROL PARA REDUCIR LA SOBRECARGA TERMICA



# Agentes ambientales: 4 normas básicas



- Alejar la fuente de riesgo de los trabajadores
- Alejar a los trabajadores del riesgo
- Aislar la fuente de riesgo
- Proveer equipos de protección personal

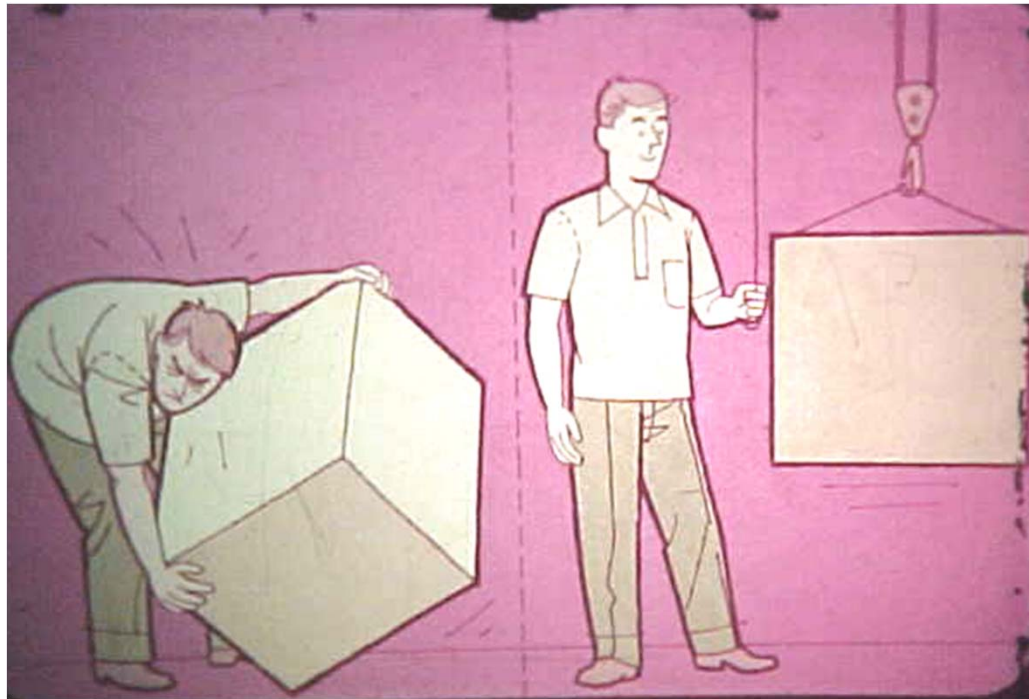


# Reducción de la carga térmica

- Cuando es posible se debe reducir la temperatura en la fuente de origen
- También se puede buscar la forma para que el trabajo se haga más lejos de ellas

# MEDIDAS ERGONOMICAS

- Rediseñar o mecanizar la tarea para reducir el tiempo de trabajo y el esfuerzo físico, bajando así la producción de calor



# MEDIDAS DE INGENIERIA:

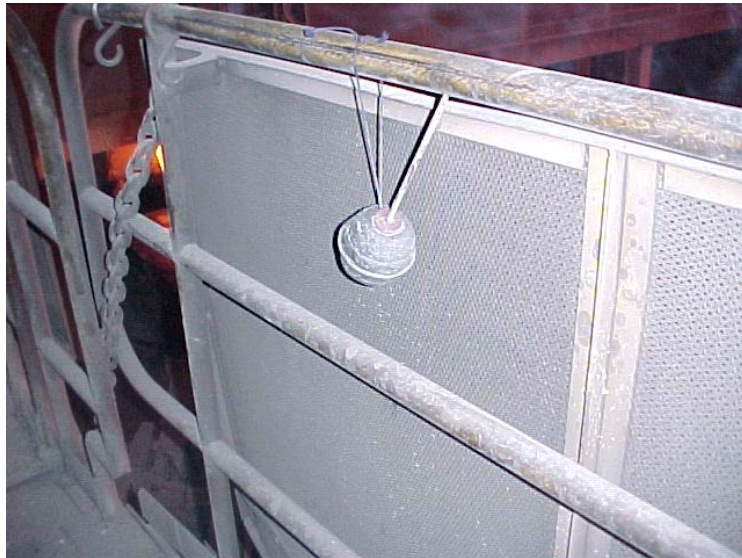
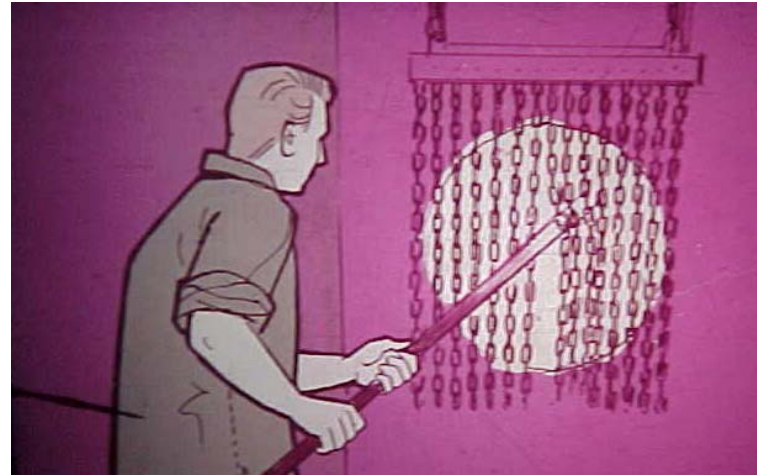
## Control de la radiación calórica

- REFLECTIVIDAD de una superficie es la fracción que refleja de la radiación incidente total
- ABSORTIVIDAD es la fracción que absorbe de la radiación incidente total

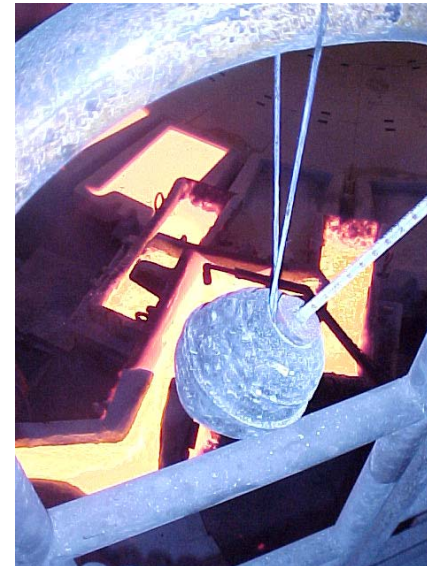
## Absortividad y reflectividad de algunos materiales

| Material                     | Absortividad | Reflectividad |
|------------------------------|--------------|---------------|
| Aluminio pulido              | 0.02 a 0.05  | 0.98 a 0.95   |
| Aluminio opaco               | 0.10 a 0.20  | 0.90 a 0.80   |
| Lamina hierro                | 0.55 a 0.60  | 0.45 a 0.40   |
| Ladrillo                     | 0.85 a 0.95  | 0.15 a 0.05   |
| Superficie negra no metálica | 0.90 a 0.98  | 0.10 a 0.02   |

MEDIDAS DE INGENIERIA:  
Pueden emplearse materiales  
pintados negros que absorben  
la radiación



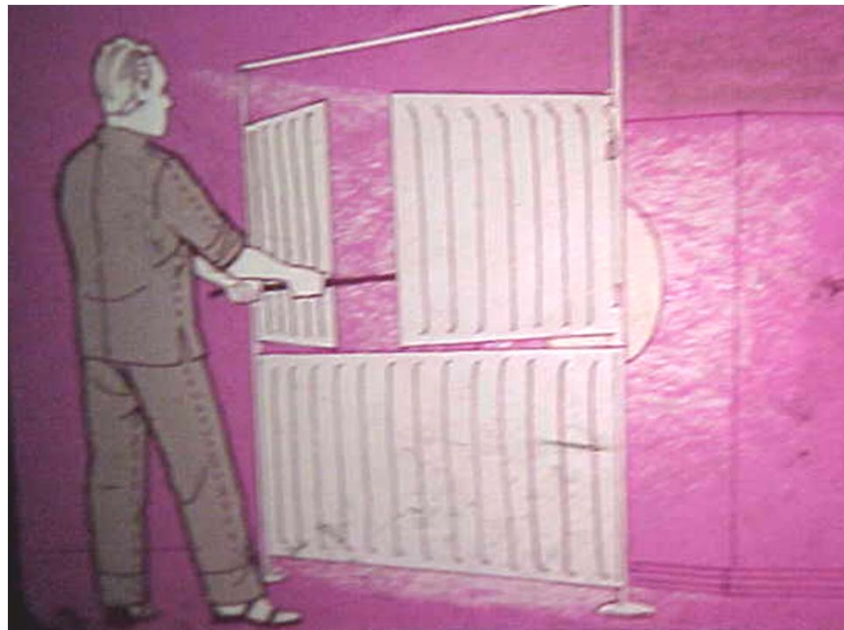
**Temperatura Globo  
75° C**



**Temperatura Globo  
96° C**

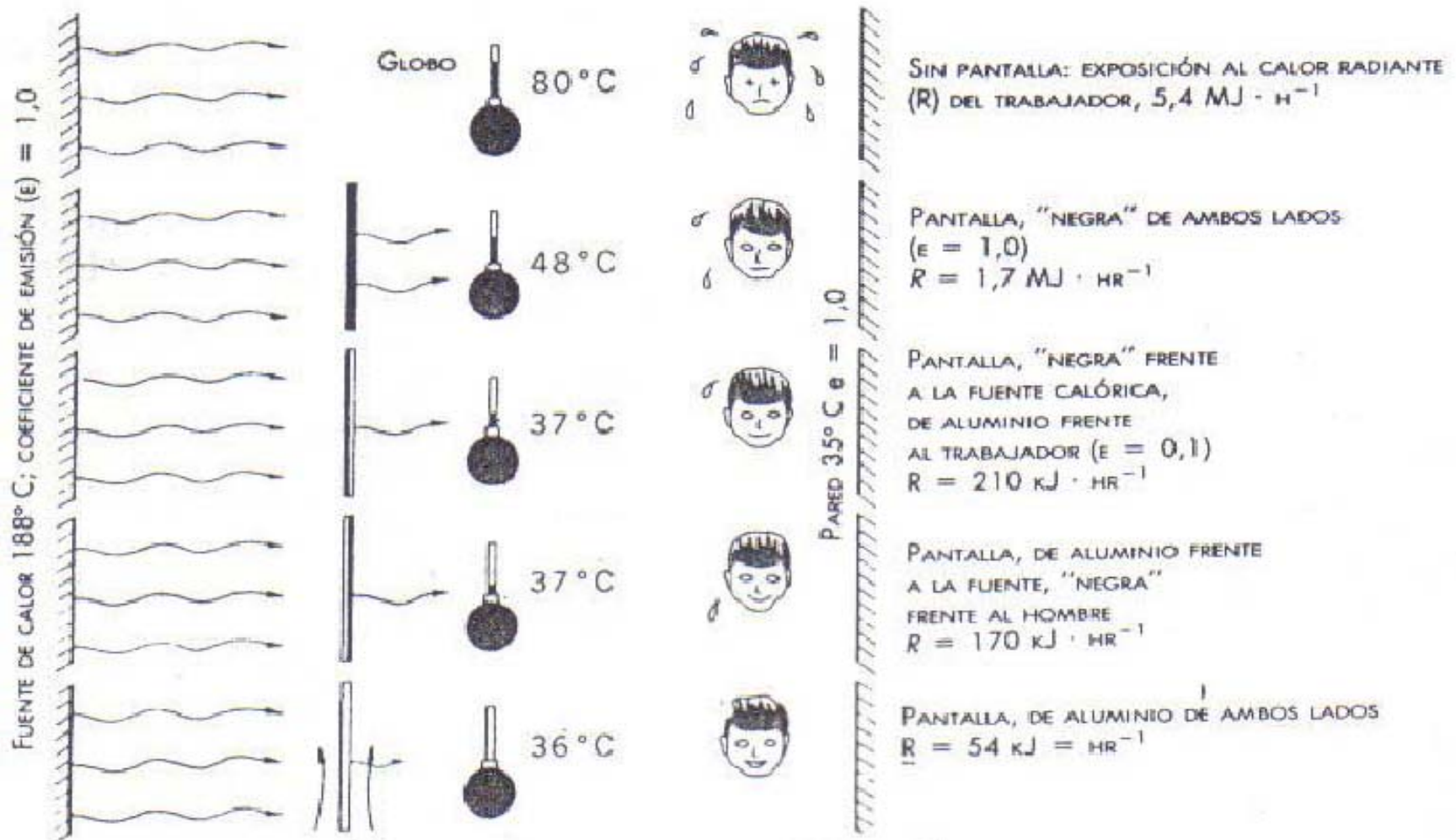
# MEDIDAS DE INGENIERIA

- Para controlar el calor radiante se pueden colocar barreras entre el trabajador y la fuente de calor
- Las placas de acero, aluminio u otros metales brillantes reflejan el calor de vuelta hacia la fuente
- Pueden usarse radiadores metálicos por los que circule agua fría





# Efecto de las protecciones en la reducción de calor radiante.



SUPUESTOS: VELOCIDAD DEL AIRE = 1,5 m · s<sup>-1</sup>

TEMP. DEL AIRE = 35°C

TEMP. DE LA PIEL = 35°C

# MEDIDAS PARA CONTROLAR EL INTERCAMBIO POR CONVECCION

- La temperatura y velocidad del aire pueden modificarse para controlar los intercambios de calor por convección.
- La ventilación general se usa para diluir el aire caliente con aire más frío



# MEDIDAS PARA CONTROLAR EL INTERCAMBIO POR CONVECCION

- El tratamiento del aire difiere de la ventilación ya que reduce la temperatura del aire removiendo el calor y en algunos casos también la humedad.
- El acondicionamiento del aire es un método de enfriamiento

# Medidas de organización ergonómica

- Horario del trabajo
- Sistemas trabajo pausas
- Ritmo de trabajo
- Selección de trabajadores

# CAPACIDAD FISICA

- LA CAPACIDAD AEROBICA HOY EN DIA SE ACEPTA COMO ESTANDAR DE REFERENCIA PARA EVALUAR LA CAPACIDAD FISICA DE QUIENES EJECUTAN TRABAJOS PESADOS



- CAPACIDAD AEROBICA ES SINONIMO DE CONSUMO MAXIMO DE OXIGENO
- REFLEJA LA CAPACIDAD DE LOS SISTEMAS CARDIOVASCULAR Y RESPIRATORIO PARA CAPTAR, TRANSPORTAR, ENTREGAR Y UTILIZAR OXIGENO



- Se abrevia como  $\dot{V}O_2$  max.
- Se expresa habitualmente en litros de oxígeno por minuto ( $\text{l O}_2 \text{ min}^{-1}$ ) o ( $\text{L / min}$ )
- También en mililitros de oxígeno por minuto y por kilogramo de peso corporal ( $\text{ml min}^{-1} \text{ kg}^{-1}$ ) o ( $\text{mL/min/kg}$ )



La capacidad aeróbica se asocia con rendimiento en trabajos manuales dinámicos de alta intensidad



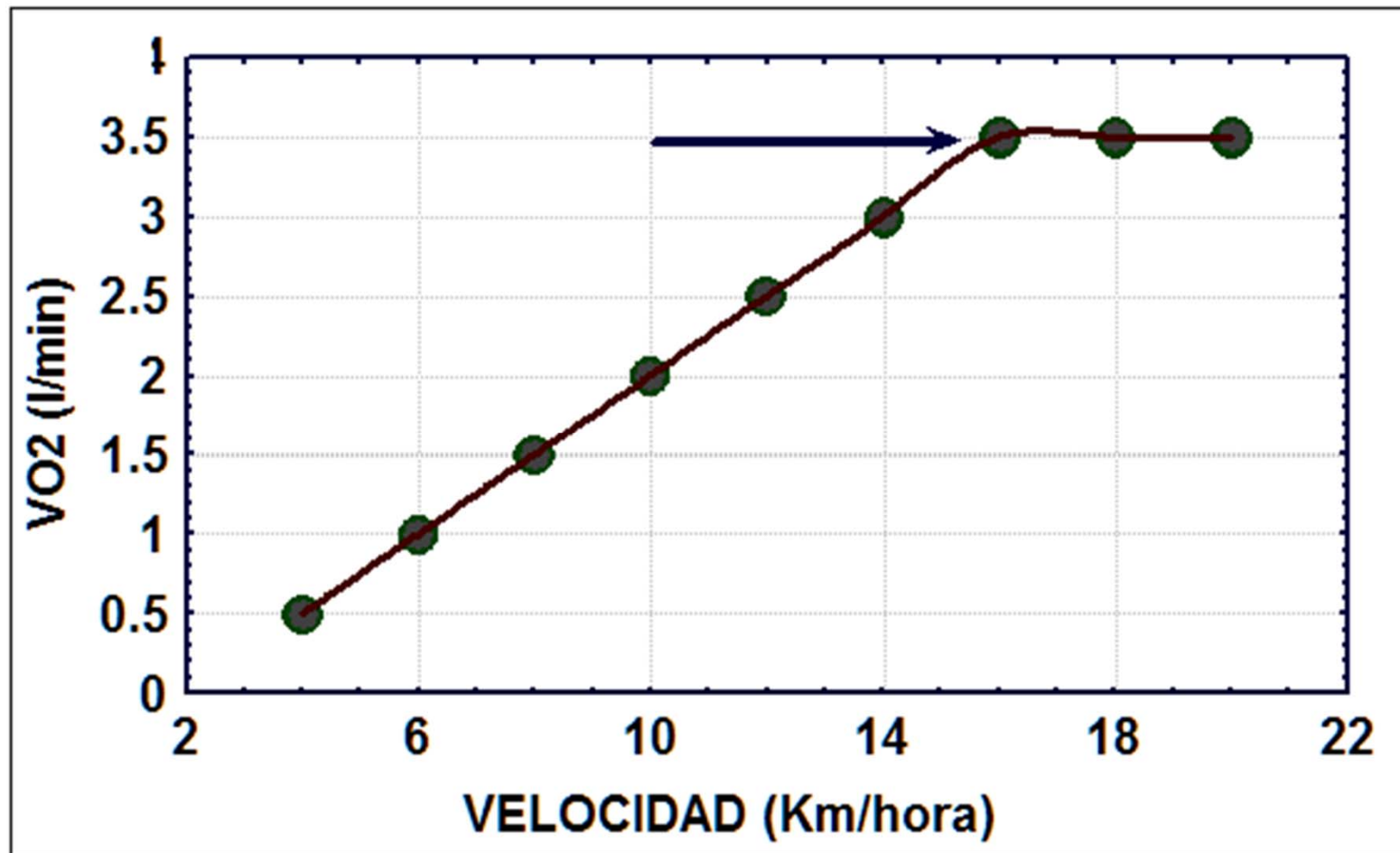
## Coeficientes de correlación simple entre rendimiento y variables de los sujetos en faena de poda con escaladores

- \* RENDIMIENTO VERSUS:

|                                              | r      |
|----------------------------------------------|--------|
| • Edad (años)                                | - 0.86 |
| • Peso (kg)                                  | - 0.01 |
| • Estatura (cm)                              | 0.64   |
| • Masa grasa(%)                              | - 0.70 |
| • Masa libre de grasa(kg)                    | 0.52   |
| • Capacidad aeróbica (l O <sub>2</sub> /min) | 0.91   |

