

Impacto del sedentarismo y el esfuerzo laboral en la aptitud física a medida que los trabajadores envejecen



Elías Apud
Departamento de Ergonomía
Universidad de Concepción, Chile



Antes de comenzar

Gracias amigos de SEMAC!!



Alegrías que compartir



Decreto UdeC N2018 162 crea Departamento de Ergonomía 46 años después de su nacimiento



OTRO MOTIVO DE ALEGRÍA: un aporte para el mundo de habla hispana

Edición Actual



ergonomia.udec.cl

**Dicho lo anterior.....Vamos a hablar de
envejecimiento laboral**

**Hay que proteger a los trabajadores desde
jóvenes para que envejecan en forma saludable,
segura y..... DIGNA**



¡Desde la ergonomía existe una visión positiva!



Un adecuado diseño del trabajo, basado en el conocimiento de las capacidades, necesidades y limitaciones del ser humano permite:

- **proteger a las personas del envejecimiento prematuro**
- **prolongar su vigencia laboral**
- **ganar de la experiencia que dan los años**

En tal sentido, el Departamento de Ergonomía de la Universidad de Concepción, en el ámbito de sus competencias, ha incorporado el envejecimiento en la población laboral, como un criterio fundamental para resguarden la salud y seguridad de la población laboral. promover trabajos eficientes que garanticen una buena calidad de vida laboral



Hemos tratado de abordar los temas con un modelo integrador



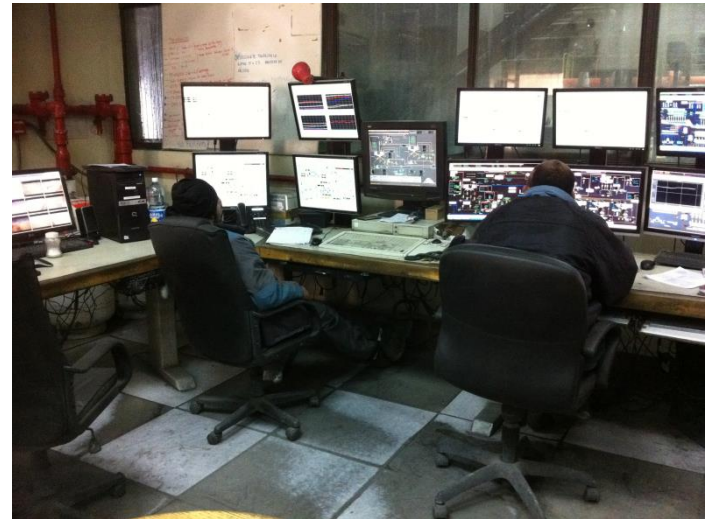
Para proteger a la población del mal diseño de los sistemas de trabajo existen **necesidades de investigación para incrementar el conocimiento de numerosos factores que pueden potenciar el envejecimiento prematuro.**



Entre estos factores, el manejo manual de materiales, el trabajo repetitivo y la sobrecarga postural, no sólo alteran la calidad de vida, sino que pueden llegar a acelerar el envejecimiento por la aparición de enfermedades incapacitantes



También es una realidad que los trabajadores expuestos a actividades sedentarias disminuyen su aptitud física en términos de capacidad de respuesta al esfuerzo



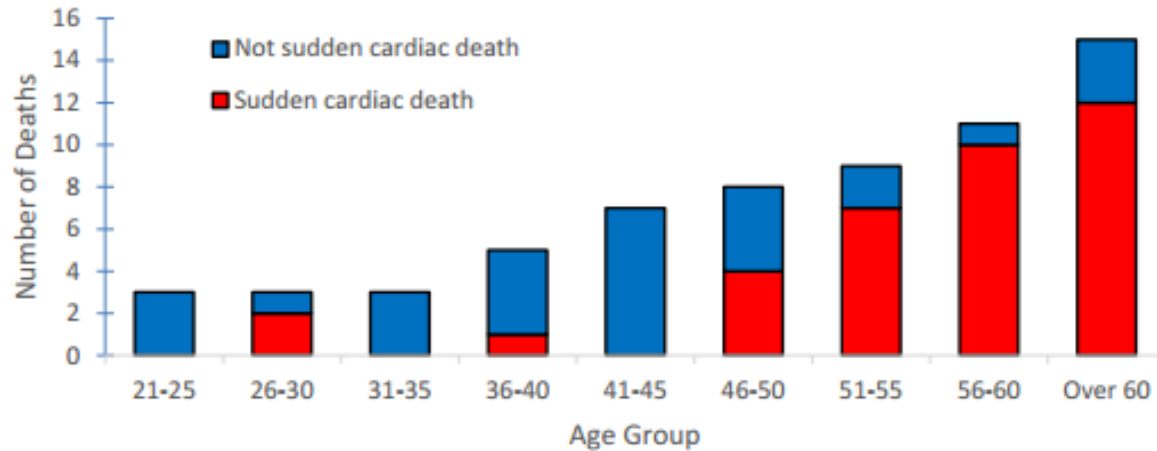
Habitualmente el trabajo sedentario se asocia también con aumentos significativos de peso y obesidad.



Los niveles de sobrecarga fisiológica aumentan significativamente cuando las tareas se realizan en condiciones extremas como por ejemplo exposición a altura geográfica, calor y frío entre otras.