\* Rendimiento expresado en árboles podados por jornada

# Capacidad aeróbica: Medición directa





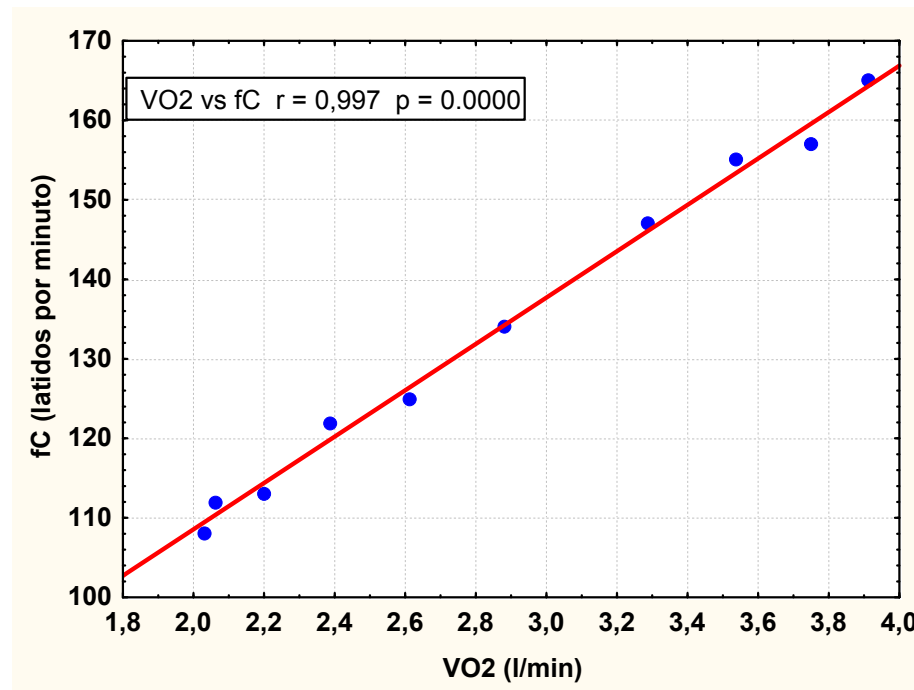
# Capacidad aeróbica: Medición directa

- La persona debe trabajar a niveles máximos e incluso supramáximos.
- La ventilación pulmonar puede alcanzar valores sobre 100 litros por minuto
- La frecuencia cardíaca debe alcanzar niveles máximos.
- El sujeto debe llegar al agotamiento total
- Es una prueba de riesgo si no es aplicada por especialistas y no es recomendable para trabajadores que se evalúan en condiciones de terreno

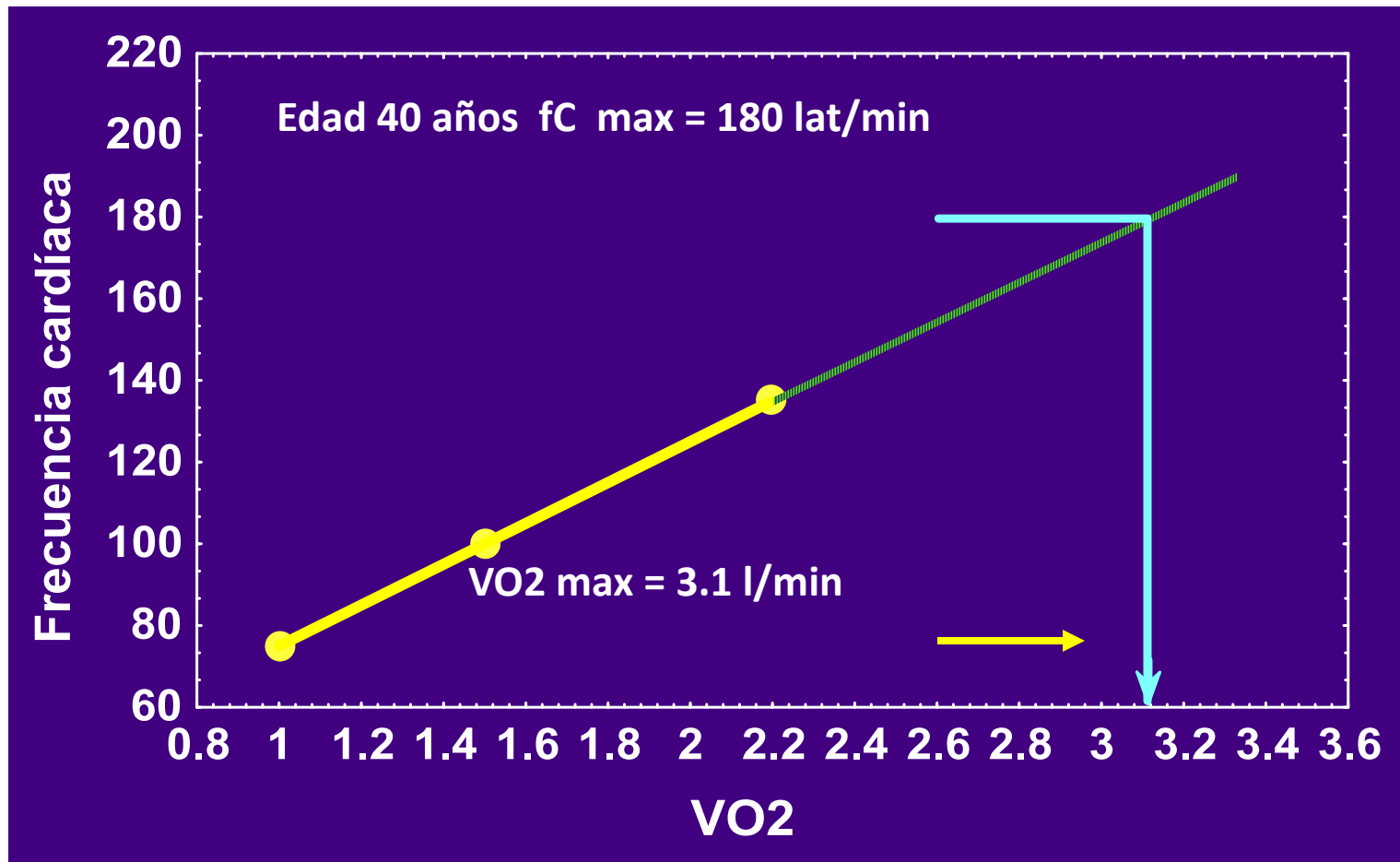


# Métodos indirectos para estimar la capacidad aeróbica

- La mayor parte se basa en la relación directamente proporcional que existe entre la frecuencia cardíaca y el consumo de oxígeno



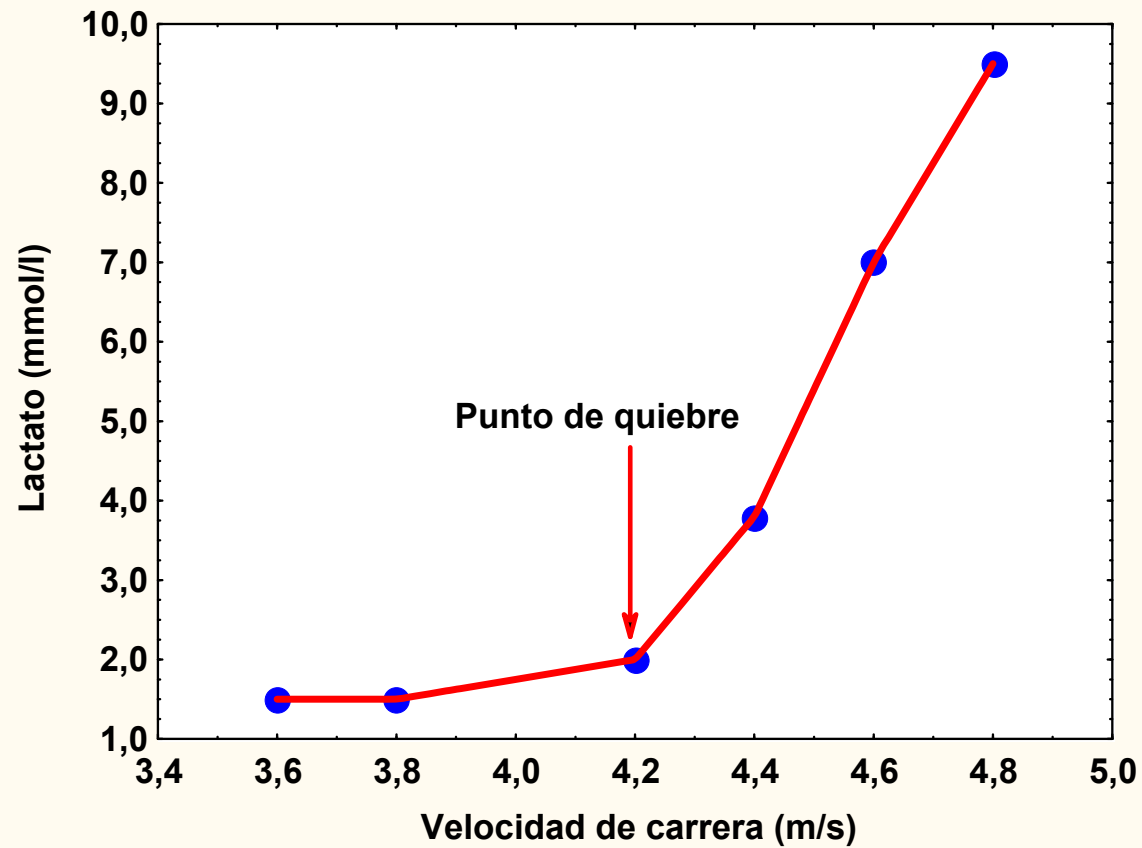
# Método de extrapolación



# UMBRAL ANAEROBICO

- Se define como la intensidad de ejercicio o de trabajo físico por encima de la cual empieza a aumentar de forma progresiva la concentración de lactato en sangre

# UMBRAL DE LACTATO



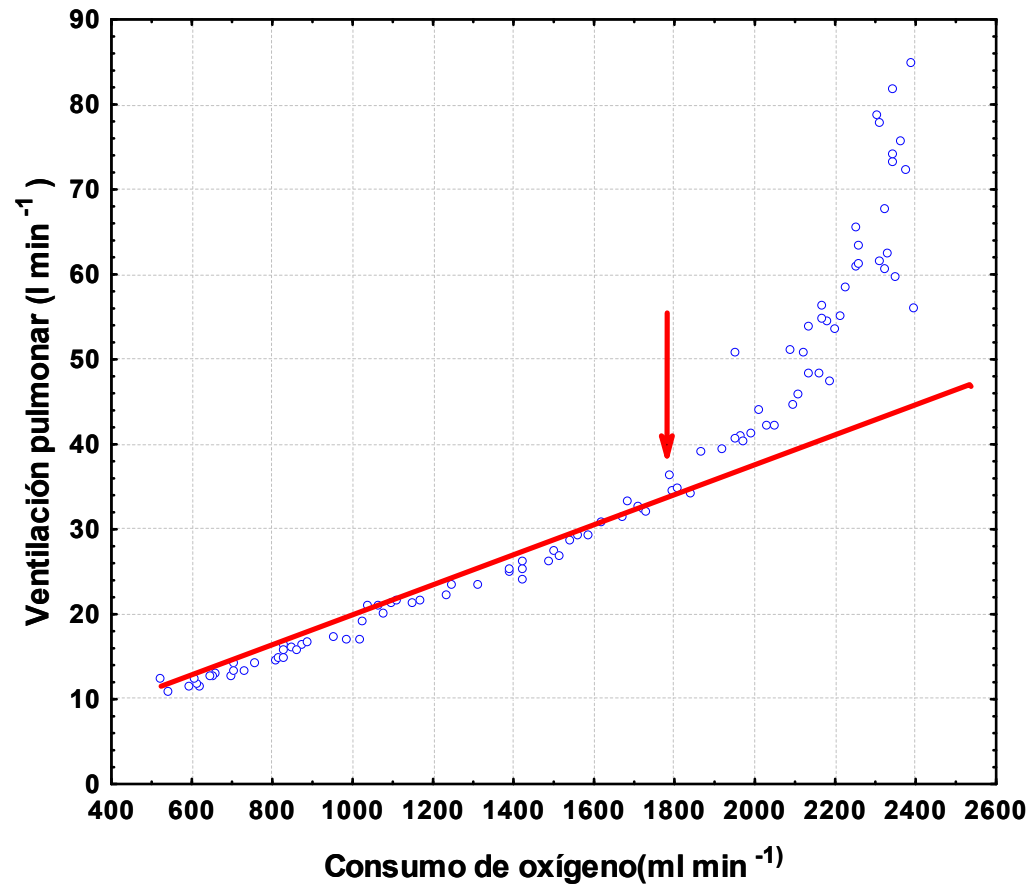
**Para determinar el umbral de lactato se requiere tomar muestras seriadas de sangre para determinar el punto de esfuerzo en que el ácido láctico comienza a elevarse**



# Umbral ventilatorio

- Se ha demostrado que cuando el ácido láctico comienza acumularse, la ventilación pulmonar, que tiene una relación directamente proporcional con el aumento de consumo de oxígeno y de frecuencia cardiaca, empieza a incrementarse en mayor proporción produciéndose un quiebre en la linealidad.
- La determinación de este punto de quiebre permite estimar el denominado umbral ventilatorio que es cercano al umbral de lactato

# UMBRALE VENTILATORIO

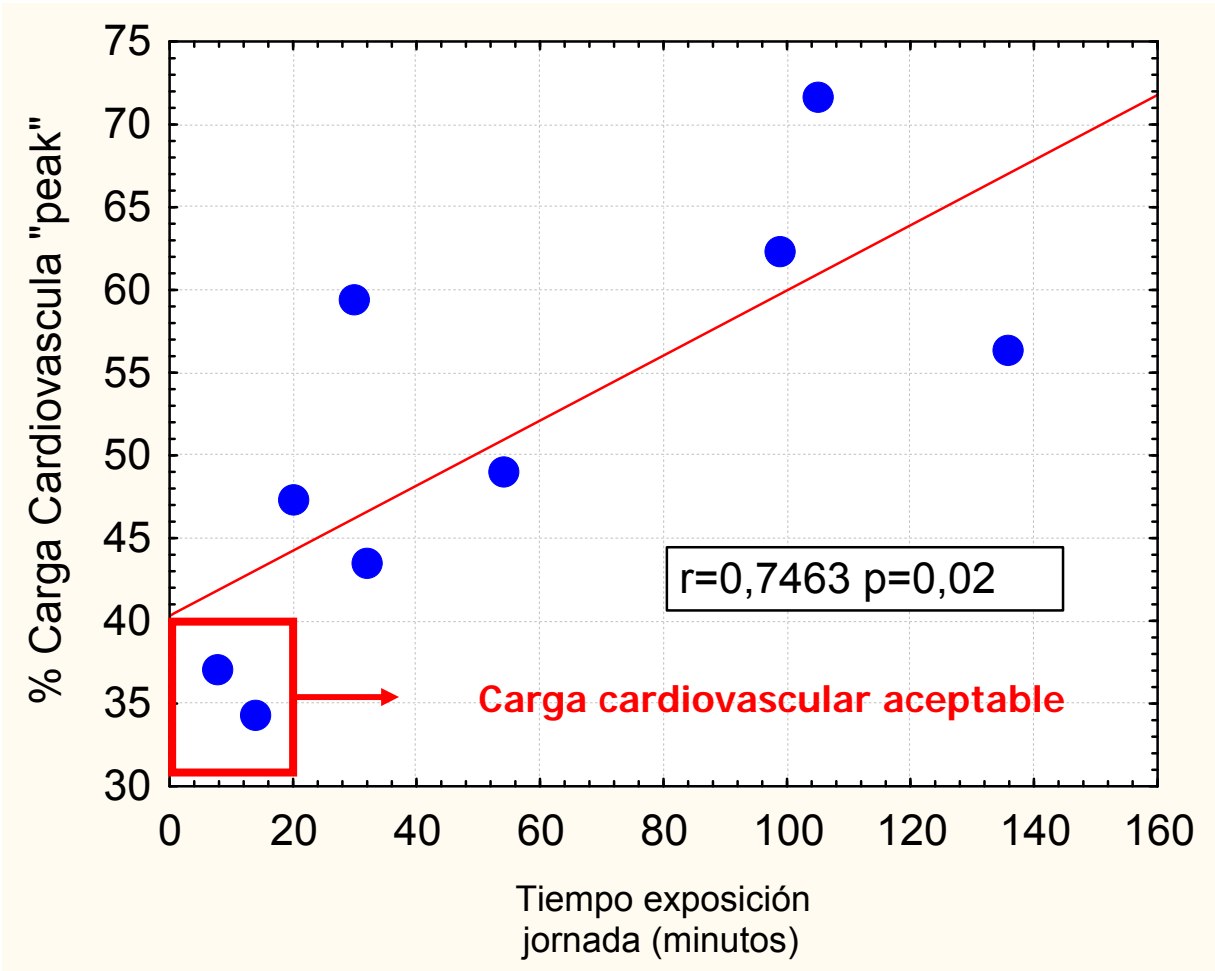


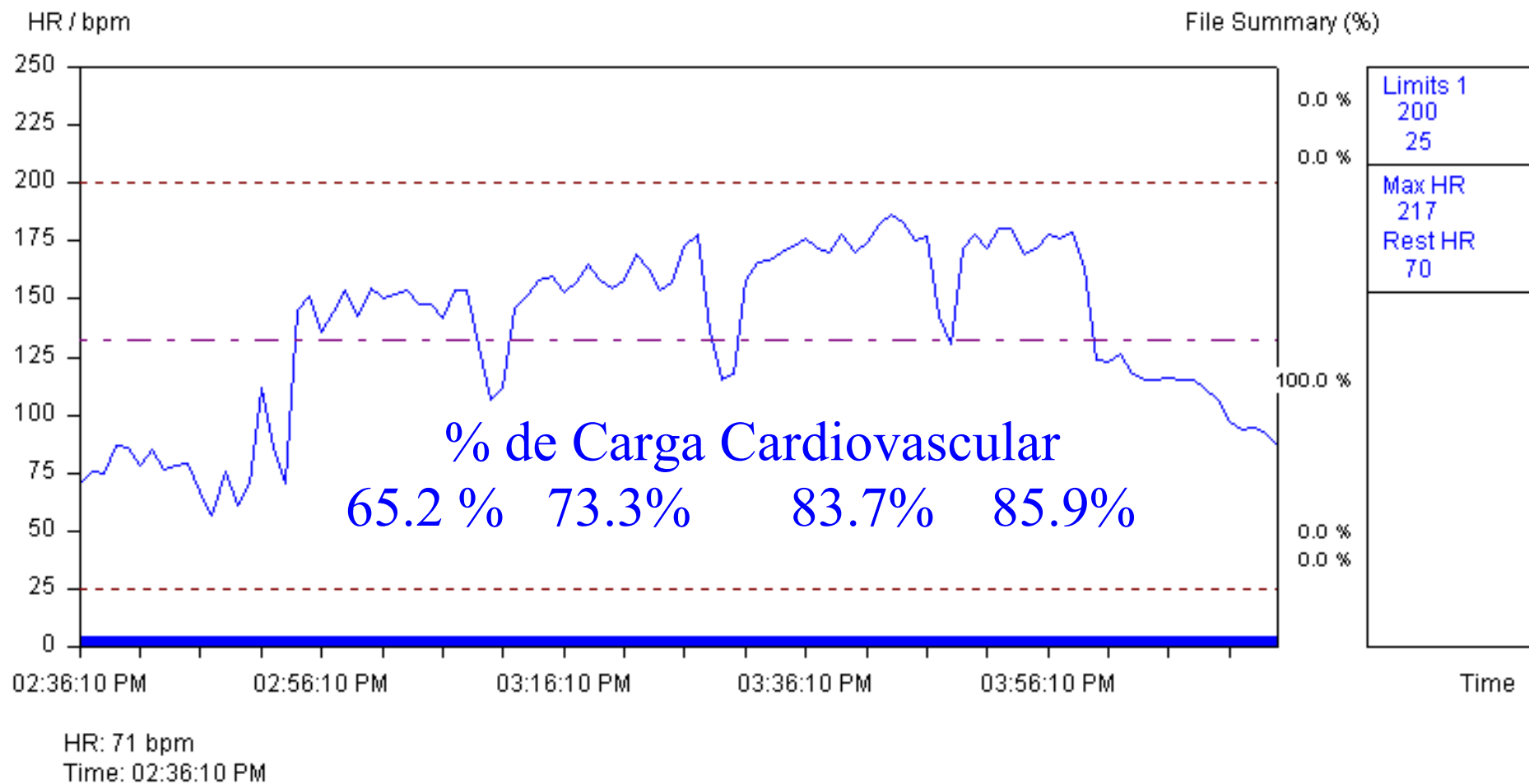


# Umbral ventilatorio brigadistas forestales

|             | n  | UA LMIN | UA % | UA FC |
|-------------|----|---------|------|-------|
| EMPRESA 1   | 18 | 2,7     | 60,6 | 137,1 |
| EMPRESA 2   | 15 | 2,3     | 61,1 | 143,9 |
| EMPRESA 3   | 13 | 2,5     | 61,1 | 142,1 |
| GRUPO TOTAL | 46 | 2,5     | 60,9 | 140,7 |

Relación entre porcentaje de carga cardiovascular "peak" y tiempo de exposición total de la jornada trabajando en la rueda de moldeo expresado en minutos





|          |                            |                                                        |               |                                 |         |          |         |
|----------|----------------------------|--------------------------------------------------------|---------------|---------------------------------|---------|----------|---------|
| Person   | Pedro Mella                | Date                                                   | 07-02-2001    | Average                         | 132 bpm | Recovery | -29 bpm |
| Exercise | 2001-02-07 02:36:10 PM 60s | Time                                                   | 02:36:10.0 PM | Duration of exercise: 1:48:16.4 |         |          |         |
| Note     | NV                         | Selected period: 02:36:10 PM - 04:24:10 PM (1:48:00.0) |               |                                 |         |          |         |

# Prácticas de trabajo

- Programa de aclimatización
- Sistema de vigilancia del trabajador expuesto
- Áreas para el descanso
- Provisión de líquidos



# Aclimatización al calor

- NO SE DEBE EXPONER A UN TRABAJADOR NO ACLIMATADO
- LOS TRABAJADORES ACLIMATIZADOS:
  - Presentan menor temperatura central
  - Menor frecuencia cardíaca
  - Producen mayor cantidad de sudor
  - El sudor es más diluido

# SUDOR

- El sudor es una solución débil de ClNa y agua, pequeñas cantidades de potasio, urea, trazas de electrolitos y ácido láctico.
- Tiene un peso específico de 1,002 y un pH que oscila entre 4.2 y 7.5
- La concentración de ClNa oscila entre 50 y 100 mEq/l.