La situación puede ser más crítica en personas de edad que realizan trabajos de emergencias. Por ejemplo, los casos de muerte súbita por problemas cardíacos de bomberos estadounidenses aumenta significativamente con la edad



Nuestra convicción parte del supuesto que el incremento del conocimiento de las características, capacidades, necesidades y limitaciones de las personas, para su aplicación en un buen diseño del trabajo es un factor protector de la salud.



Además permite aumentar la eficiencia laboral y prolongar el tiempo que los trabajadores pueden continuar desempeñando sus actividades sin riesgos para su integridad física y mental.

En esta presentación

- **Revisaremos algunos temas relacionados con los cambios con la edad en:**
 - **Respuesta al esfuerzo**
 - **Composición corporal**
 - **Sobrecarga fisiológica, edad y aptitud física**
 - **Ergonomía y participación: una propuesta para mejorar**
- **Destacaremos primero los aspectos metodológicos, con la intención de ir avanzando en la homologación de criterios en LA.**
- **Terminaremos con un análisis de los resultados en los temas tratados**

Evaluación de la capacidad de respuesta al esfuerzo dinámico

En cualquier grupo humano la capacidad de trabajo físico varía dentro de un amplio rango



La capacidad física promedio disminuye con la edad y es menor en la mujer que en el hombre



ALGUNOS FACTORES QUE DISMINUYEN LA CAPACIDAD FISICA



Capacidad física

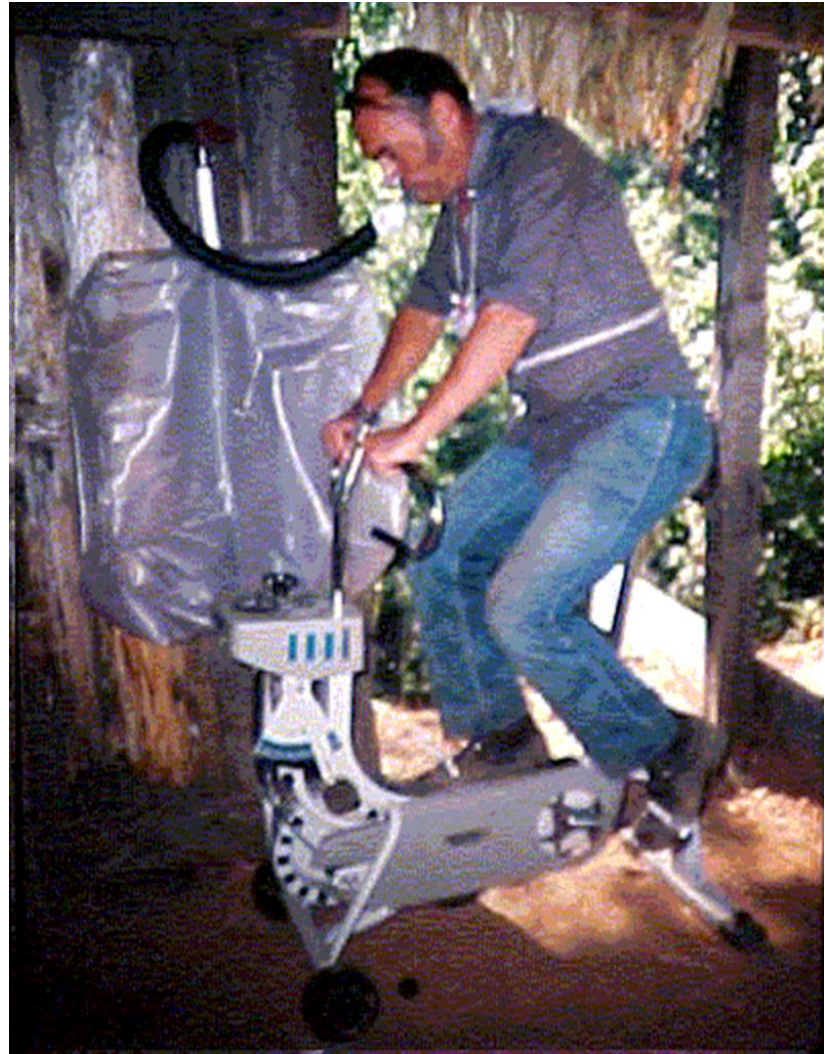
- **LA GENERACIÓN DE ENERGÍA HUMANA DEPENDE DEL OXIGENO**
- **NO EXISTE UNA FORMULA UNICA PARA DEFINIR LA APTITUD FISICA DE UNA PERSONA**
- **LA **CAPACIDAD AEROBICA** HOY EN DIA SE ACEPTA COMO ESTANDAR DE REFERENCIA PARA EVALUAR LA CAPACIDAD FISICA DE QUIENES EJECUTAN TRABAJOS PESADOS**



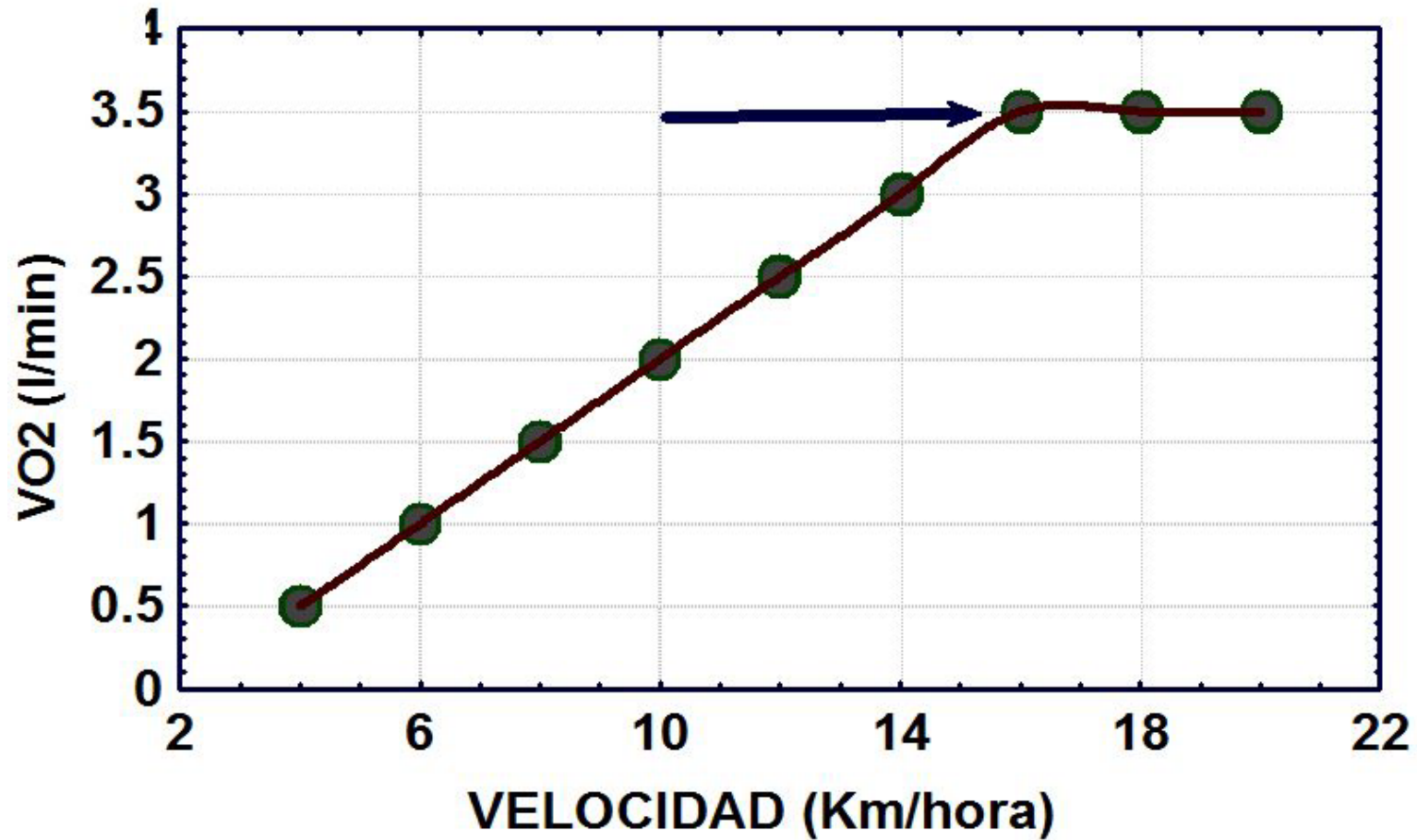
¿Que es la capacidad aeróbica?

- **Capacidad aeróbica es sinónimo de consumo máximo de oxígeno**
- **Refleja la capacidad de los sistemas cardiovascular y respiratorio para captar, transportar, entregar y utilizar oxígeno.**
- **Se abrevia como VO_2 max. Se expresa habitualmente en litros de oxígeno por minuto ($\text{l O}_2 \text{ min}^{-1}$). También en mililitros de oxígeno por minuto y por kilogramo de peso corporal ($\text{ml min}^{-1} \text{ kg}^{-1}$)**

Medición o estimación de la capacidad aeróbica



Capacidad aeróbica: Medición directa



Métodos indirectos para estimar la capacidad aeróbica

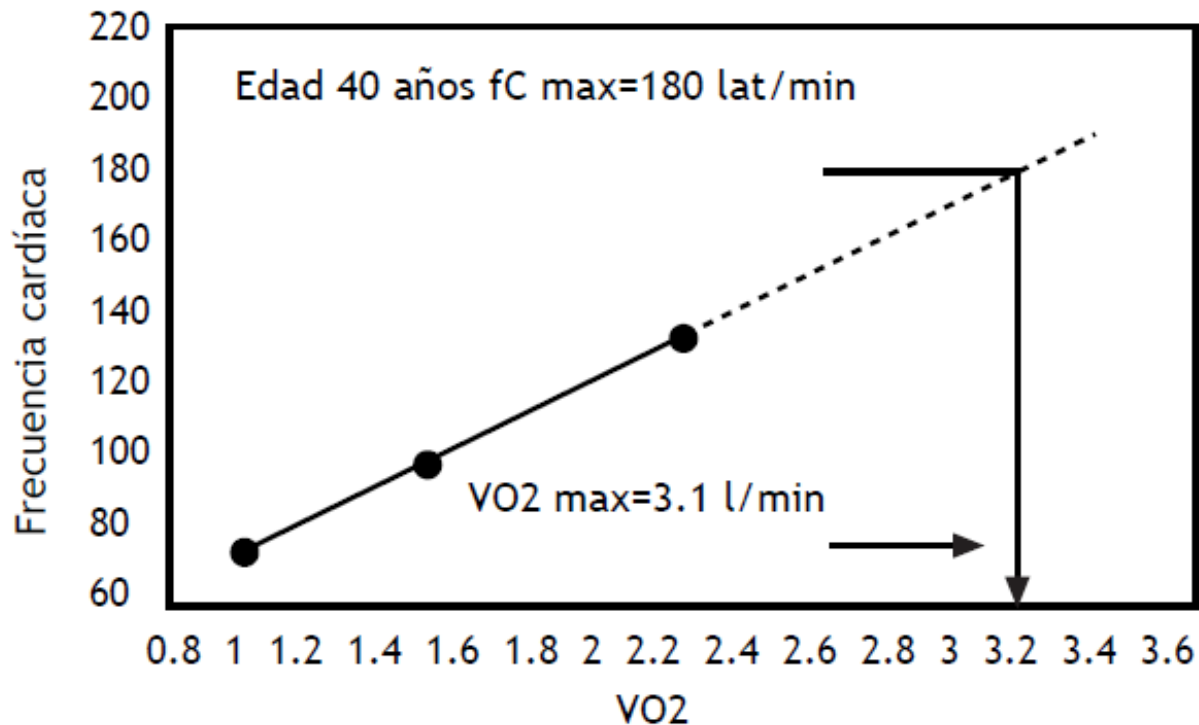
La mayor parte se basa en la relación directamente proporcional que existe entre la frecuencia cardíaca y el consumo de oxígeno