# Composición del sudor

| Electrolitos | Sudor de persona       |                      |
|--------------|------------------------|----------------------|
|              | desentr. y no aclimat. | entrenada y aclimat. |
| Na, Sodio    | 80 ± 2,6               | 40 ± 1,8             |
| K, Potasio   | 8,0 ± 0,2              | 4,0 ± 0,1            |
| Mg, Magnesio | 1,5 ± 0,1              | 1,5 ± 0,1            |
| Cl, Cloro    | 50 ± 1,4               | 30 ± 0,9             |

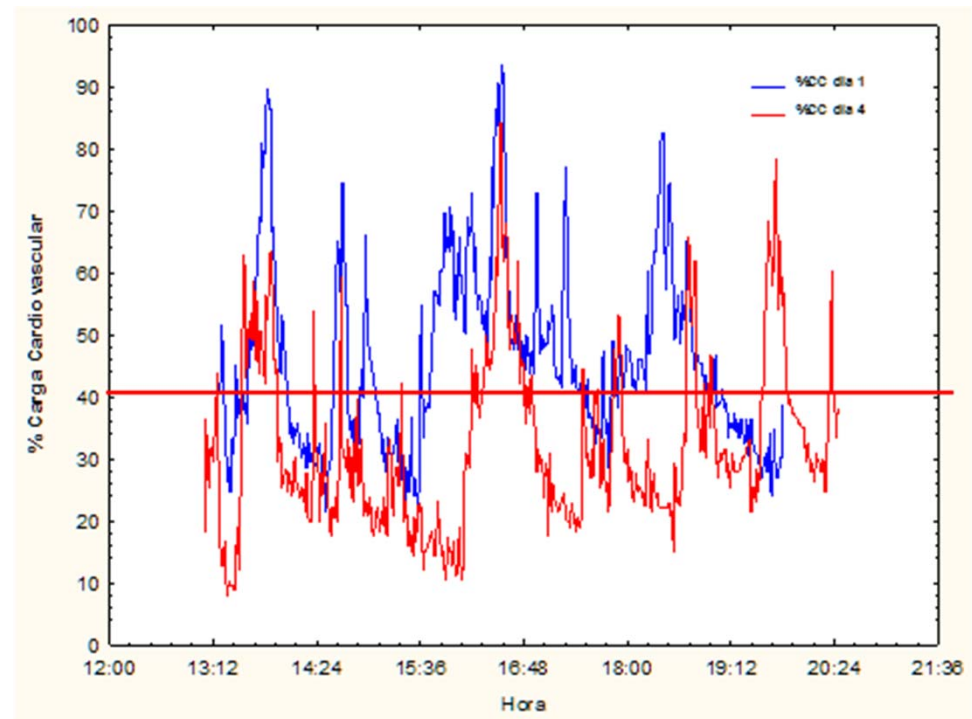
# Tiempo para aclimatización

- Alrededor del 80% ocurre entre 4 y 7 días
- Debe iniciarse con una jornada de dos a cuatro horas de exposición que aumente gradualmente
- Si el trabajador se aleja de la actividad entre 10 y 14 días debe volver a aclimatarse



Variaciones de carga cardiovascular, durante el primer y cuarto día de trabajo después de 40 días ausente.

| Hora    | %CC   | %CC   |
|---------|-------|-------|
|         | Dia 1 | Dia 4 |
| 13-14   | 51,6  | 35,5  |
| 14-15   | 39,0  | 27,2  |
| 15-16   | 41,2  | 20,0  |
| 16-17   | 59,6  | 42,3  |
| 17-18   | 44,0  | 29,1  |
| 18-19   | 53,2  | 31,2  |
| 19-20   | 33,6  | 38,9  |
| 20-21   |       | 33,5  |
| Jornada | 46,1  | 32,1  |



# Áreas de descanso

- Los trabajadores deben tener áreas donde recuperarse, completamente aisladas de la fuentes de calor.
- Deben incluso tener la posibilidad de cambiarse ropa en estos períodos



# Vestuario de protección

- Debe ser adecuado a las características del ambiente

# Vestuario de protección para altas temperaturas en ambientes húmedos

- Se debe usar ropa ligera para permitir la máxima exposición de la piel y facilitar la evaporación de sudor
- Hoy en día hay tejidos que absorben la humedad y permiten al sudor evaporarse rápidamente a través de la ropa para una mejor refrigeración natural del cuerpo.
- Cuando se trabaja al sol se debe usar ropa clara

# Vestuario de protección para altas temperaturas en ambientes secos

- En climas secos la evaporación de sudor no es problema
- En ambientes con temperaturas extremadamente altas se puede usar ropas aisladas por aire o por agua.

# Equipos para evaluar vestuario





Si la radiación es muy alta se debe usar ropa que la refleje



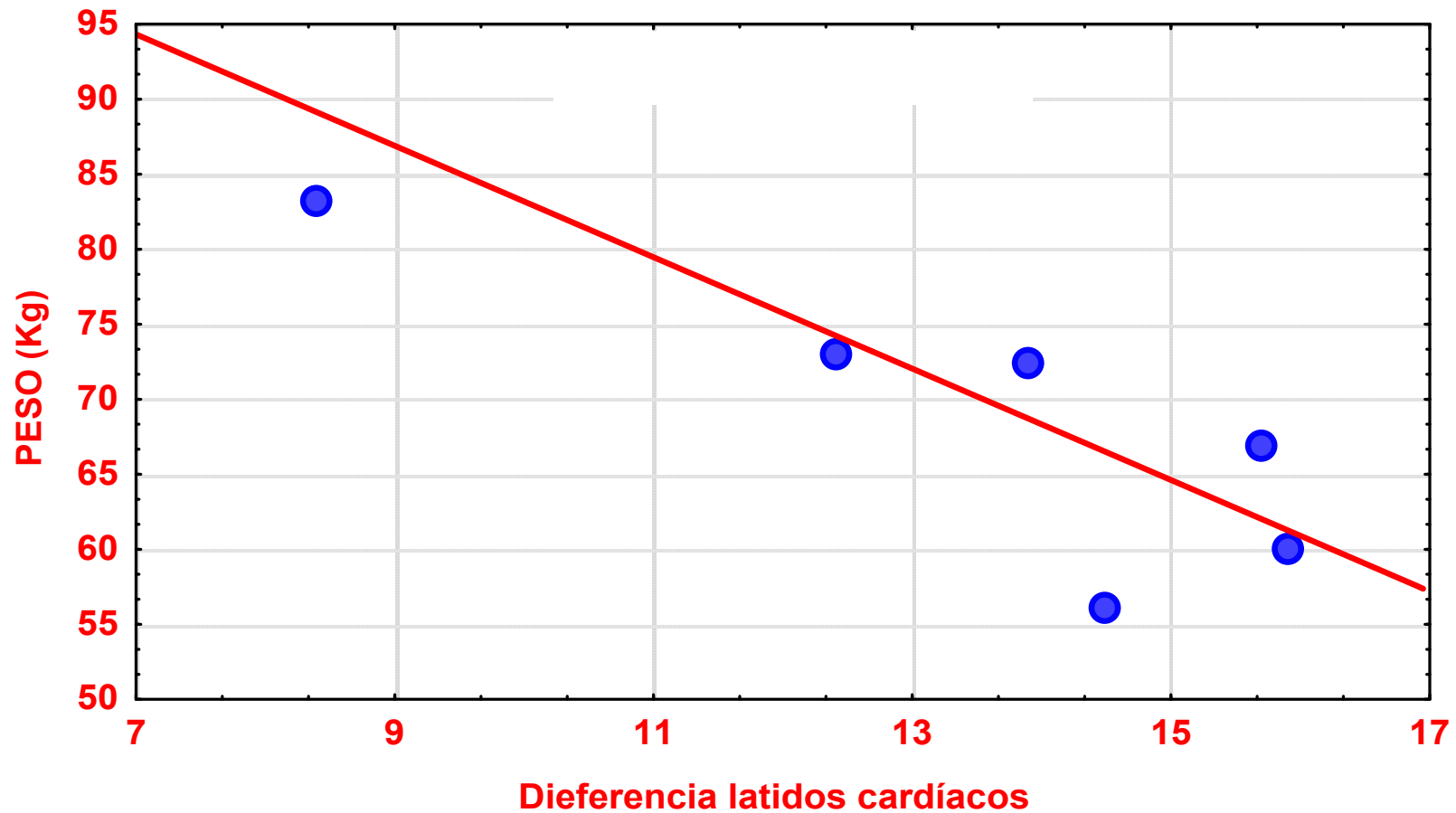
A igual trabajo el peso del vestuario, implementos de seguridad y herramientas pueden aumentar la producción de calor





# Efecto del peso del vestuario sobre la carga de trabajo

$$y = 120.305 - 3.712 * x + \text{eps}$$



# Ropa protectora

- Hay que considerar que sólo el sudor que se evapora tiene la capacidad de enfriamiento.
- Por eso es muy importante que la ropa deje al descubierto las áreas del cuerpo no expuestas.
- Si no es posible deben tener buenas salidas para ventilación



Nótese que a este trabajador solo le queda la cara descubierta cuando no usa el protector visual

# SUDORACION

- El agua al evaporarse requiere 0.6 Kcal/g
- 1 litro de sudor evaporado disipa alrededor de 600 Kcal.
- Por vía aérea se disipa cerca de 2 g de agua por minuto, equivalente a 72 Kcal/hora.

# Sudor retenido en la ropa

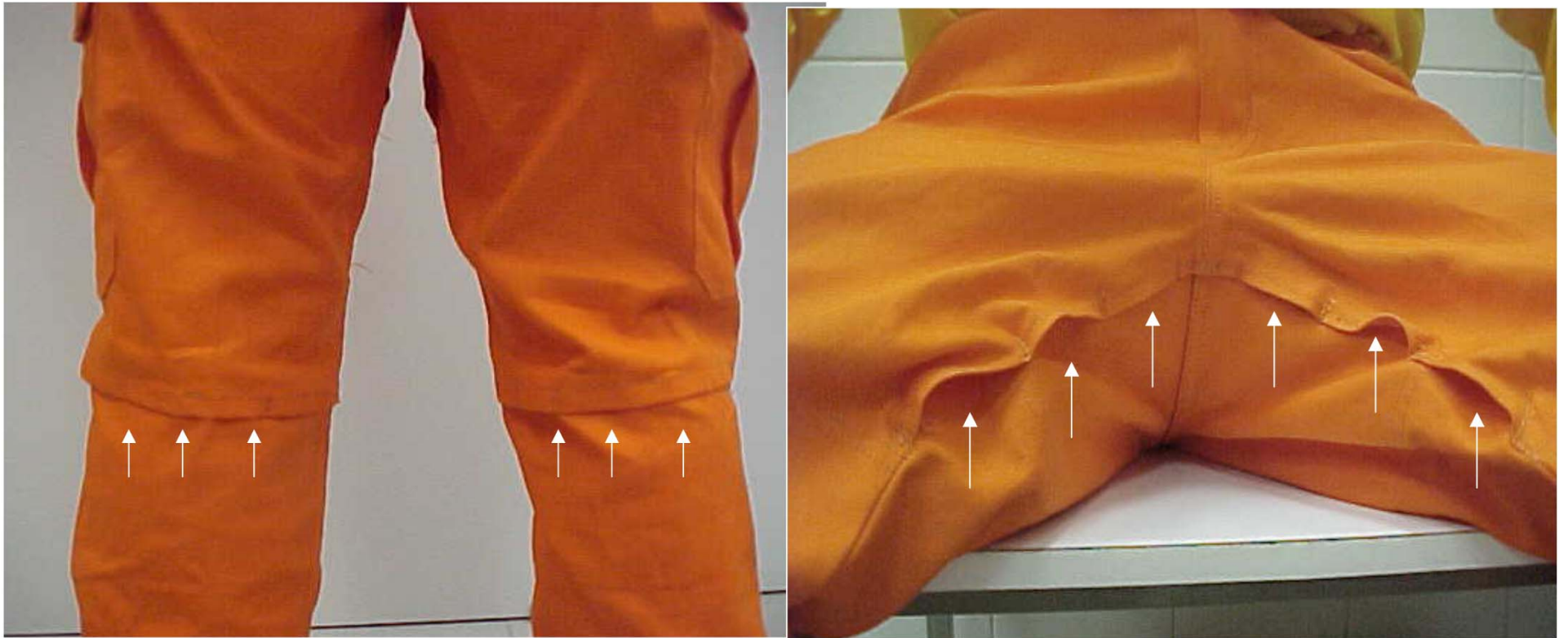
| <i>Ensayo 1 hora duración</i>        |             |
|--------------------------------------|-------------|
| <i>Peso con ropa combate antes</i>   | <b>80.4</b> |
| <i>Peso con ropa combate después</i> | <b>79.4</b> |
| <i>Líquido ingerido durante</i>      | <b>0.68</b> |
| <i>Líquido eliminado</i>             | <b>1.68</b> |
| <i>% evaporado</i>                   | <b>59.6</b> |
| <i>% retenido en la ropa</i>         | <b>40.4</b> |

Ensayo 4 períodos de trabajo de 15 minutos con 3 minutos de descanso después de cada uno

Camisa con salidas de ventilación en espalda y mangas y refuerzos en zonas mas expuestas



# Pantalón con salidas de ventilación en piernas y zona genital



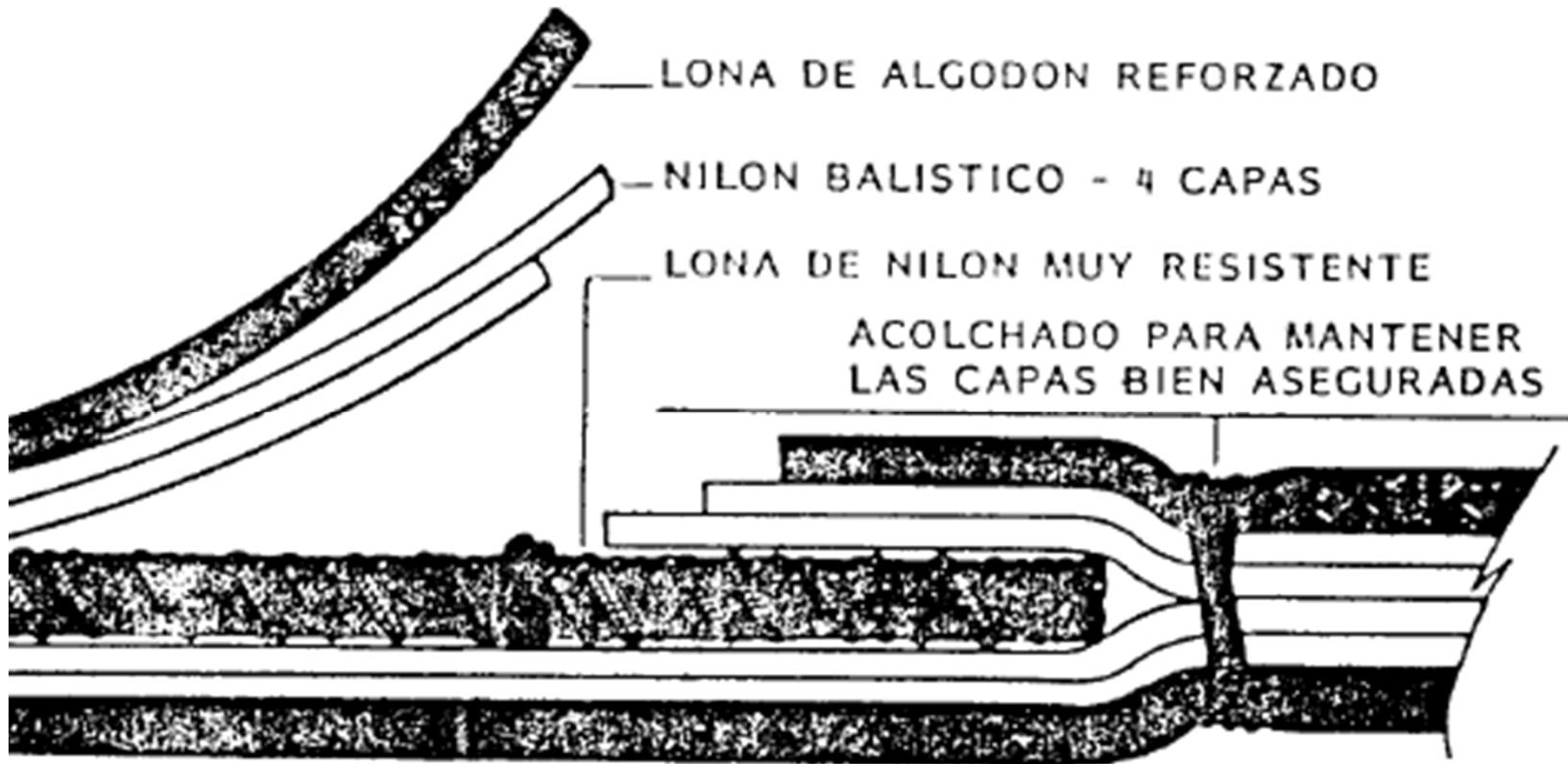


Motosierrista usando perneras además de la ropa sin ventilación





# Material anticorte



Pernera anticorte que permite usar pantalones con salidas para ventilación

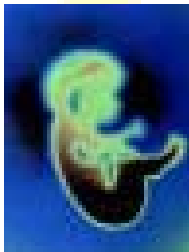




# Sudoración e Hidratación

# Porcentaje de agua en el cuerpo humano

100%



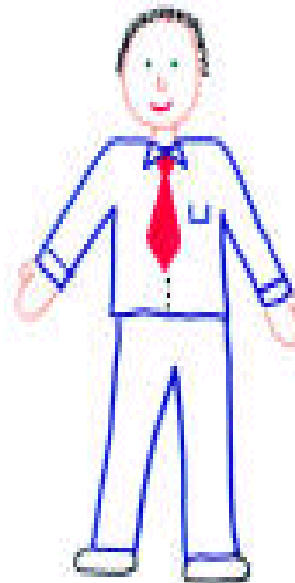
**Feto**

80%



**Al nacer**

70%



**Adulto**

50%



**Anciano**

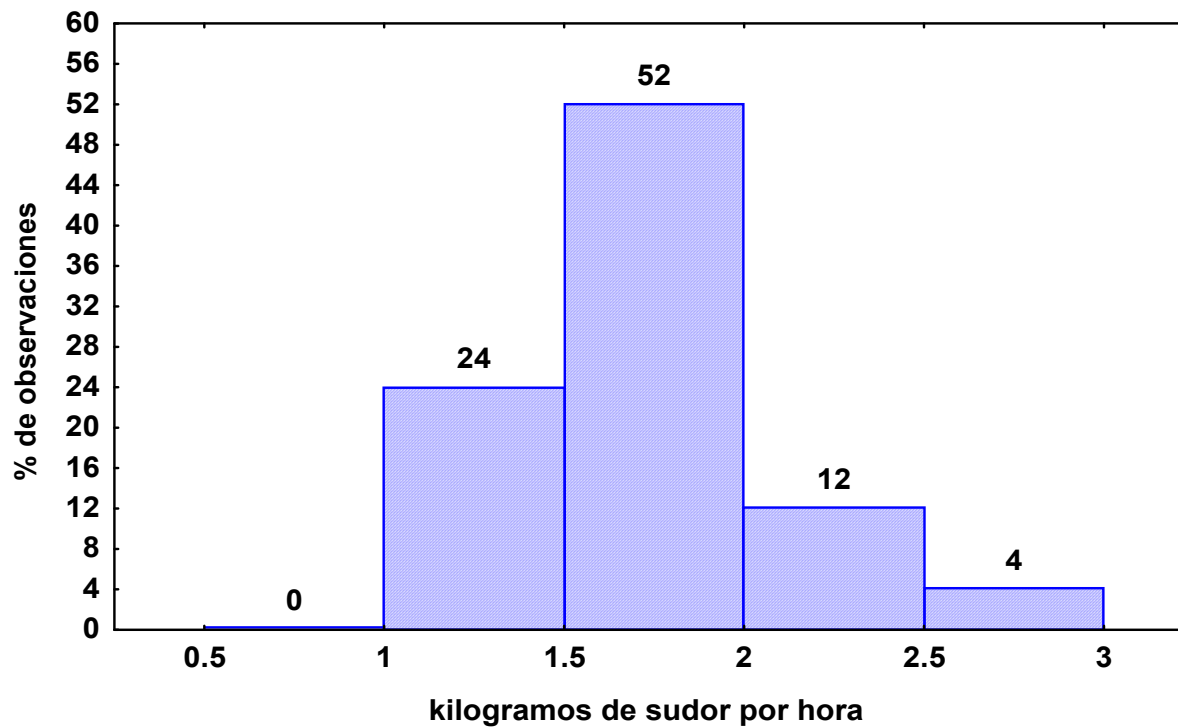
| <i>Deshidratación</i> | <i>Síntomas</i>                                                                                                                   |
|-----------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1%                    | Sed                                                                                                                               |
| 2%                    | Sed fuerte, incomodidad, sensación de opresión, pérdida de apetito                                                                |
| 3%                    | Reducción de la orina, boca seca                                                                                                  |
| 4%                    | Mayor cansancio durante el trabajo, piel roja, impaciencia, somnolencia, apatía, náuseas, inestabilidad emocional                 |
| 5%                    | Dificultad para concentrarse                                                                                                      |
| 6%                    | Aumento del pulso y la frecuencia respiratoria                                                                                    |
| 8%                    | Mareos, dificultad para respirar y para hablar, sensación de debilidad, confusión mental                                          |
| 10%                   | Espasmos musculares, Incapacidad para mantener el equilibrio con los ojos cerrados, incapacidad general, delirio, lengua hinchada |
| 11%                   | Insuficiencia circulatoria, disminución del volumen de sangre y falla de la función renal                                         |
| 15%                   | Muerte                                                                                                                            |

# Estudios de sudoración en Chile

- Fundición de Cobre
- Cucharero 234 g/hora
- Hornero 240 g/hora
- Ayudante hornero 432 g/hora
- Albañil 739 g/hora
- Albañil II 773 g/hora

# Sudoración de combatientes de incendios

|                  | Promedio | Mínimo | Máximo | Desviación Estándar |
|------------------|----------|--------|--------|---------------------|
| Sudor (kg./hora) | 1.7      | 1.0    | 3.0    | 0.44                |



# LA IMPORTANCIA DE LA HIDRATACION

- COMBATIENTES INCENDIOS: ENSAYOS DE HIDRATACION
- Sin beber agua 1390 g/hora
- bebida deportiva 1670 g/hora
- bebiendo agua 1650 g/hora



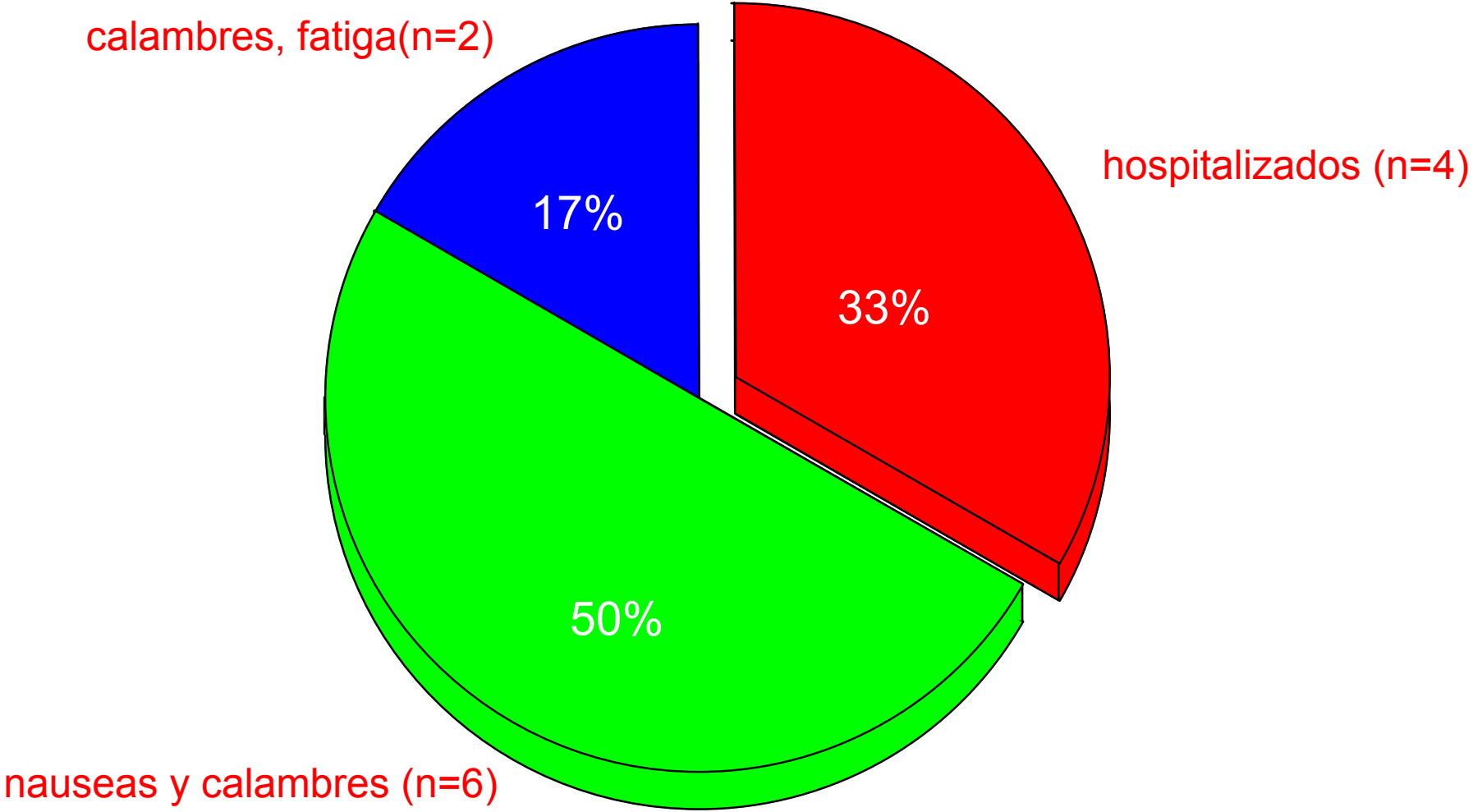
# Hidratación

- Sudoraciones muy altas pueden llevar a la deshidratación si no repone el líquido perdido por esta vía.
- Se ha demostrado que una pérdida de sudor de 1 litro produce un aumento de alrededor de 8 latidos por minuto.

# Hidratación

- Al no reemplazar el líquido se pone una carga indebida en el corazón que resulta en un deterioro del sistema de enfriamiento del cuerpo que es la circulación sanguínea.
- El resultado es un aumento de la temperatura interna, una disminución del rendimiento y riesgos de presentar síntomas severos.

# Consecuencias para un cuadrilla que trabajo 12 horas expuesta a calor con escasez de agua y alimentos



¿COMO  
HIDRATARSE?



# Sed

- Es el deseo consciente de agua
- En la exposición a calor no se debe esperar a tener sed, ya que el deseo de beber agua puede ocurrir cuando la persona ya ha comenzado a deshidratarse

# Exposición de 1 hora o menos

- Es suficiente con beber sólo agua
- Es recomendable que la persona antes de exponerse beba un vaso de agua (200cc). El agua demora 20 a 30 minutos en distribuirse en el organismo.
- Si la sudoración es alta se debe beber agua cada 15 minutos

# Exposiciones prolongadas

- Los trabajadores deben reponer energía y en algunos casos también electrólitos
- No es recomendable agregar sal al agua ni dar tabletas de sal a los trabajadores.
- Tampoco es conveniente dar bebidas con grandes cantidades de hidratos de carbono

# Exposiciones prolongadas

- Es conveniente que las bebidas tengan carbohidratos pero en concentraciones no superiores al 8%
- Las bebidas deportivas tienen usualmente alrededor de 6%, lo que equivale 240 kcal/litro
- Concentraciones mayores retardan el vaciamiento del estómago

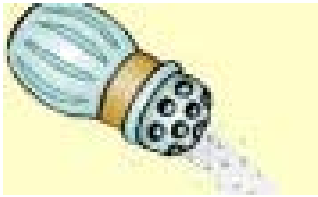




## Electrolitos: Potasio



- Cuando el potasio disminuye se produce debilidad muscular, fatiga, mareos y confusión mental.
- Este elemento, se encuentra presente en lo vegetales de hoja verde, frutas y papas. Se sugiere una ingestión diaria de 2 a 3,5 gramos



# Electrolitos: Sodio

- Aunque los términos "sal" y "sodio" se usan indistintamente, no significan lo mismo.
- La sal es sólo una de las numerosas fuentes de sodio y está compuesta de sodio y cloruro, mientras que el sodio se encuentra también en otros productos, como el bicarbonato de sodio y la levadura en polvo.
- En cuanto a la cantidad de sodio que debe estar presente en la dieta, se recomienda un consumo diario de alrededor de 2,4 gramos

# Aporte de sodio y potasio de algunos alimentos de consumo habitual.

|                                  | <b>Porción</b>      | <b>Sodio<br/>Mg</b> | <b>Potasio<br/>Mg</b> |
|----------------------------------|---------------------|---------------------|-----------------------|
| <b>Pan marraqueta o hallulla</b> | <b>50</b>           | <b>290</b>          | <b>45</b>             |
| <b>Galletas de agua</b>          | <b>8 unidades</b>   | <b>268</b>          | <b>154</b>            |
| <b>Apio</b>                      | <b>70 gramos</b>    | <b>61</b>           | <b>201</b>            |
| <b>Queso mantecoso</b>           | <b>20 gramos</b>    | <b>163</b>          | <b>24</b>             |
| <b>Palta</b>                     | <b>40 gramos</b>    | <b>4</b>            | <b>240</b>            |
| <b>Plátano</b>                   | <b>60 gramos</b>    | <b>0.6</b>          | <b>395</b>            |
| <b>Carne vacuno</b>              | <b>50 gramos</b>    | <b>31</b>           | <b>197</b>            |
| <b>Mortadela</b>                 | <b>3 tajadas</b>    | <b>596</b>          | <b>135</b>            |
| <b>Atún en aceite</b>            | <b>50 gramos</b>    | <b>313</b>          | <b>106</b>            |
| <b>Carne pollo cocido</b>        | <b>50 gramos</b>    | <b>35</b>           | <b>90</b>             |
| <b>Poroto cocido</b>             | <b>50 gramos</b>    | <b>12</b>           | <b>438</b>            |
| <b>Margarina</b>                 | <b>24 gramos</b>    | <b>259</b>          | <b>9</b>              |
| <b>Tocino</b>                    | <b>1 tajada 1/2</b> | <b>479</b>          | <b>146</b>            |
| <b>Bliss sport</b>               | <b>250 cc</b>       | <b>140</b>          | <b>233</b>            |
| <b>Agua mineral</b>              | <b>250 cc</b>       | <b>6.0</b>          | <b>1.0</b>            |
| <b>Cerveza</b>                   | <b>1 lata</b>       | <b>15</b>           | <b>75</b>             |
| <b>Vino</b>                      | <b>1 vaso</b>       | <b>9</b>            | <b>202</b>            |



# ERGONOMIA EN EL COMBATE DE INCENDIOS FORESTALES

AUTORES  
ELIAS APUD · FELIPE MEYER · FABIOLA MAUREIRA



2002



Quito Ecuador, 2012



**A MANUEL MONTOYA(43) y a ISAÍAS HUENUÁN (28),** los dos chilenos que murieron combatiendo los devastadores incendios forestales en Portugal, los habían elegido por su vasta experiencia en el combate de estos siniestros.

**Año 2003**



**Como héroes murieron 4 brigadistas**

Dos de ellos lograron salvar a varios compañeros antes de morir abrazados por las llamas, Guarilhue, 3 de Marzo de **2003**

**Chile: Incendio en Carahue deja 7 brigadistas muertos**  
**VERANO 2012**



**Cinco brigadistas chilenos murieron en incendio forestal en Portugal**  
**Julio 9, 2006**

**Incendios Forestales  
Control eficiente del fuego**

```
graph TD; A["Incendios Forestales  
Control eficiente del fuego"] --- B["Trabajadores"]; A --- C["Tecnología"]; A --- D["Trabajo"]; B --- E["Aptitudes y Necesidades  
Físicas y Psicológicas"]; C --- F["Herramientas  
Máquinas  
Organización del trabajo"]; D --- G["Combustible  
Clima, Terreno  
Carga física"]
```

**Trabajadores**

**Aptitudes y Necesidades  
Físicas y Psicológicas**

**Tecnología**

**Herramientas  
Máquinas  
Organización del trabajo**

**Trabajo**

**Combustible  
Clima, Terreno  
Carga física**

# Algunas preguntas que es necesario responder desde el punto de vista de la Ergonomía



1. ¿Cuáles son las aptitudes específicas que deben tener las personas que se integran a cada tarea en los sistemas de control del fuego?
2. ¿Qué organización deben tener los campamentos y que actividades físicas y recreativas deben realizarse durante los períodos que los brigadistas permanecen en ellos para que mantengan una buena salud física y mental, que les permita enfrentarse a su trabajo en forma eficiente y segura?
3. ¿Son las herramientas, vestuario, implementos de seguridad y accesorios los más adecuados desde un punto de vista ergonómico?
4. ¿Qué pausas requieren los brigadistas cuando combaten el fuego?
5. ¿Cuánto tiempo puede permanecer una persona trabajando bajo las adversas condiciones de un incendio forestal?
6. ¿Qué número de trabajadores deben integrar las cuadrillas?
7. ¿Qué relevos se necesitan para combatir el fuego en el menor tiempo posible sin riesgos para la salud y seguridad de los combatientes?
8. ¿Qué cantidad de energía y nutrientes deben tener las raciones de combate?

**Límites de sobrecarga  
fisiológica por trabajo  
físico**



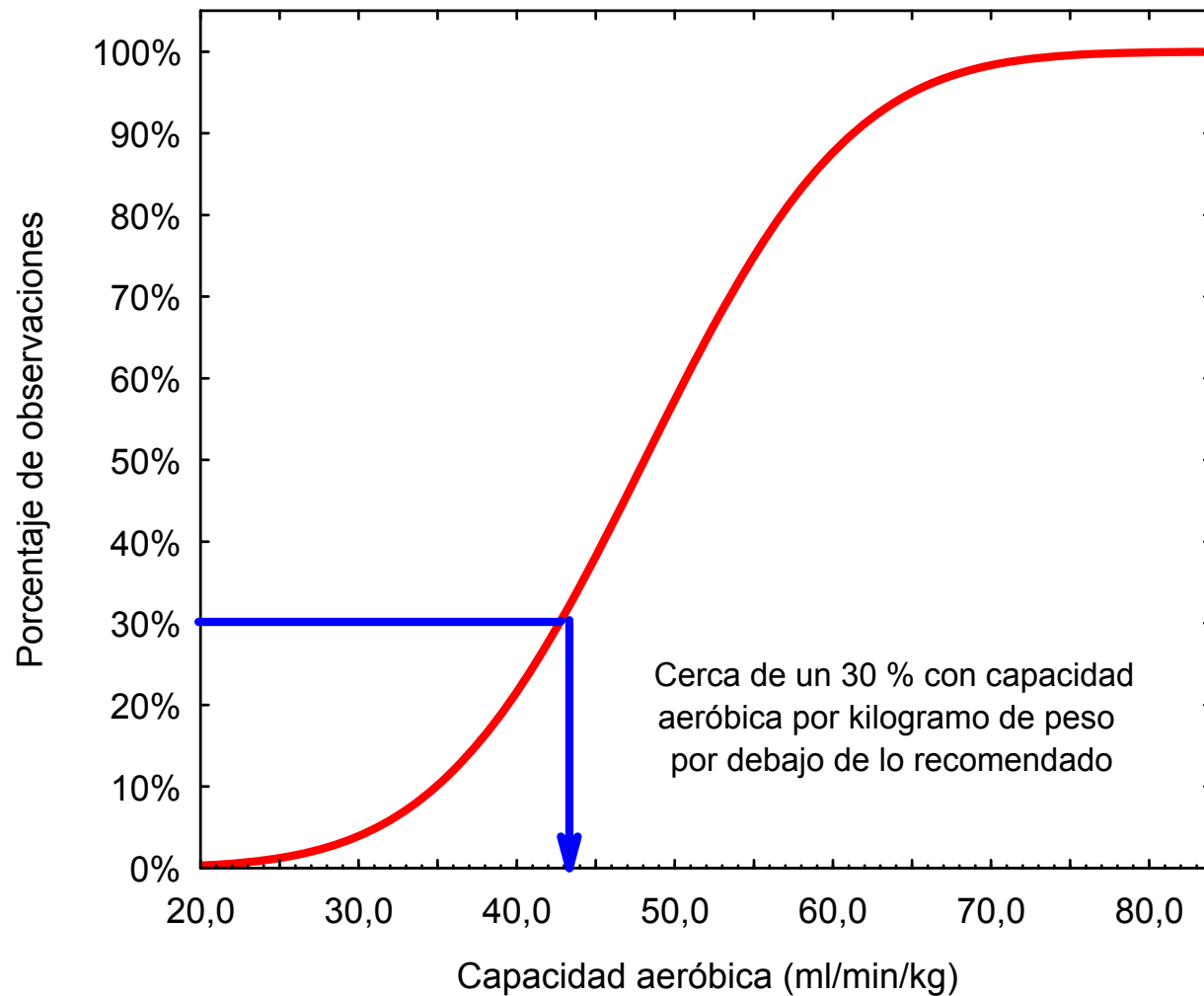
**INTENSIDAD DEL ESFUERZO**

**GASTO DE ENERGIA  
CARGA FISICA**

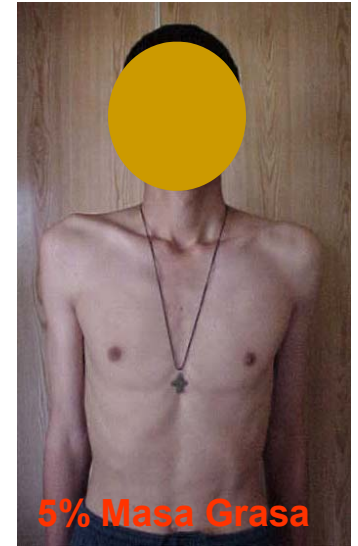
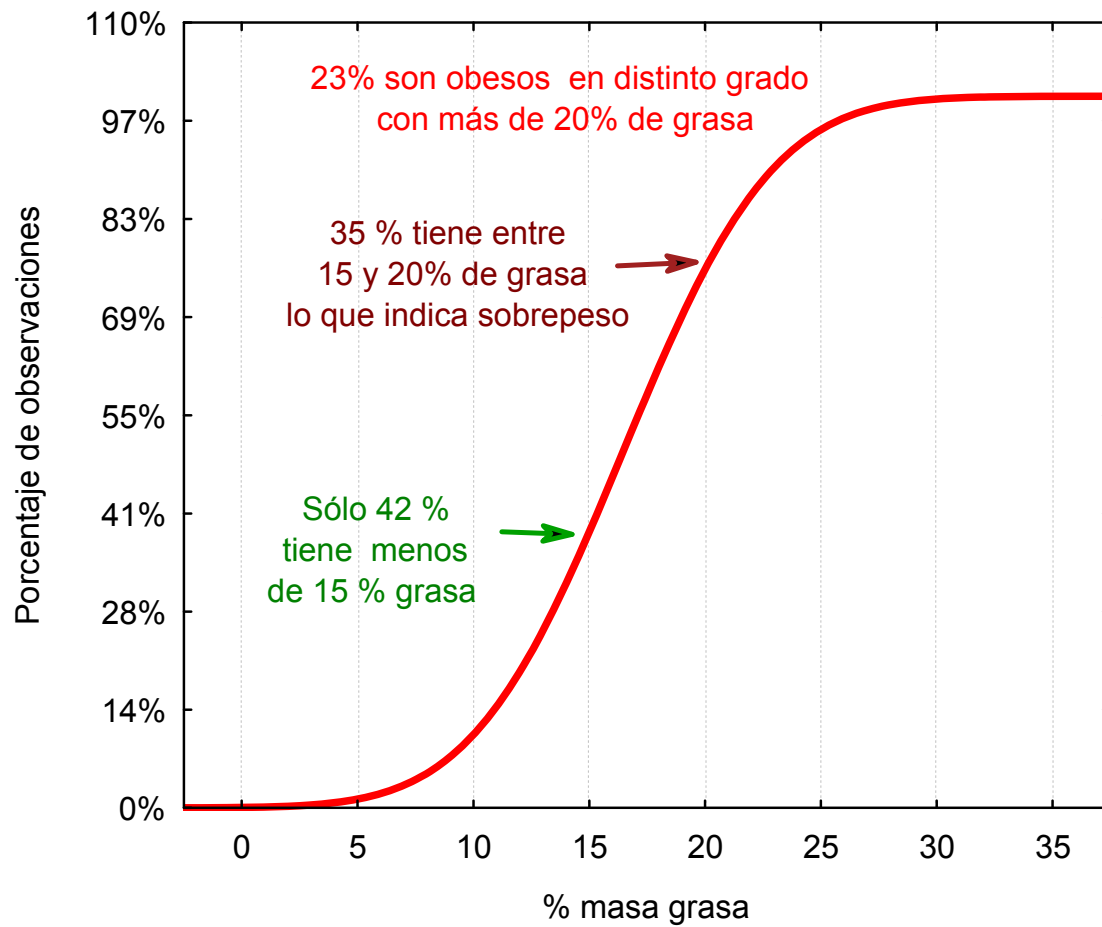
**APTITUD FISICA**