Método de extrapolación de Maritz

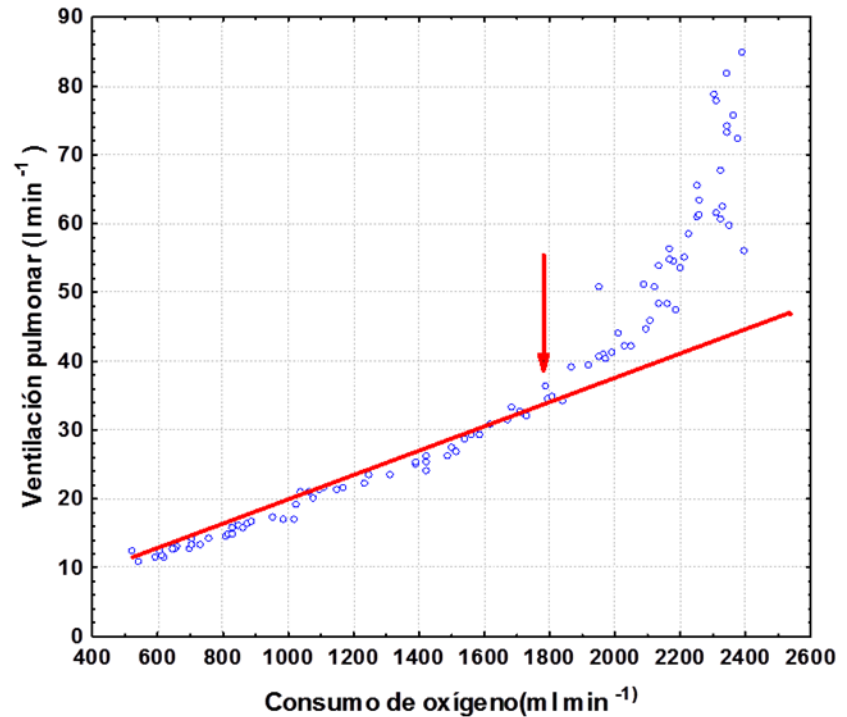
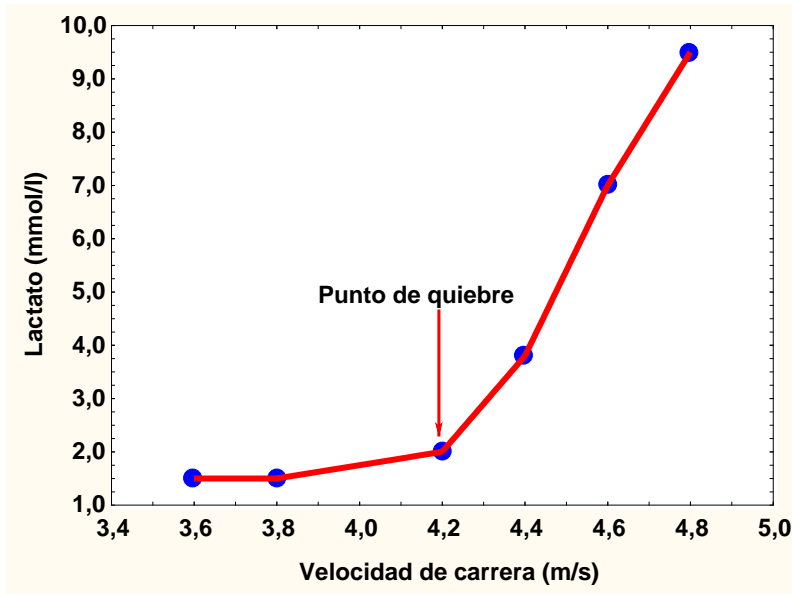
Es un método recomendable para evaluar personas mayores ya que la carga se puede ir regulando de acuerdo a la aptitud física de la persona sin someterla a excesos.