## Se justifica la selección física de brigadistas?



# Distribución del porcentaje de masa grasa de los brigadistas forestales



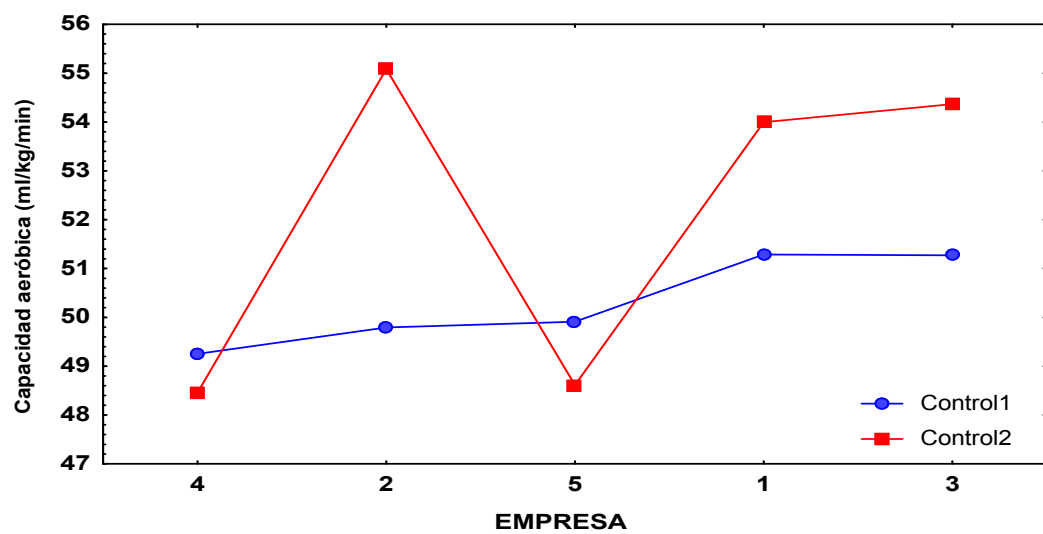
Sobre la base de antecedentes objetivos, los mínimos requisitos para brigadistas jóvenes, que recién ingresan, son los siguientes:

- Capacidad aeróbica superior a 3.0 litros de oxígeno por minuto
  - Capacidad aeróbica superior a 43.5 ml/minuto/kilogramo de peso
- Masa grasa no superior a 15%

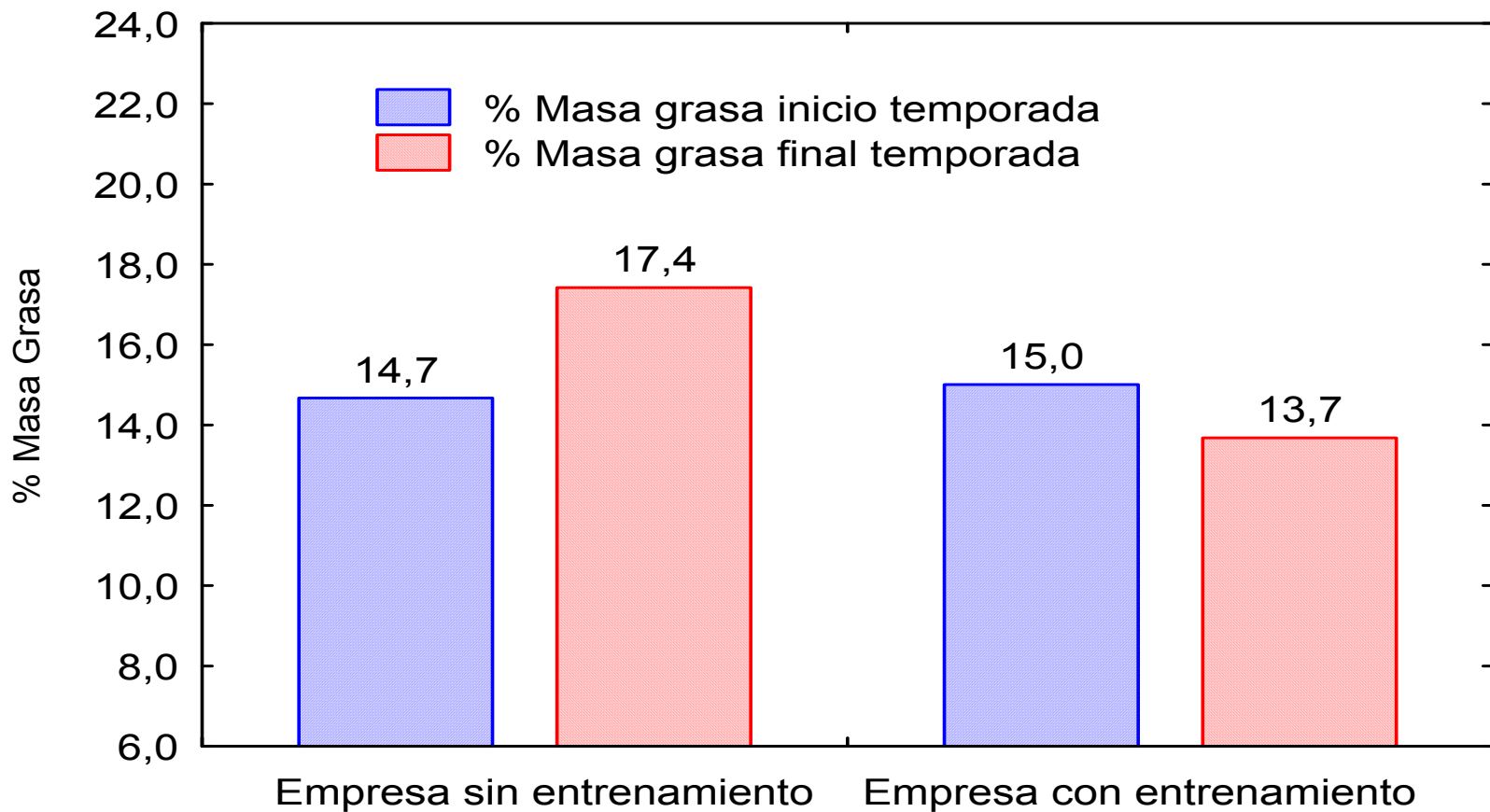


Estos índices no deben considerarse en forma aislada y se debe tener claro que son modificables con entrenamiento y dentro de ciertos márgenes con alimentación adecuada

# Entrenamiento Físico

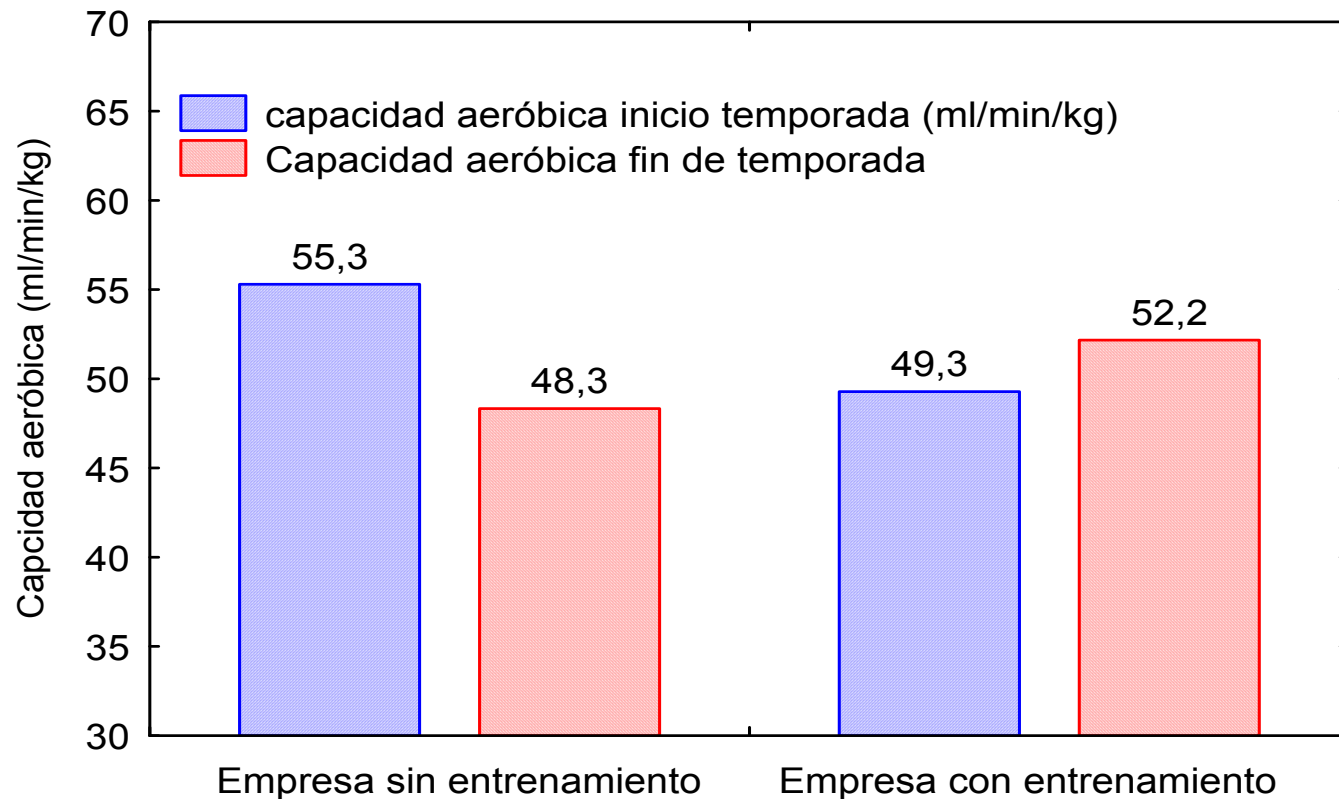


% de masa grasa a comienzos y fines de temporada en brigadistas de dos empresas forestales que hacían selección de personal, pero sólo una de ellas tenía programas de entrenamiento físico controlados.





Capacidad aeróbica, expresada en mililitros de oxígeno por kilogramo de peso corporal a comienzos y fines de temporada, en brigadistas de dos empresas forestales, que hacían selección de personal, pero sólo una de ellas tenía programas de entrenamiento físico controlados.



Una vez que los brigadistas han sido seleccionados y que participan de programas de actividad física bien diseñados, la Ergonomía contribuye a la búsqueda de herramientas, vestuario, implementos de seguridad y accesorios adecuados desde un punto de vista ergonómico?



**VEAMOS ALGUNOS EJEMPLOS**

# Vestuario

La misión de la vestimenta para incendios no es sólo proteger a los brigadistas del calor externo, sino que **debe permitir que el calor que producen pueda salir al exterior**, ya que esa acción es la que reduce la sobrecarga térmica"





# Problemas que genera el no poder eliminar el calor que producimos

Aumento de la sudoración



Aumento de la temperatura interna



El trabajador puede sufrir síntomas severos que le podrían ocasionar la muerte

## Resultados ensayo para detectar sudor retenido en la ropa

| <b>Ensayo construcción líneas 1 hora duración*<br/>(kg)</b> | <b>Peso</b> |
|-------------------------------------------------------------|-------------|
| Peso con ropa combate antes (kg)                            | 80.4        |
| Peso con ropa combate después (kg)                          | 79.4        |
| Líquido ingerido durante ensayo (kg)                        | 0.68        |
| Líquido eliminado (kg)                                      | 1.68        |
| % evaporado                                                 | 59.6        |
| % retenido en la ropa                                       | 40.4        |

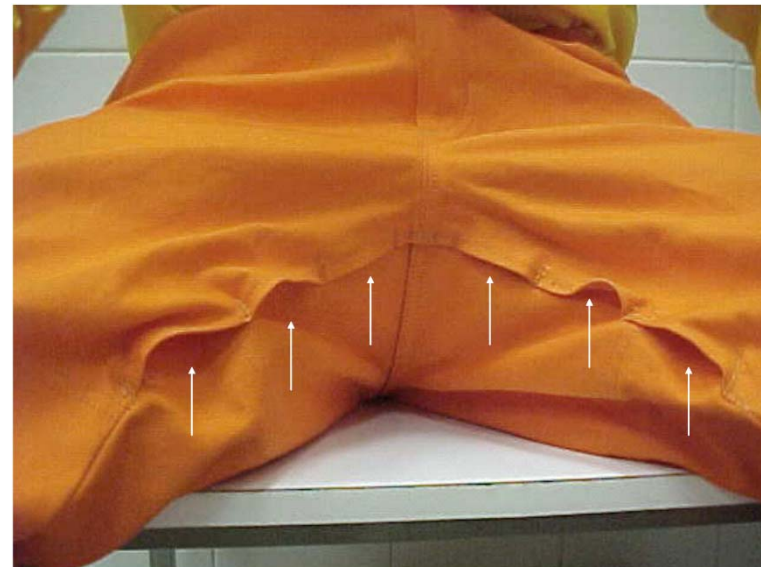
\* ensayo 4 períodos de trabajo de 15 minutos con 3 minutos de descanso después de cada uno

- 1 litro de sudor evaporado disipa alrededor de 580 Kcal.
- El gasto de energía de un brigadista podría alcanzar en promedio 600 Kcal/hora.
- Si el 40% del sudor queda retenido en la ropa. Se necesita producir 1.68 kg de sudor por hora ya que sólo evaporan aproximadamente 1 Kg., equivalente a 600 Kcal por hora.

En los casos extremos, con temperaturas del aire muy altas, en que no haya otra forma de eliminar el calor, la barrera del vestuario puede tornarse crítica y producirse un aumento de la temperatura interna de estas personas, que los puede llevar al golpe de calor.



# Vestuario con salidas de ventilación





Pernera anticorte tradicional y modelo propuesto que deja la parte posterior de la pierna descubierta. Esto permite que la ventilación del pantalón sea efectiva



**Un ejemplo simple: Bolsa y cantimplora en que transportan el agua los brigadistas.**



**Cantimplora forrada en papel aluminio para los ensayos de temperatura del agua.**





**Resultados de las pruebas para reducir la temperatura del agua en las cantimploras. Ensayo 1 envase original y Ensayo 2 cantimplora forrada con papel de aluminio.**

|                                               | <b>ENSAYO 1</b> | <b>ENSAYO 2</b> |
|-----------------------------------------------|-----------------|-----------------|
| Temperatura de globo al inicio                | 39              | 39              |
| Temperatura de globo al término               | 52              | 52              |
| Temperatura del agua al inicio                | 12              | 13              |
| Temperatura del agua a la media hora          | 21              | 15              |
| Diferencia de temperatura a la media hora     | 9               | 2               |
| Temperatura del agua después de una hora      | 28              | 16              |
| Diferencia de temperatura en la 2° media hora | 7               | 1               |

**Prototipo de bolsa para mantener el agua fresca, diseñada durante la ejecución del proyecto que se está fabricando comercialmente.**

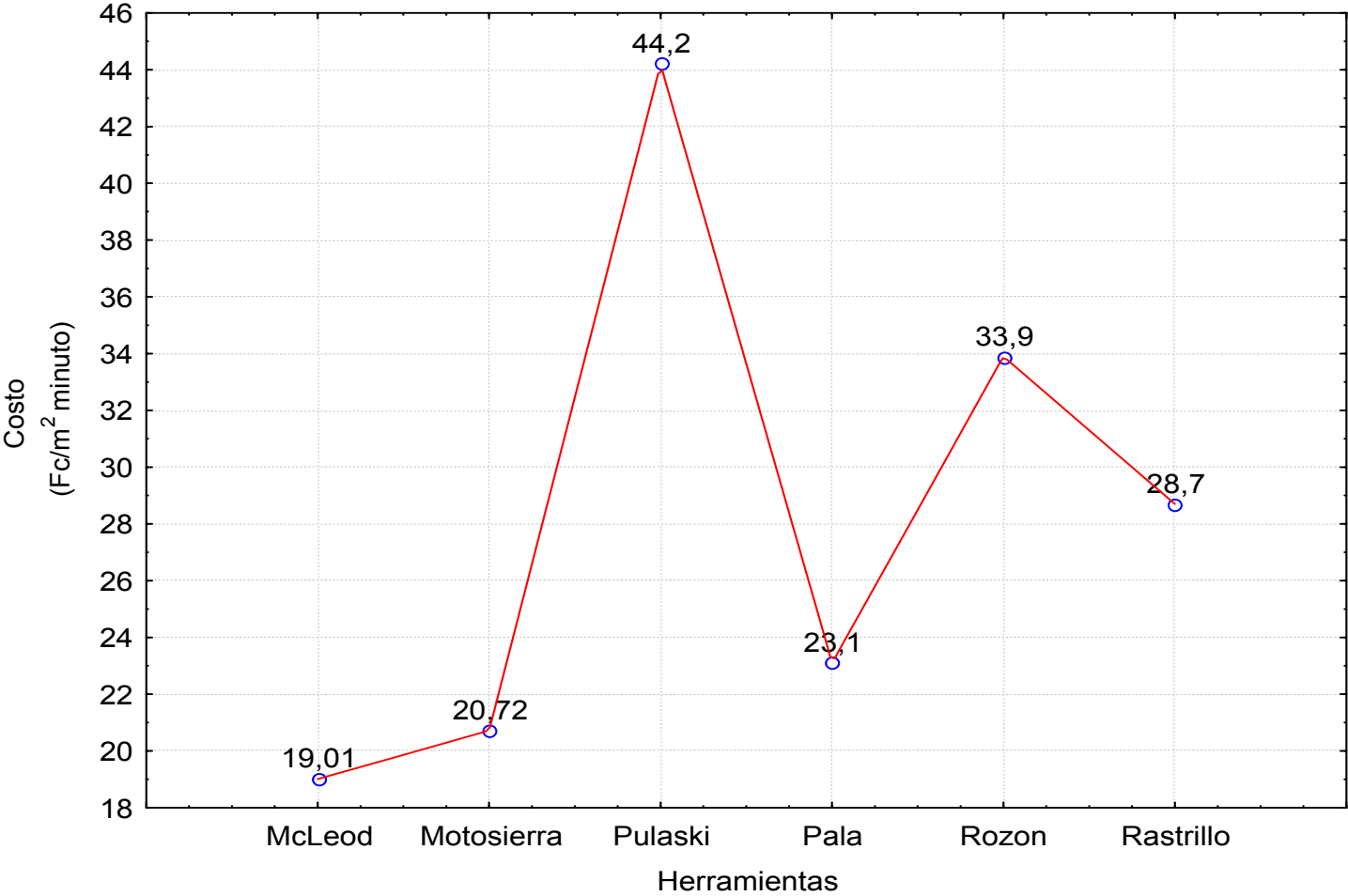




Rendimiento y respuesta fisiológica trabajando con herramientas de incendios forestales.