Tiene un error cercano al 10% por la estimación de la frecuencia cardíaca máxima



Viejos conceptos y nuevas tendencias: Umbral anaeróbico

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



Respuesta al esfuerzo laboral: Técnicas de terreno

- **Una vez que se conoce la capacidad de un trabajador, es importante evaluar su respuesta fisiológica en terreno.**
- **Las mejores alternativas son el consumo de oxígeno y la frecuencia cardíaca**



+

Equipo para medir consumo de oxígeno que permite estimar gasto de energía



Lo más práctico y menos invasivo

FRECUENCIA CARDIACA

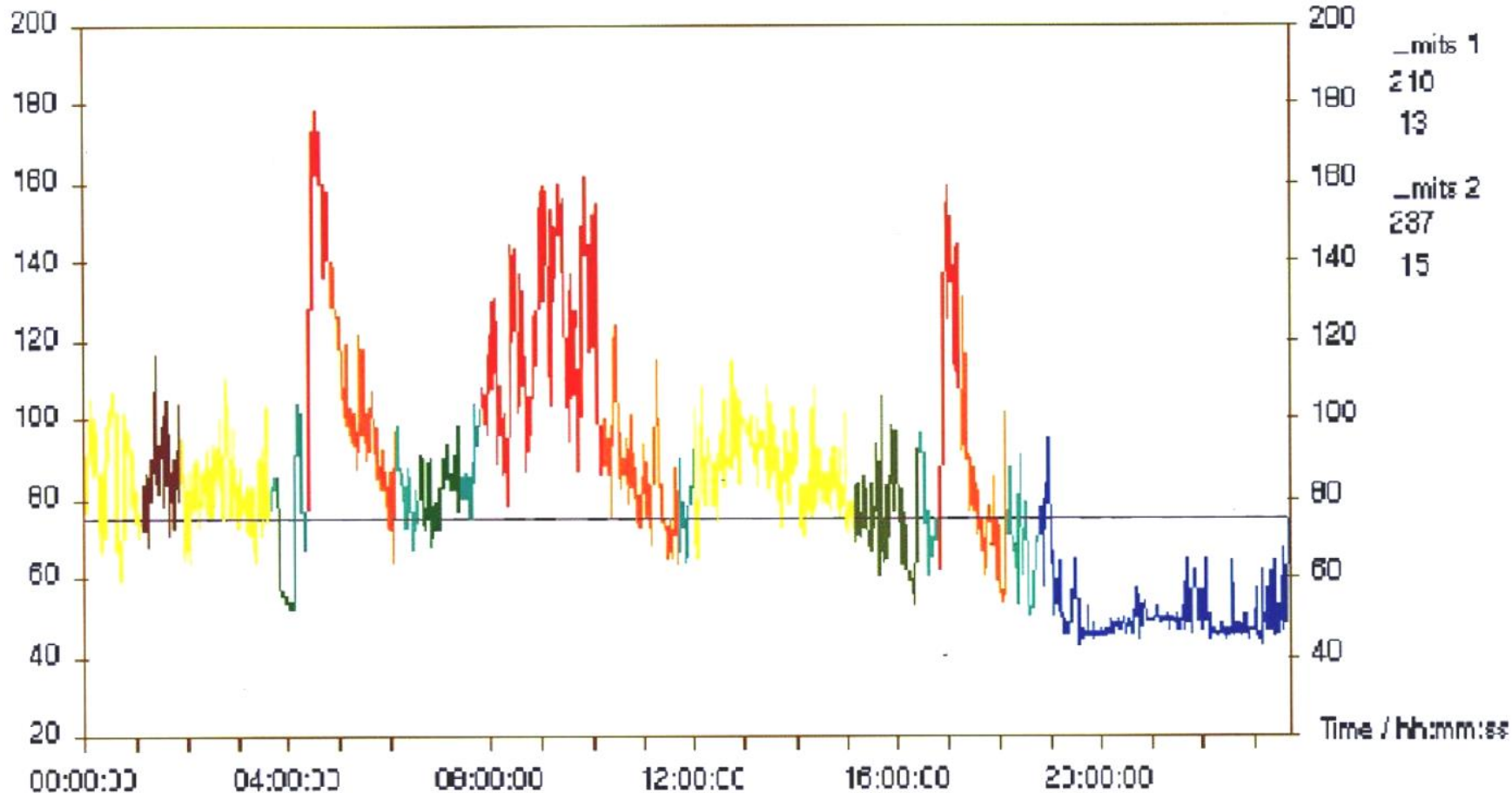
- **Es un buen indicador de:**
 - **La carga fisiológica derivada del trabajo físico**
 - **la exposición a calor**
 - **La combinación trabajo físico y calor**








EQUIPO POLAR PARA LA MEDICION DE LA FRECUENCIA CARDIACA



Corre
HR / bpm



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

¿Y COMO EVALUAR LA COMPOSICION CORPORAL?

MASA CORPORAL

MASA GRASA

MASA LIBRE DE GRASA

MASA OSEA

MASA MUSCULAR

MASA RESIDUAL

Gold estándar: densidad corporal

Se requiere medir el volumen corporal y descontar los volúmenes pulmonares



TECNICAS DE TERRENO

IMPEDANCIA

- **La impedancia bioelectrica mide la fuerza y velocidad de una señal eléctrica que pasa a traves del cuerpo**
- **La corriente se desplaza mas rápidamente a través de los músculos que de la grasa**



Pliegues de grasa subcutánea



RESULTADOS DE ESTUDIOS EN POBLACIONES ADULTAS DE DISTINTAS EDADES

**Como establecimos las diferencias
entre activos y sedentarios**

Criterios promedio para calificar un trabajo como pesado

Ponderación	Criterio
4 Pesado: Muy activo	Porcentaje de carga cardiovascular superior a 40 %
3 Moderado: Activo	Porcentaje de carga cardiovascular entre 30 y 40 %
2 Liviano: Sedentario	Porcentaje de carga cardiovascular entre 20 y 29 %
1 Muy liviano. Muy sedentario	Porcentaje de carga cardiovascular inferior a 20 %

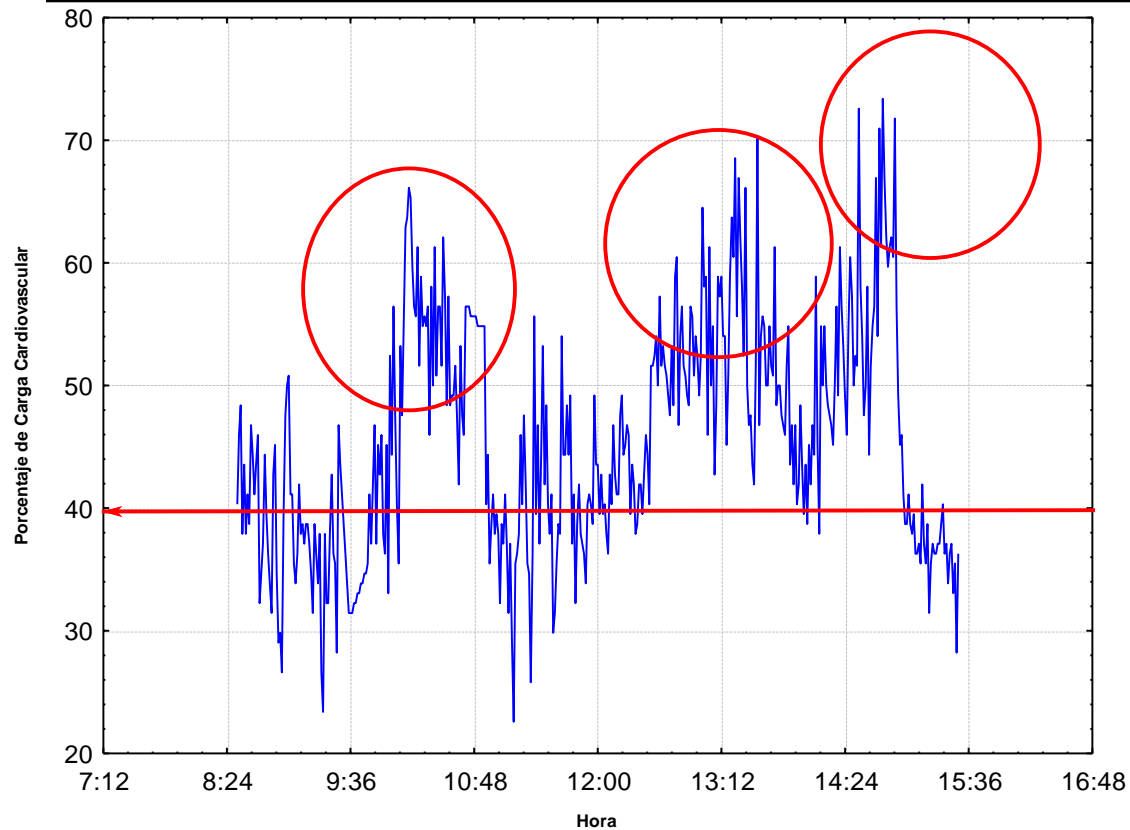
EJEMPLO ACTIVO: MANTENEDOR MECANICO

Estudio de tiempo y carga física de trabajo

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	Mantenición 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%
Tiempo total de evaluación	6 horas, 45 minutos		