# Sobrecarga relativa. Incremento de la frecuencia cardiaca por metro cuadrado de línea con distintas herramientas



# **Cumplidas las etapas anteriores la Ergonomía contribuye a la organización del trabajo ayudando a responder las siguientes preguntas**

**¿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?**



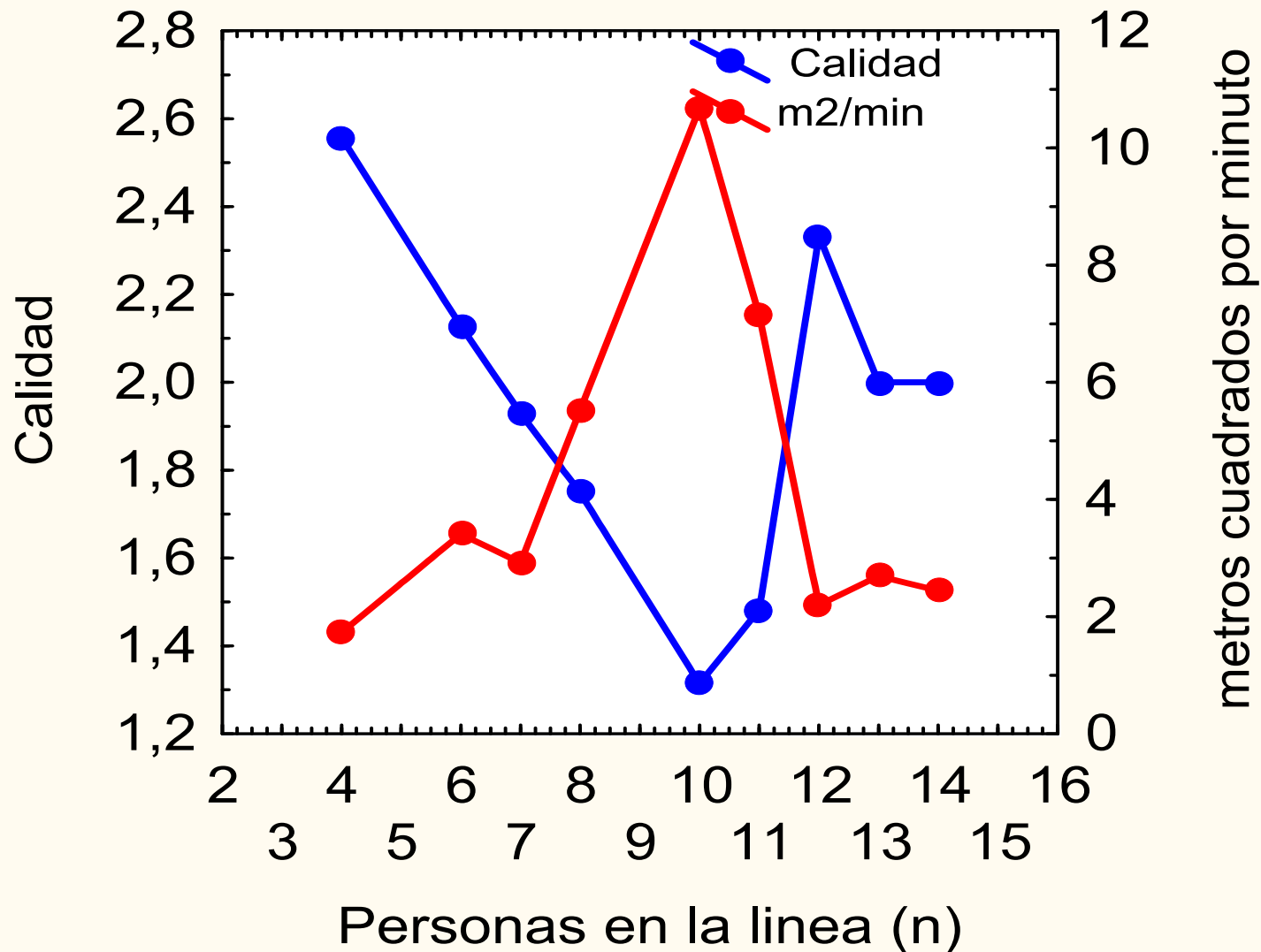
Calidad, rendimiento y número de  
trabajadores en la línea en incendios reales



# Calidad durante los ensayos de construcción de líneas

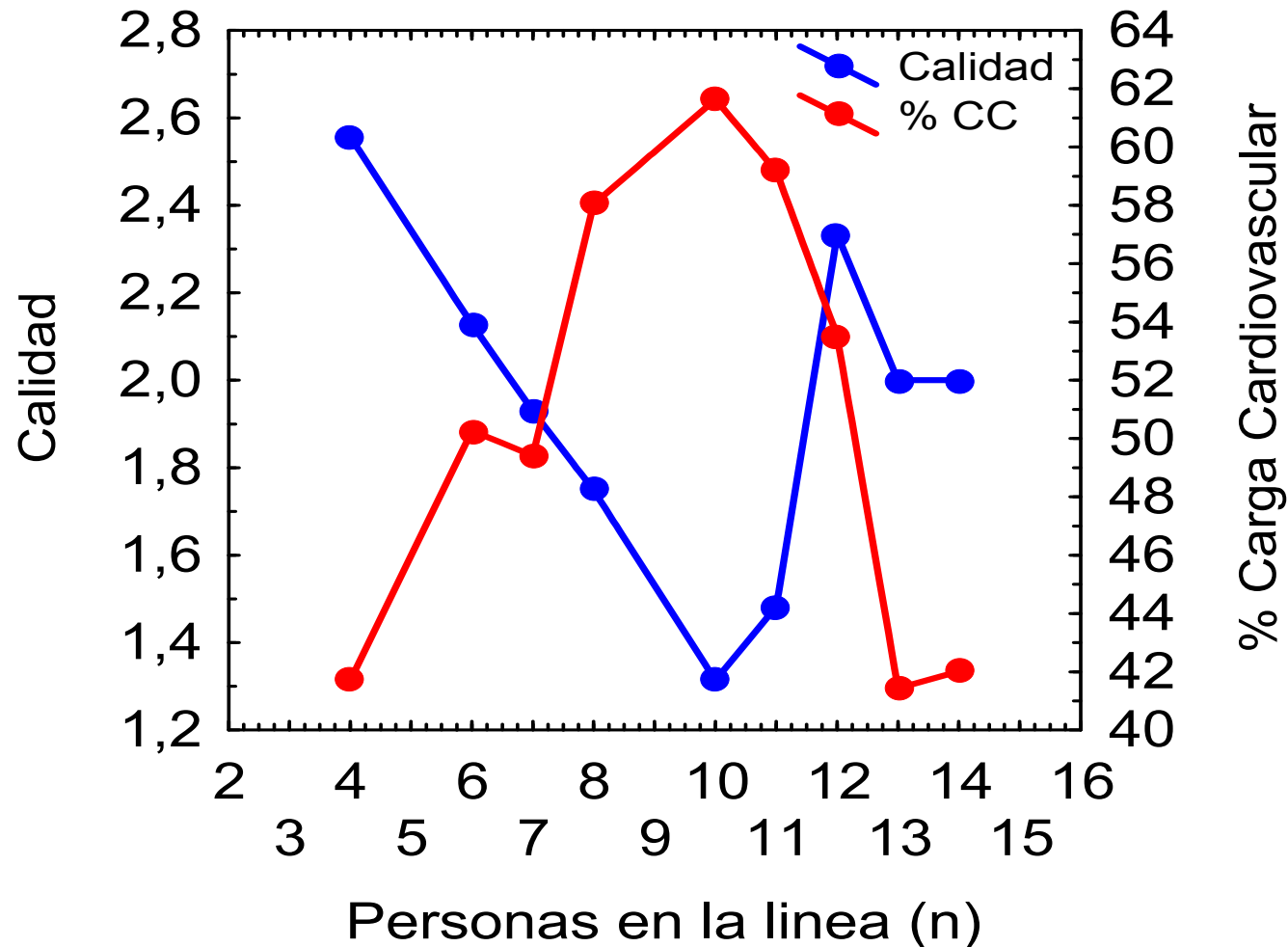
| Calidad | Porcentaje | Explicación                                      |
|---------|------------|--------------------------------------------------|
| 1       | 100        | 100% del suelo mineral expuesto                  |
| 1.1 a 2 | 99-85      | Entre un 99% y un 85% del suelo mineral expuesto |
| 2.1 a 3 | 84-70      | Entre un 84% y un 70% del suelo mineral expuesto |
| 3.1 a 4 | 69-55      | Entre un 69% y un 55% del suelo mineral expuesto |
| 4.1 a 5 | <55        | Menos de un 55% del suelo mineral expuesto       |

# Calidad y rendimiento en relación al número de personas en la línea





# Calidad y carga cardiovascular en relación al número de personas en la línea



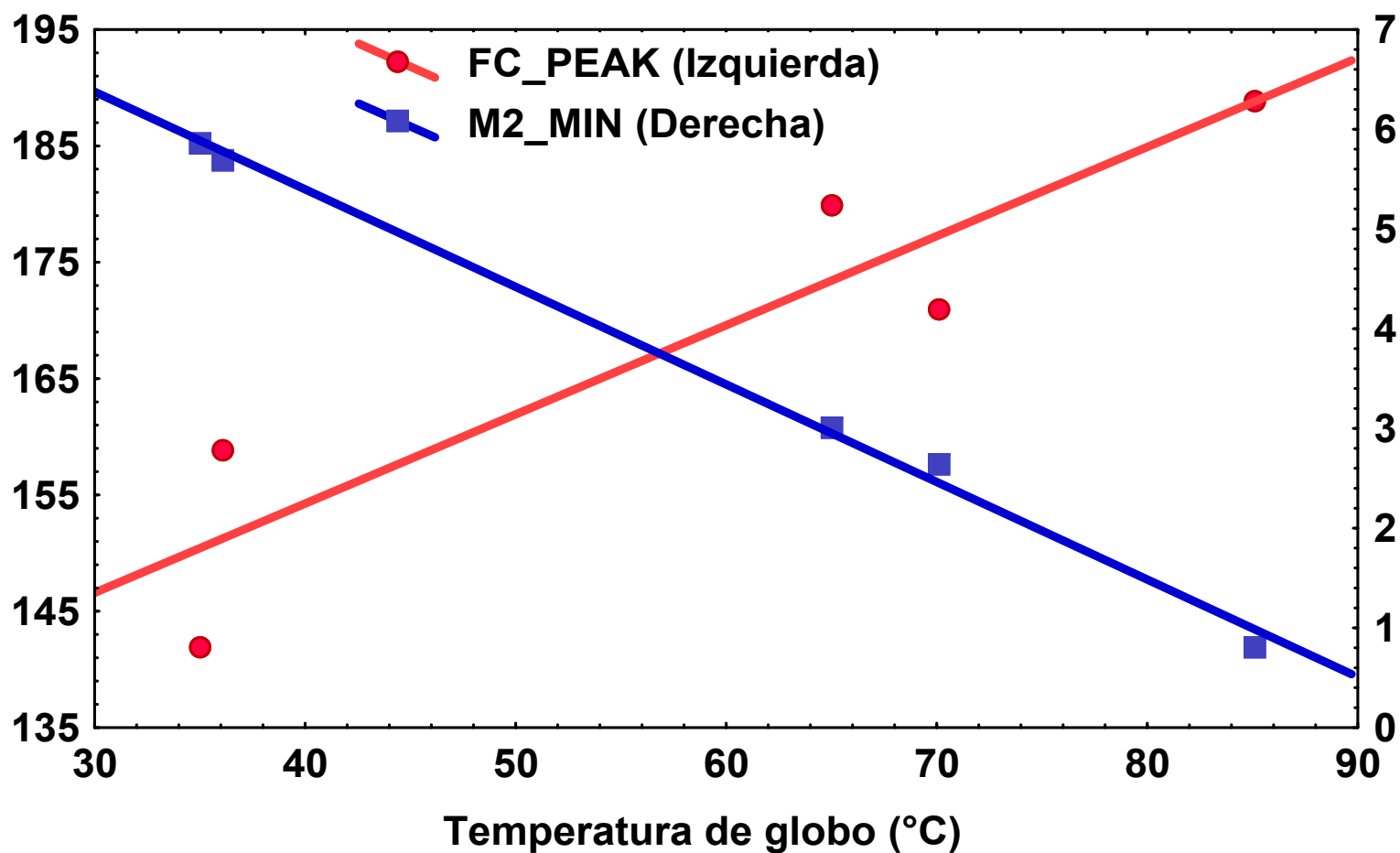
Trabajadores combatiendo el fuego sin respetar las distancias mínimas entre ellos



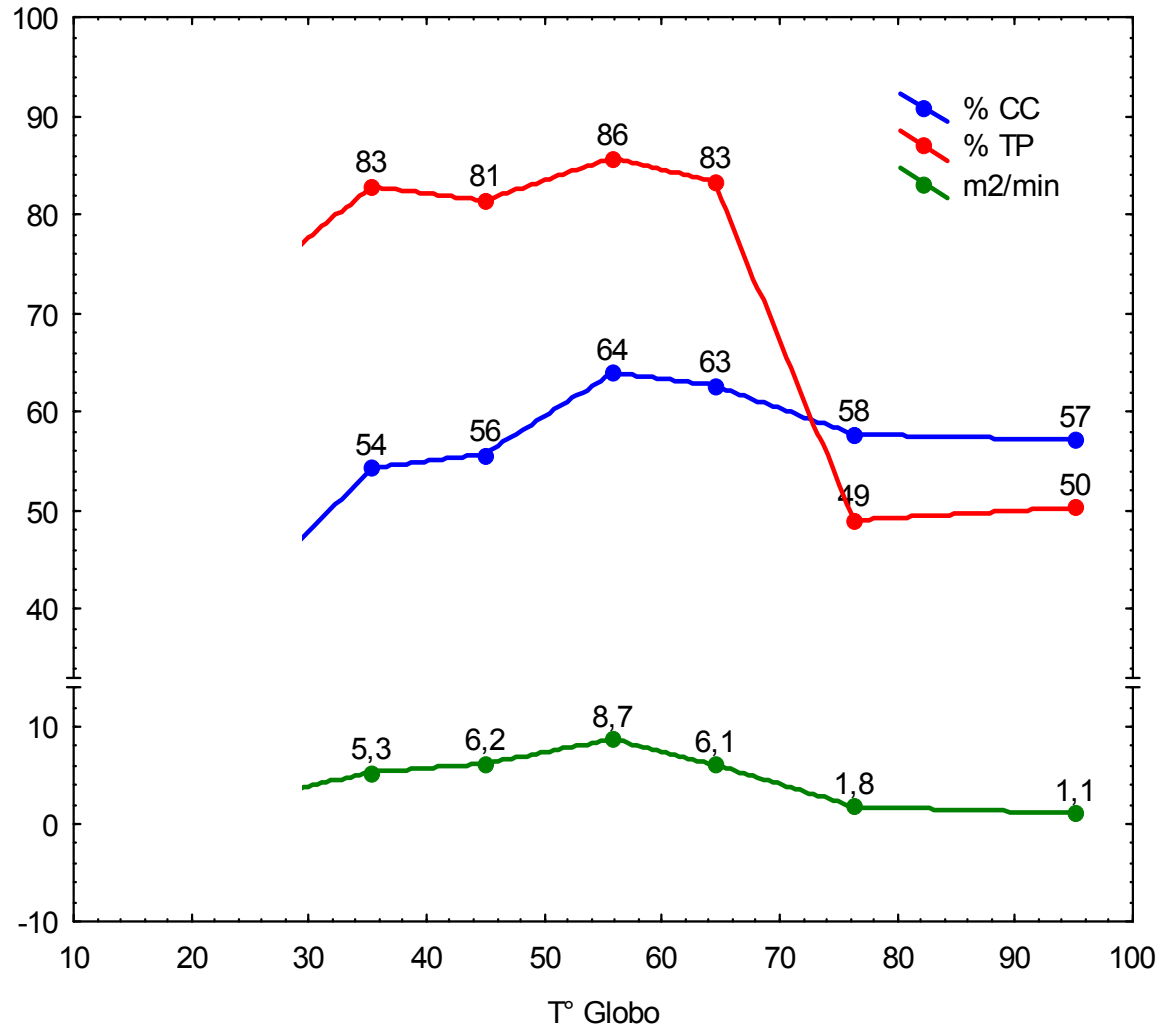
# Efectos del calor



# Rendimiento y frecuencias cardíacas "peak" en un trabajador evaluado trabajando con Mcleod en 5 incendios en que se registró un amplio rango de radiación calórica



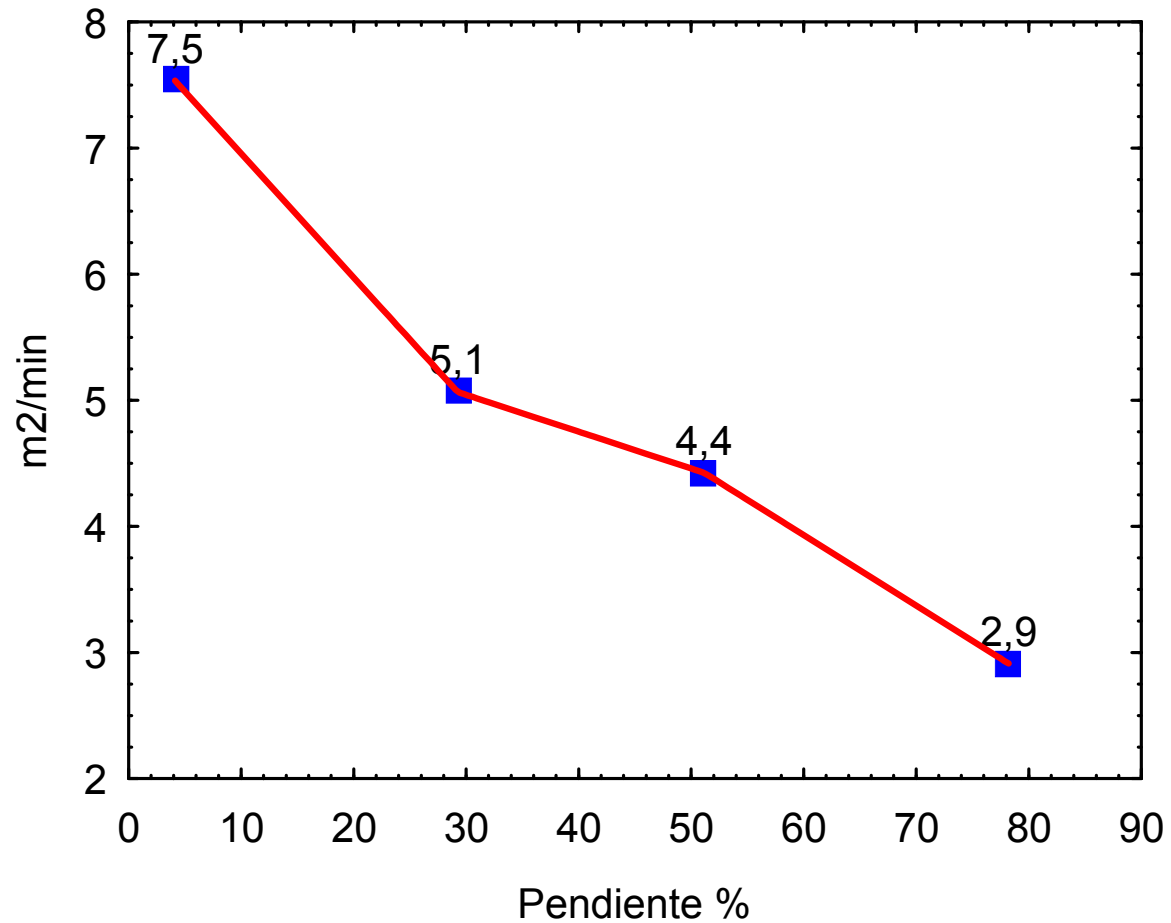
Porcentaje de tiempos principales (% TP), porcentaje de carga cardiovascular (% CC) y metros cuadrados de línea construidos por minuto (m<sup>2</sup>/min), para distintas condiciones de radiación calórica (temperatura de globo) clasificadas en rangos de 10 ° C.