Gráfico del Porcentaje de Carga Cardiovascular durante la jornada de trabajo

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



Inicio	Actividad	Término	Tiempo de la actividad	Porcentaje de la actividad					
					14:11	Ocupa computador, lee documentos	14:19	0:08	1,50
					14:19	Sale de oficina	14:20	0:01	0,19
					14:20	Vuelve a oficina, habla por teléfono	14:22	0:02	0,37
8:35	Se coloca polar	8:37	0:02	0,37	14:22	Sale de oficina, habla por teléfono	14:27	0:05	0,93
					14:27	Sale de oficina	14:28	0:01	0,19
8:37	Ocupa computador, lee documentos	8:50	0:13	2,43	14:28	Vuelve a oficina, ocupa computador, lee documentos	14:36	0:08	1,50
8:50	Sale camina bodega material	8:57	0:07	1,31					
8:57	Vuelve, conversa, ocupa computador, lee documentos	9:05	0:08	1,50	14:36	Sale a bodega, camina.	14:52	0:16	2,99
					14:52	Ocupa computador, lee documentos	14:53	0:01	0,19
9:05	Sale camina	9:15	0:10	1,87	14:53	Sale a bodega, camina.	16:00	1:07	12,52
9:15	Vuelve, saca documentos de archivador, se sienta y ocupa computador	9:17	0:02	0,37	16:00	Ocupa computador, lee documentos	16:59	0:59	11,03
					16:59	Ocupa computador, lee documentos	17:04	0:05	0,93
9:17	Sale, vuelve a oficina, camina	9:18	0:01	0,19	17:04	Sale a bodega, camina.	17:11	0:07	1,31
9:18	Ocupa computador, lee documentos	9:24	0:06	1,12	17:11	Ocupa computador, lee documentos	17:15	0:04	0,75
9:24	Sale de oficina, entrega documentos en bodega	9:25	0:01	0,19	17:15	Sale a bodega, camina.	17:20	0:05	0,93
					17:20	Ocupa computador, lee documentos	17:30	0:10	1,87
9:25	Vuelve a oficina, ocupa computador, lee documentos	9:28	0:03	0,56	17:30	Se retira polar	17:30	0:00	0,00
					17:30	Término del estudio	--		
9:28	Conversa, camina por oficina	9:29	0:01	0,19		Tiempo de evaluación	8:55	8:55:00	100,00
9:29	Ocupa computador, lee documentos	9:36	0:07	1,31					
9:36	Sale a bodega, camina.	9:38	0:02	0,37					
9:38	Ocupa computador, lee documentos	9:39	0:01	0,19					
9:39	Sale a bodega, camina.	9:42	0:03	0,56					
9:42	Ocupa computador, lee documentos	9:47	0:05	0,93					
9:47	Sale a bodega, camina.	9:49	0:02	0,37					
9:49	Ocupa computador, lee documentos	10:05	0:16	2,99					
10:05	Sale de oficina a entregar material	10:24	0:19	3,55					
10:24	Vuelve a oficina, responde encuesta	10:26	0:02	0,37					
10:26	Sale a patio	10:28	0:02	0,37					
10:28	Ocupa computador, lee documentos	10:30	0:02	0,37					
10:30	Camina por oficina, conversa	10:33	0:03	0,56					
10:33	Ocupa computador	10:37	0:04	0,75					
10:37	Responde encuesta	10:57	0:20	3,74					
10:57	Ocupa computador	11:13	0:16	2,99					
11:13	Conversa, camina por oficina	11:15	0:02	0,37					
11:15	Ocupa computador, lee documentos	11:17	0:02	0,37					
11:17	Sale de oficina, camina a bodega	12:00	0:43	8,04					
12:00	Almuerza	13:15	1:15	14,02					
13:15	Vuelve a oficina, ocupa computador, lee documentos	13:17	0:02	0,37					
13:17	Revisa material en bodega	13:24	0:07	1,31					
13:24	Ocupa computador, lee documentos	13:26	0:02	0,37					
13:26	Sale de oficina, camina a bodega, revisa materiales y conversa	13:56	0:30	5,61					
13:56	Ingresa a oficina, sale a bodega, camina	14:11	0:15	2,80					

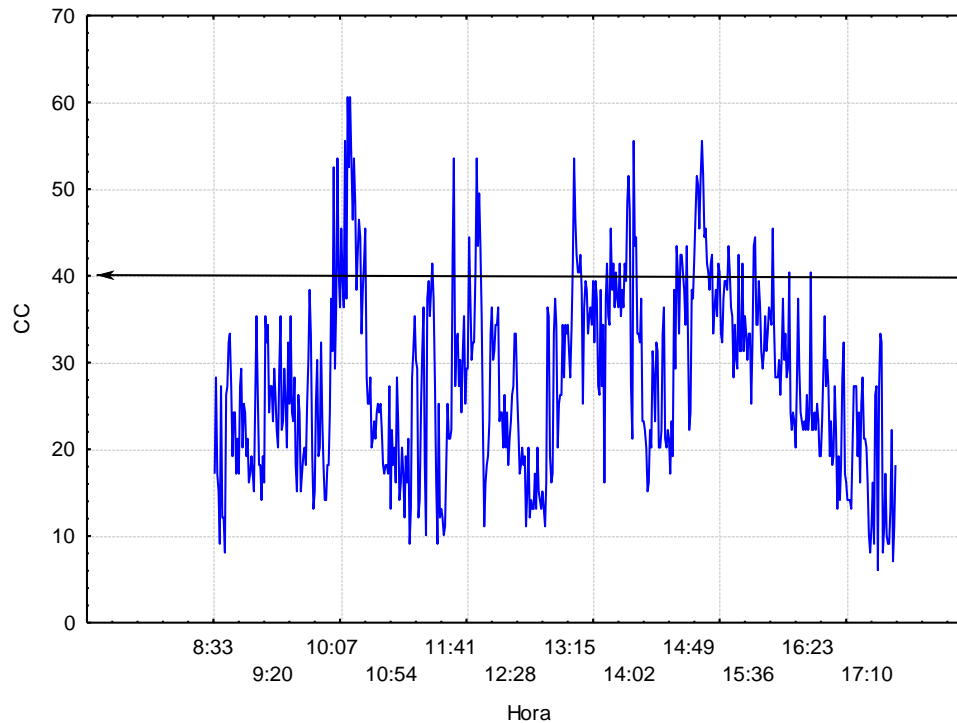
**EJEMPLO
SEDENTARIO:
Lider sección
recepción**

RESUMEN ESTUDIO DE TIEMPOS

Actividad	Tiempo (minutos)	Porcentaje
Principal	7:13:00	80,9
Secundaria	0:27:00	5,0
Pausas	1:15:00	14,0
Total	8:55:00	100,00

CARGA CARDIOVASCULAR

Variable					
	n	Promedio	Mínimo	Máximo	D.E.
FC	539	87,9	66,0	120,0	10,5
CC	539	28,2	6,1	60,6	10,6



En este trabajador el aumento de la carga cardiovascular al caminar es producto de su sedentarismo.