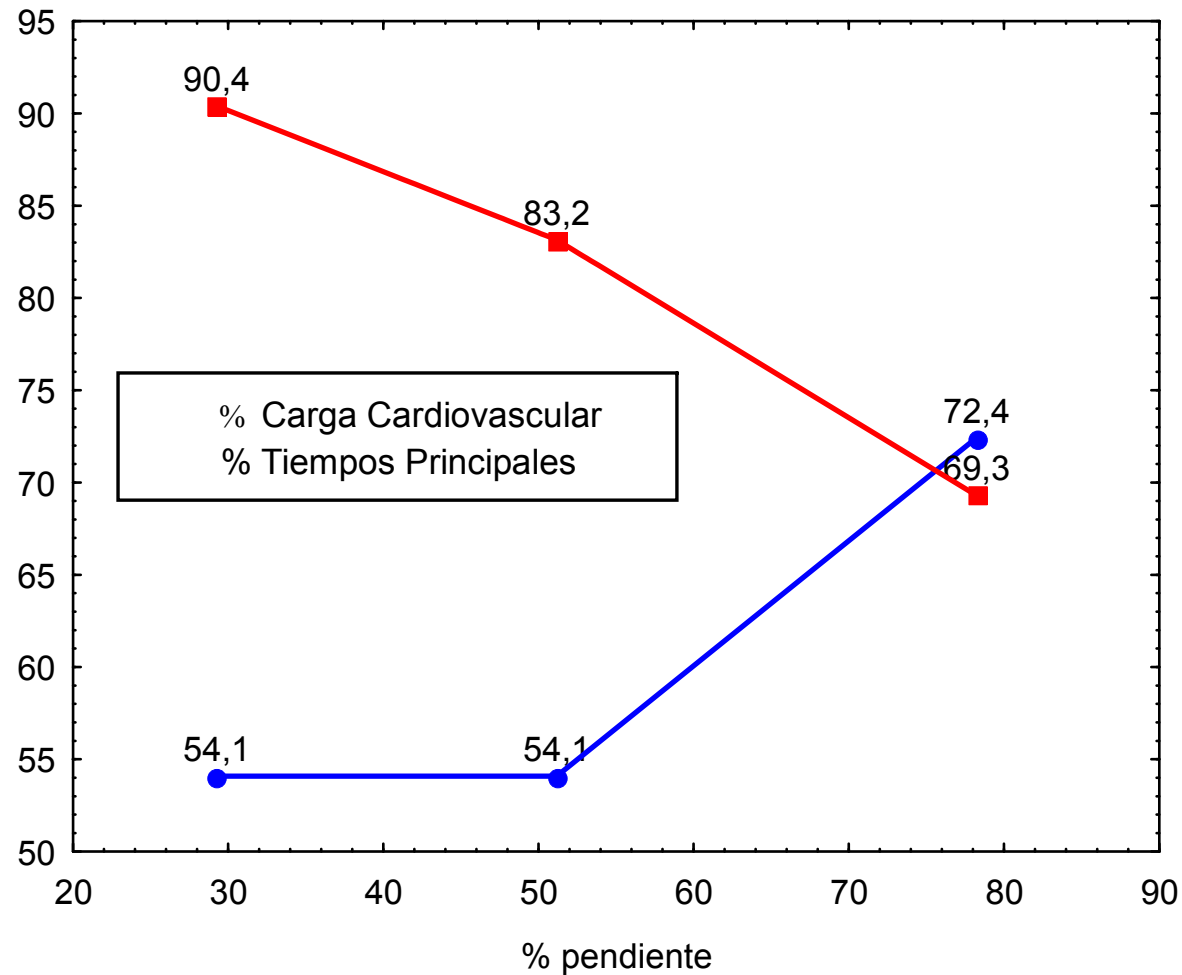
# Efectos de la pendiente del terreno



# Relación entre rendimiento ( $m^2/min$ ) y pendiente del terreno



Porcentaje de tiempos principales y porcentaje de carga cardiovascular en brigadistas trabajando con rangos de pendiente entre 20 y 40%, 40 y 60% y sobre 60 %.

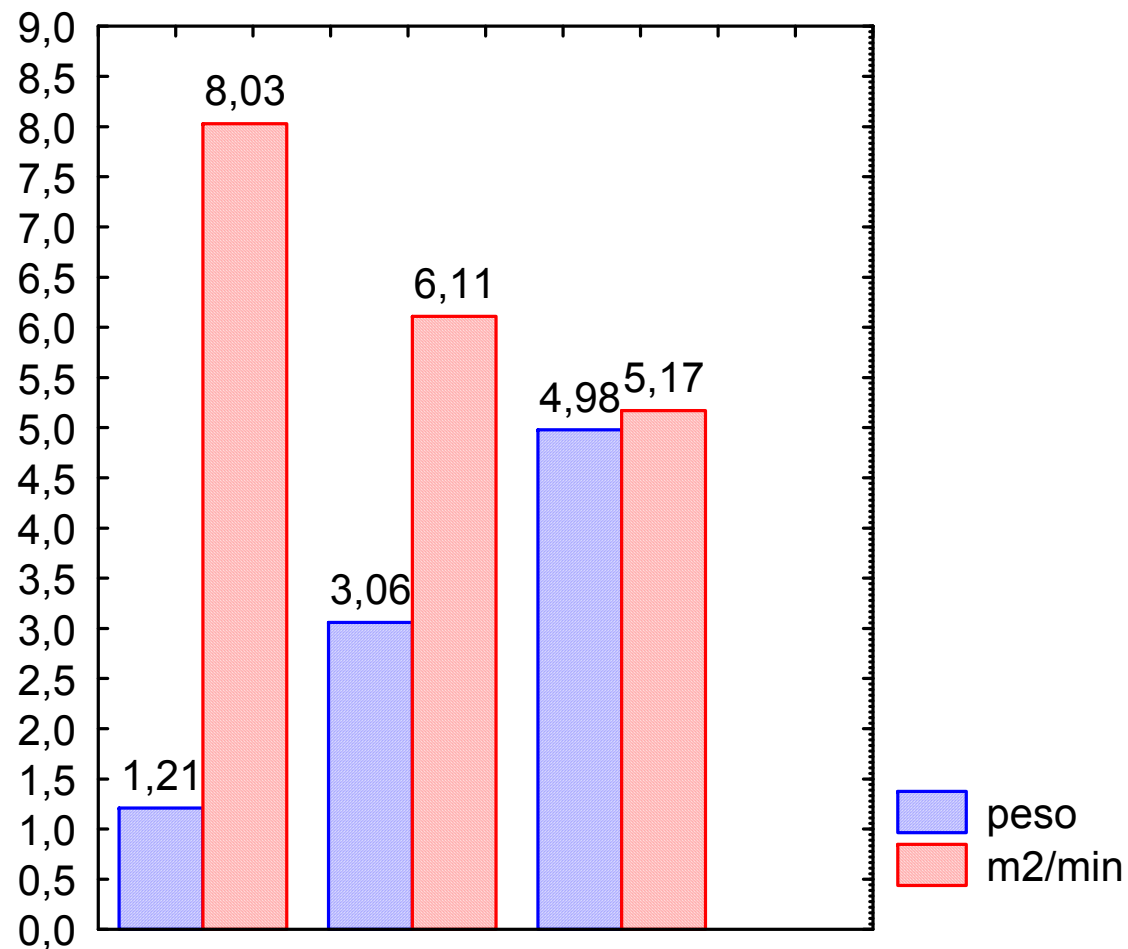




# Efectos del peso de los combustibles

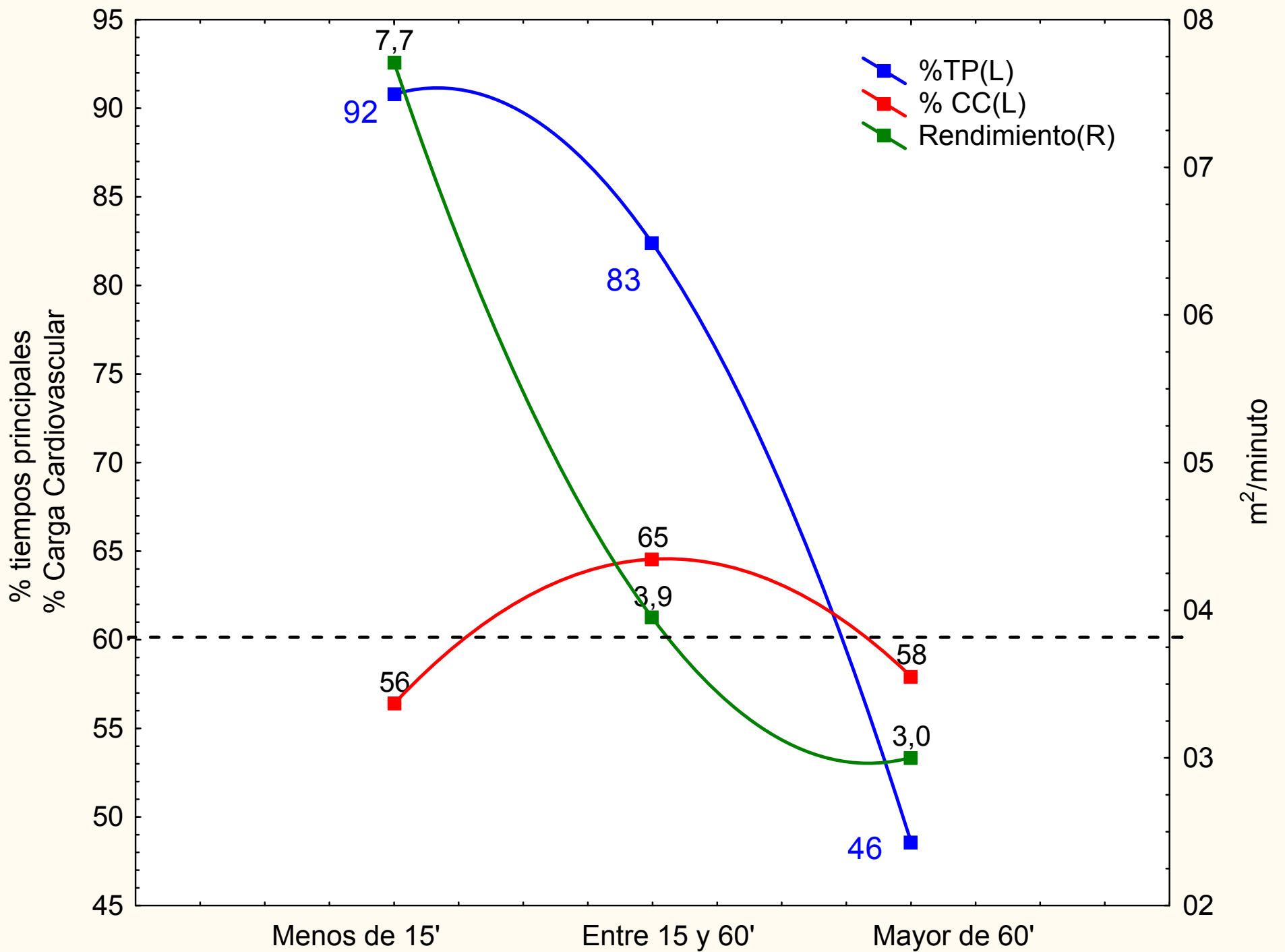


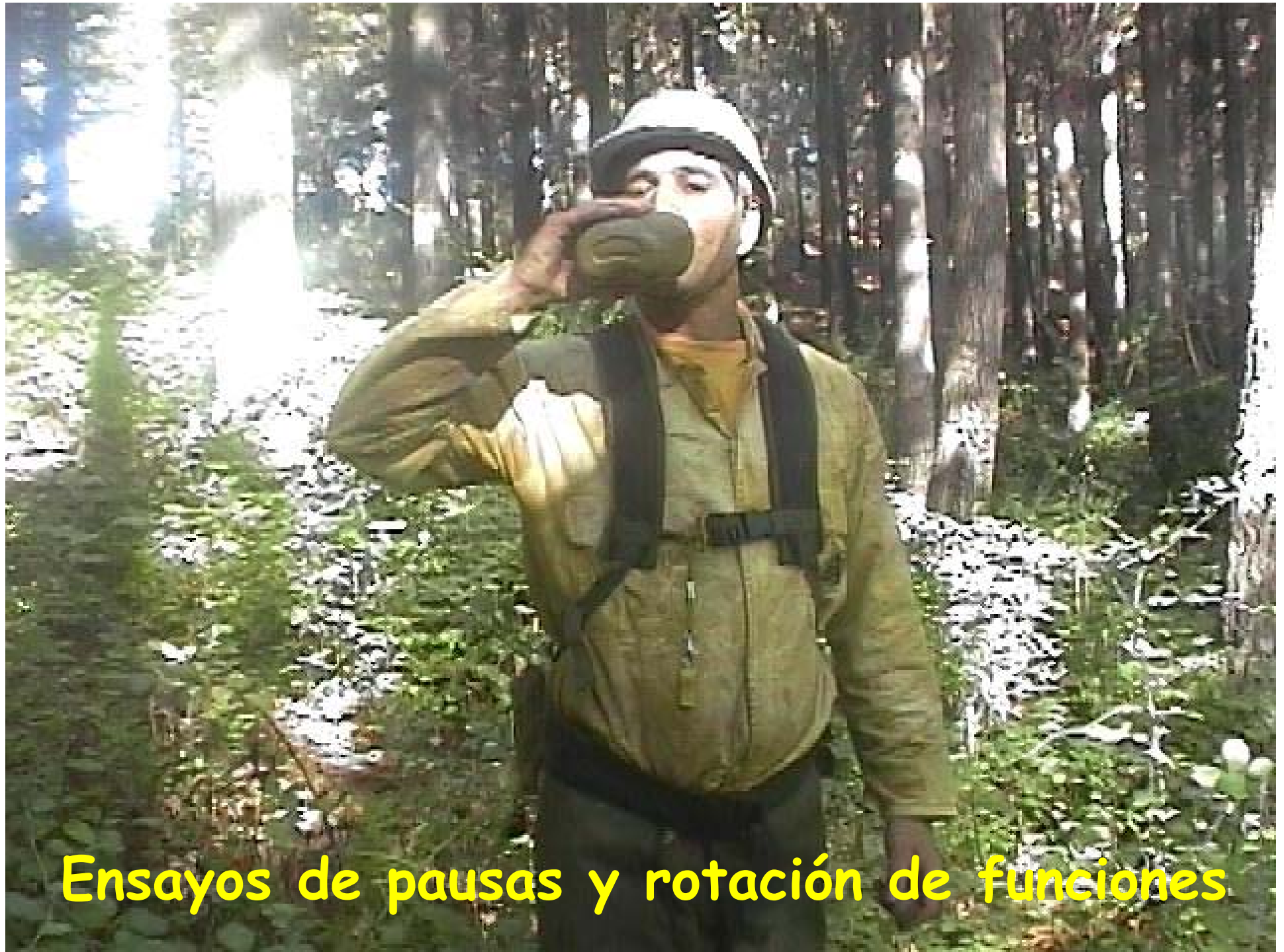
**Peso de los combustibles, separados por rangos de menos de 2 kg, entre 2 y 4 kg y sobre 6 kg, y rendimientos observados, expresados en metros cuadrados por minuto.**



# Efectos de la duración de los incendios







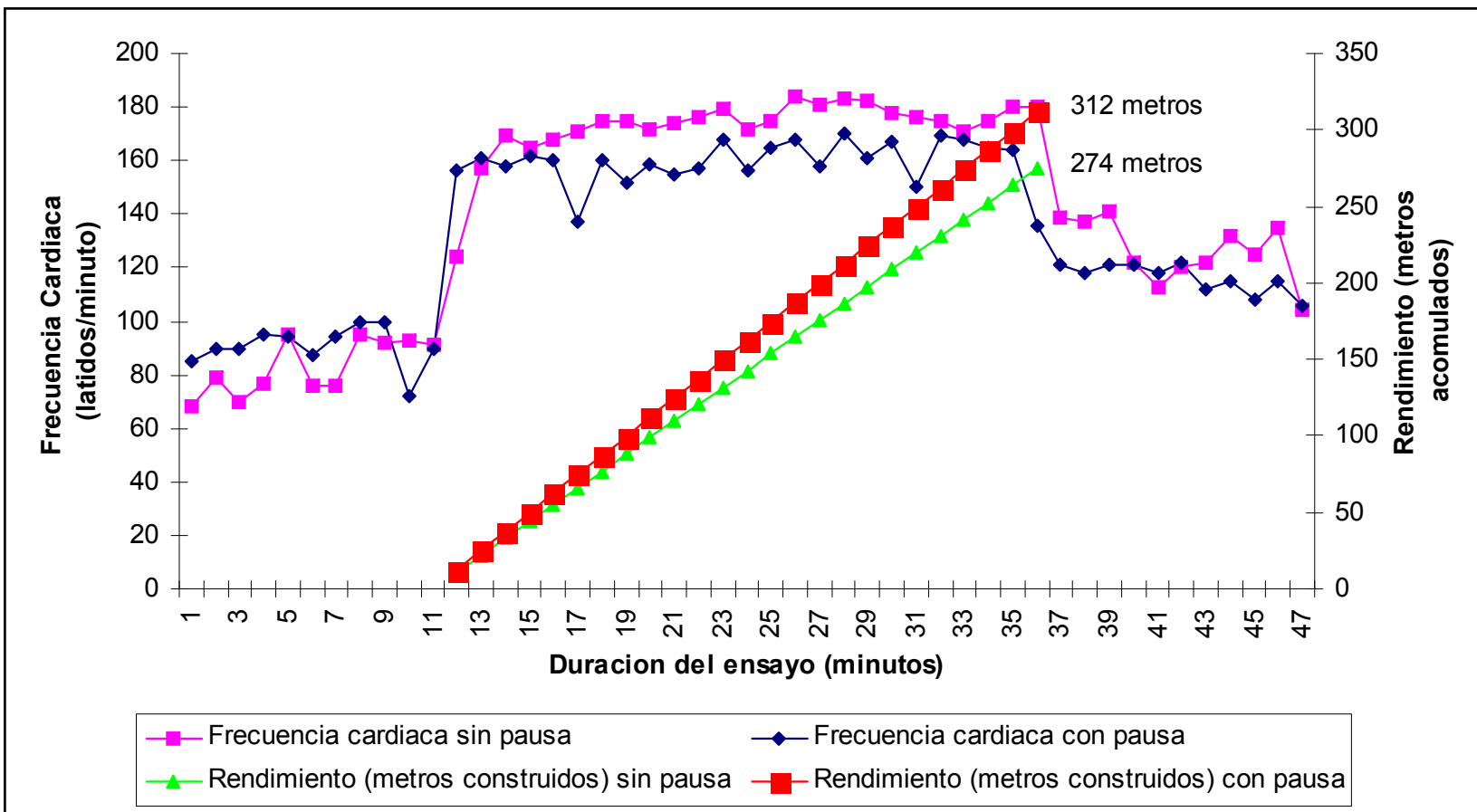
**Ensayos de pausas y rotación de funciones**



# Medidas para disminuir el efecto en la carga de trabajo Esquema de rotacion y pausas dinamicas en brigadas de incendios



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



**Alimentación e hidratación  
para el combate del fuego.**





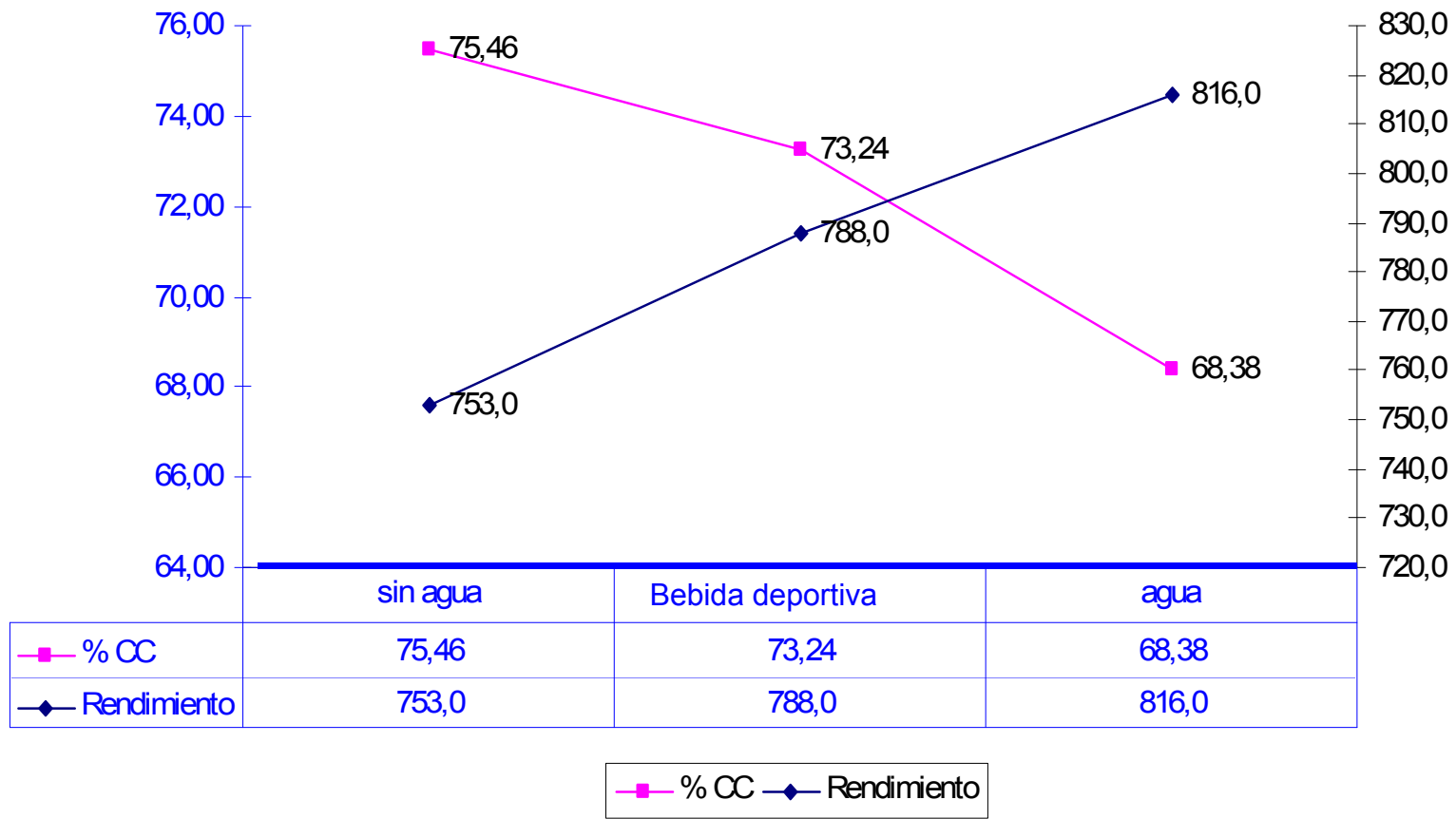
## Temperaturas medidas y sudoración durante los ensayos de hidratación y en incendios

|                                  | Ensayos hidratación | Incendios |
|----------------------------------|---------------------|-----------|
| Temperatura de bulbo húmedo (°C) | 19,3                | 17.4      |
| Temperatura de bulbo seco (°C)   | 26,5                | 23.0      |
| Temperatura de globo (°C)        | 28,4                | 44,7      |

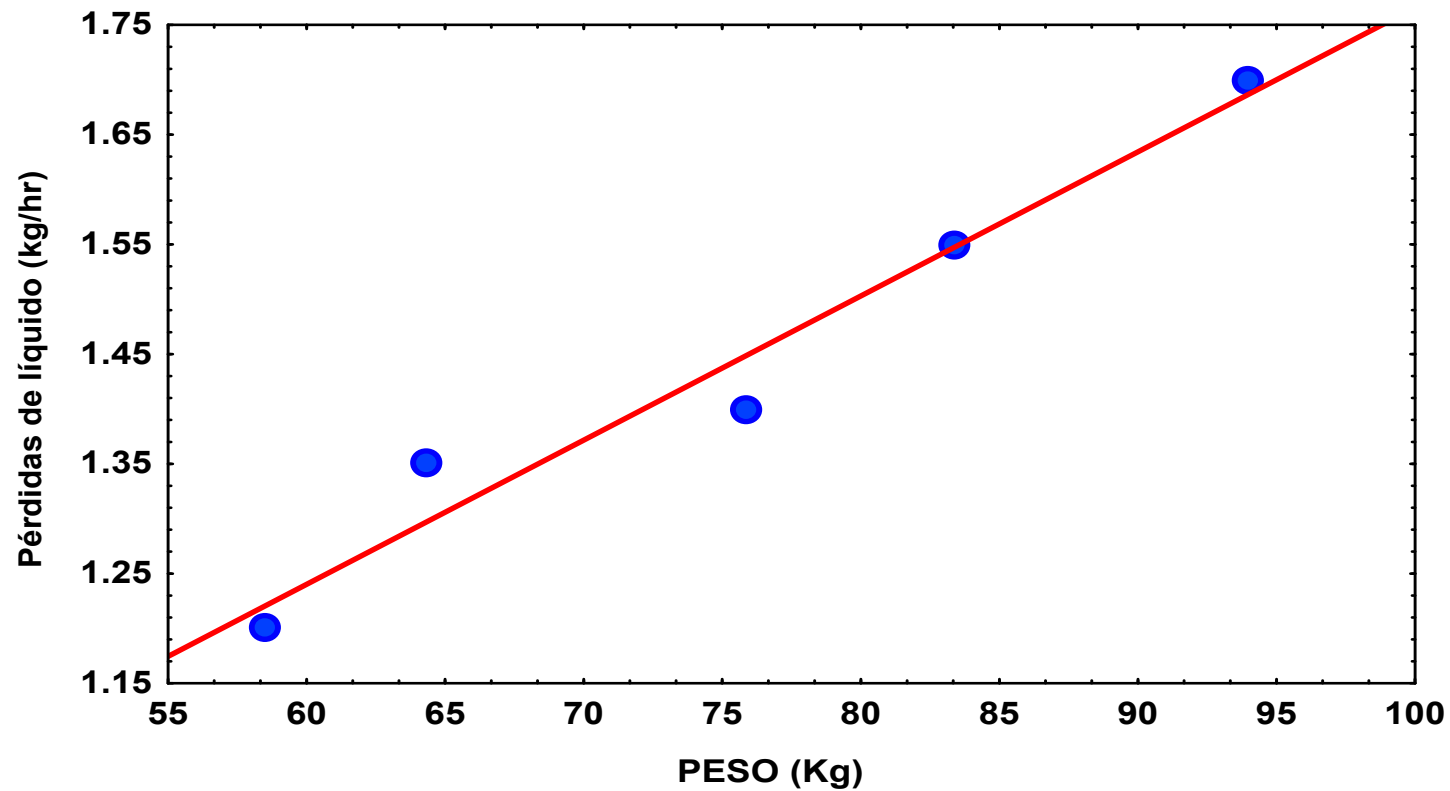
|                  | Promedio | Mínimo | Máximo | Desviación Estándar |
|------------------|----------|--------|--------|---------------------|
| Sudor (kg./hora) | 1.7      | 1.0    | 3.0    | 0.44                |



Porcentaje de carga cardiovascular y metros de línea construidos durante 1 hora de trabajo con pausas intercaladas de 3 minutos de duración, cuando el trabajo se hizo con los brigadistas bebiendo agua, bebida deportiva y sin ingestión de líquido.



Relación entre pérdidas de líquido y peso corporal en cinco trabajadores de distinto tamaño realizando el mismo trabajo de construcción de líneas con Mcleod, alcanzando todos igual rendimiento.

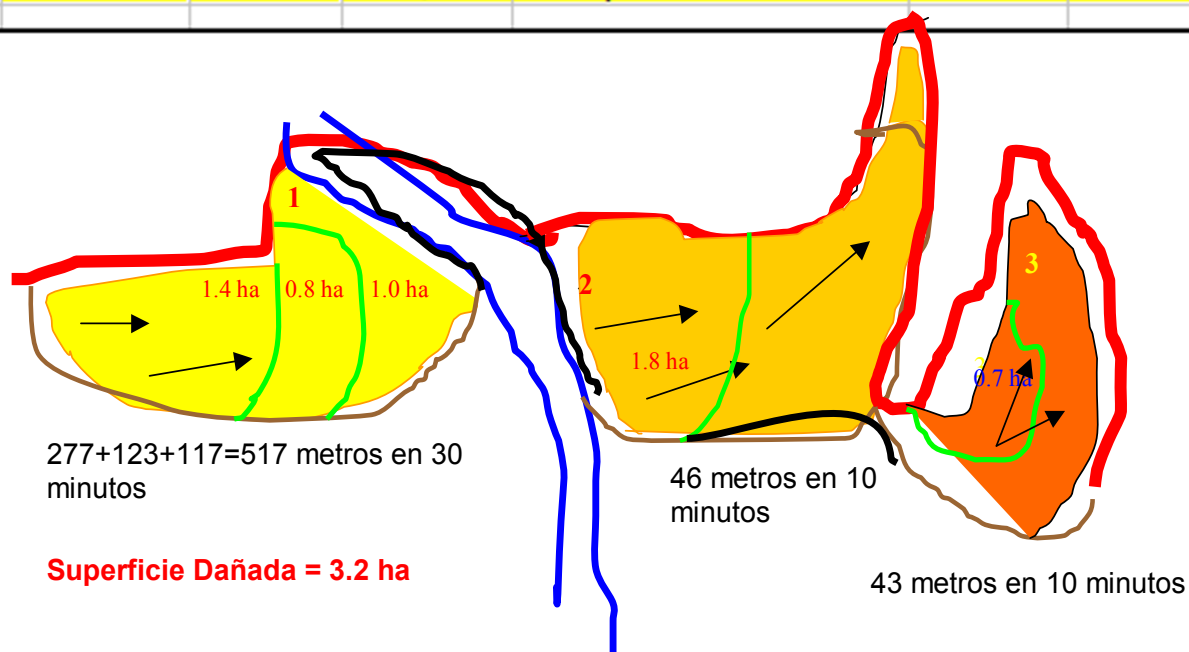


Un último ejemplo de importancia:  
El costo de una mala planificación



Seguimiento a un brigadista en un incendio que duró 90 minutos, en que la construcción de líneas la efectuó una cuadrilla integrada por 15 personas. El brigadista tenía 18 años.

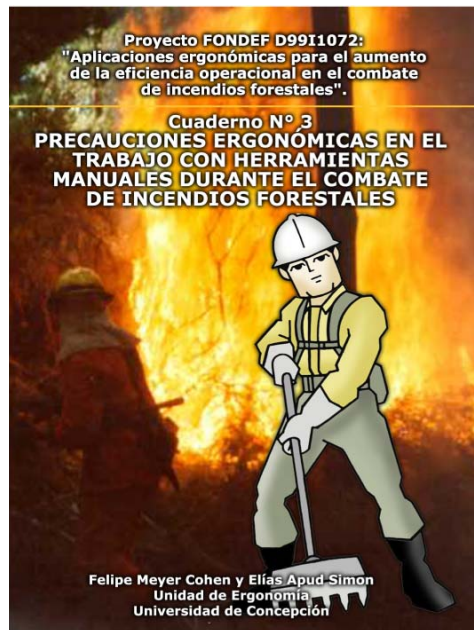
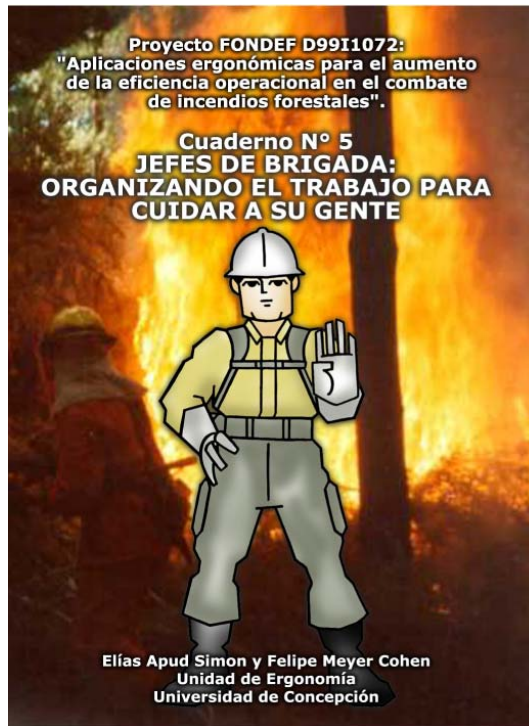
| fC Media | fC peak | % CC | Minutos | Actividad            | Metros línea | Calidad | TGBH |
|----------|---------|------|---------|----------------------|--------------|---------|------|
| 148      | 177     | 67   | 7,20    | corriendo al foco    |              |         |      |
| 189      | 202     | 92   | 10,00   | combatiendo          | 277          | 1       | 41,3 |
| 188      | 202     | 92   | 10,00   | combatiendo          | 123          | 2       | 42,4 |
| 187      | 205     | 91   | 10,00   | combatiendo          | 117          | 2       | 36,7 |
| 170      | 199     | 81   | 10,00   | cambio a otro frente |              |         |      |
| 180      | 203     | 87   | 10,00   | combatiendo          | 46,7         | 2       | 39,4 |
| 173      | 186     | 82   | 10,00   | cambio a otro frente |              |         |      |
| 166      | 179     | 78   | 10,00   | combatiendo          | 43,1         | 2       | 37,9 |
| 124      | 168     | 52   | 64,00   | recuperandose al fin |              |         |      |





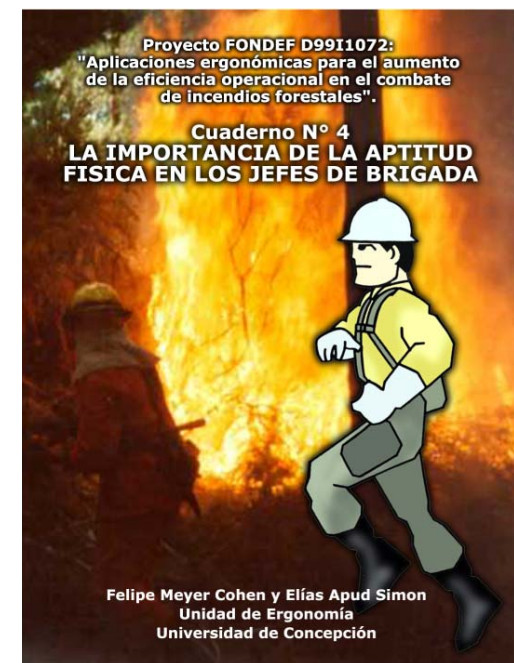
| <b>CARGA DE TRABAJO SEGUN COSTO ENERGETICO (CE<sub>prom</sub>)</b> |                                              |                                          |                                             |
|--------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------|------------------------------------------|---------------------------------------------|
| <b>TIPO DE TRABAJO</b>                                             | <b>LIVIANA<br/>inferior a 375<br/>Kcal/h</b> | <b>MODERADA<br/>375 a 450<br/>Kcal/h</b> | <b>PESADA<br/>Superior a 450<br/>Kcal/h</b> |
| <b>Trabajo continuo</b>                                            | <b>30,0</b>                                  | <b>26,7</b>                              | <b>25,0</b>                                 |
| <b>75% trabajo<br/>25% descanso<br/>cada hora</b>                  | <b>30,6</b>                                  | <b>28,0</b>                              | <b>25,9</b>                                 |
| <b>50% trabajo<br/>50% descanso<br/>cada hora</b>                  | <b>31,4</b>                                  | <b>29,4</b>                              | <b>27,9</b>                                 |
| <b>25% trabajo<br/>75% descanso<br/>cada hora</b>                  | <b>32,2</b>                                  | <b>31,1</b>                              | <b>30,0</b>                                 |

| <b>Foco</b>  | <b>Hectáreas<br/>totales<br/>perdidas</b> | <b>Pérdidas<br/>que se<br/>pudo evitar</b> |
|--------------|-------------------------------------------|--------------------------------------------|
| 1            | 3,2                                       | 1,8                                        |
| 2            | 4,2                                       | 2,0                                        |
| 3            | 1,8                                       | 1,1                                        |
| <b>Total</b> | <b>9,2</b>                                | <b>4,9</b>                                 |



**Autocuidado de los  
trabajadores**

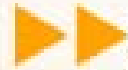
**La urgencia de la  
educación**



[www.educ.cl/ergonomia](http://www.educ.cl/ergonomia)



Universidad de Concepción



**EDUC**  
PROGRAMA DE  
EDUCACION A DISTANCIA



Diplomado  
en **Ergonomía**



→ GRUPO OBJETIVO

→ FUNDAMENTOS

→ OBJETIVOS

→ METODOLOGIA

→ DURACION

→ DIRECTOR DEL PROGRAMA

→ GRUPO DOCENTE

→ PLAN DE ESTUDIOS

→ REQUISITOS

→ APROBACION

→ ARANCEL

ACCESO A  
MODULOS





# http://magisterergonomia.udec.cl

[Inicio](#) | [FAQ's](#) | [Contacto](#)



[Magíster](#) [Nuestros Académicos](#) [Postulaciones](#)



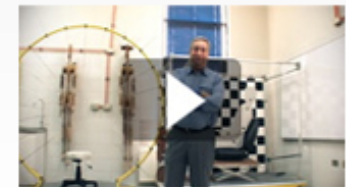
BIENVENIDA

Desde un punto de vista ergonómico, el equilibrio entre producción y protección de las personas sólo puede

[Ingreso a Plataforma](#)

[Acceder](#)

[Video Presentación](#)

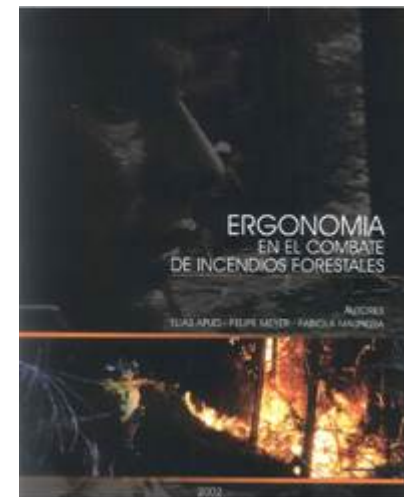
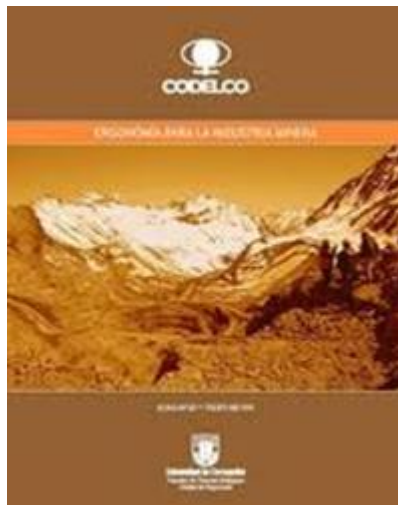


[Testimonios](#)

*"Concepción cuna de la Ergonomía Latinoamericana"*

# Libros y vídeos de Ergonomía

- [http://152.74.15.202/doc\\_ergonomia/](http://152.74.15.202/doc_ergonomia/)
- Usuario: ergonomia
- Contraseña: ergoudec



<http://magisterergonomia.udec.cl>

<http://www.educ.cl/ergonomia>

Elias Apud: [eapud@udec.cl](mailto:eapud@udec.cl)

Esteban Oñate: [estebanonate@udec.cl](mailto:estebanonate@udec.cl)