Variable	Unidad	
Peso Corporal	kg	85.9
Masa Grasa	%	33,8
Masa Grasa	kg	29,0
IMC		30.8

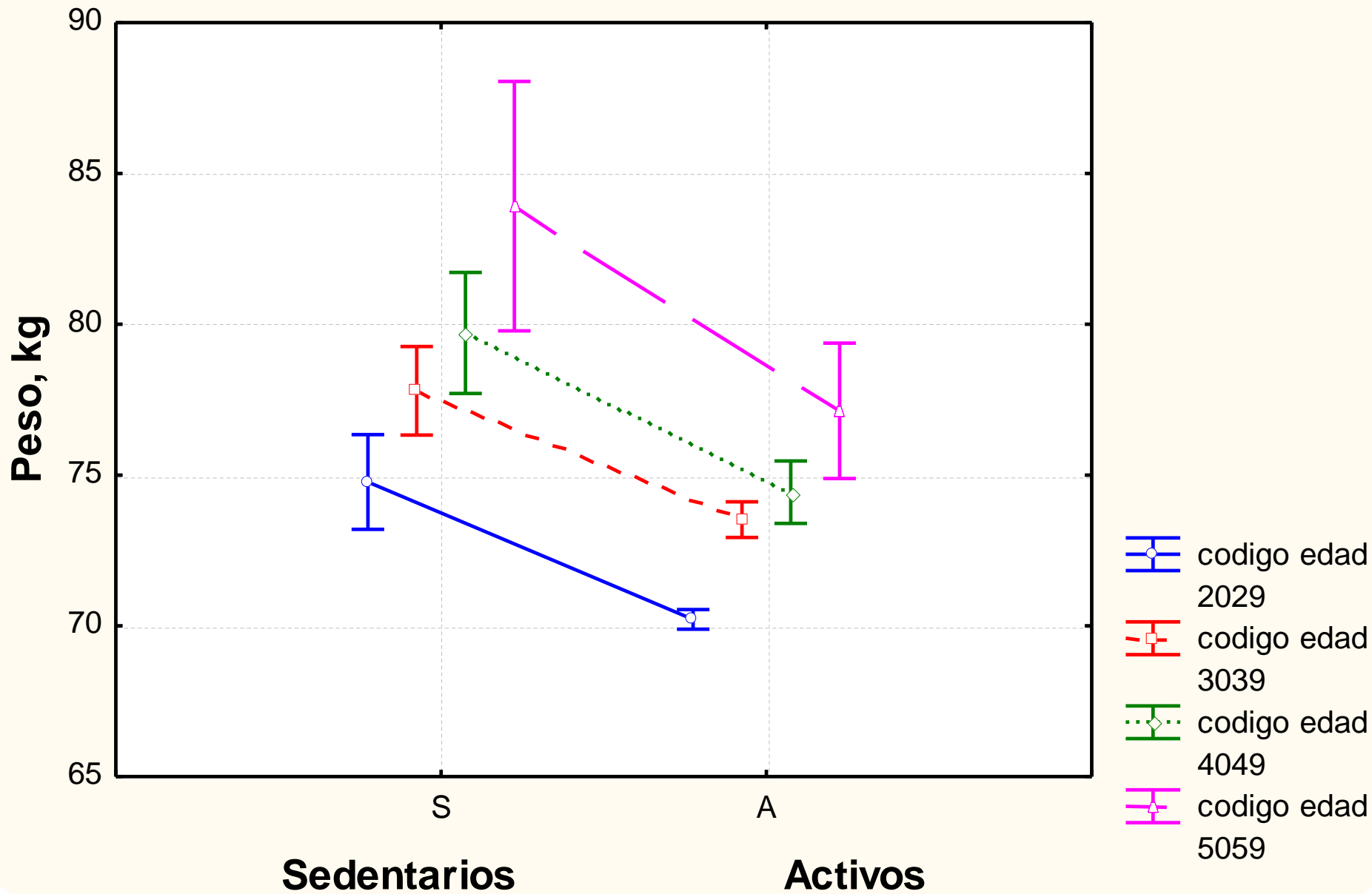
Base muestral n= 6073

Variable	n 6073			
	Promedio	Mínimo	Máximo	D.E.
Edad años	27,3	15,0	60,0	8,11
Peso kg	71,5	43,1	129,5	10,12
Estatura cm	168,6	148,0	196,2	5,92
Pliegue Bicipital. mm	4,2	1,4	18,0	1,59
Pliegue Tricipital, mm	9,5	0,0	28,2	3,30
Pliegue Subescapular, mm	13,4	0,0	48,0	5,56
Pliegue Suprailiaco. mm	16,0	3,7	48,2	6,84
% Masa grasa	17,9	4,4	39,4	5,07
Kg masa grasa	13,2	2,4	44,9	5,22
Kg Masa libre de grasa (MLG)	58,5	38,2	84,7	6,33
MLG/m estatura	34,6	24,2	49,4	3,16
IMC	25,1	17,2	41,1	3,16
Frecuencia cardíaca de reposo	62,2	39,0	99,0	8,64
PW170	1237,4	525,3	2307,4	231,69
Capacidad aeróbica, l/min	3,3	1,5	6,0	0,58
Capacidad aeróbica, ml/min/kg	46,8	18,8	89,9	9,08

Peso corporal varones activos y sedentarios clasificados por rango de edad (n = 6073)

	Rango de edad (años)	PESO kg Promedio	PESO kg Dsviación Estándar	PESO kg Minimo	PESO kg Maximo
Sedentarios	20-29	74,8	11,5	43,1	129,5
Sedentarios	30-39	77,8	10,8	53,9	108,0
Sedentarios	40-49	79,7	12,9	46,5	125,0
Sedentarios	50-59	83,9	12,6	58,3	114,5
Activos	20-29	70,2	9,3	45,0	116,9
Activos	30-39	73,5	10,1	45,0	118,9
Activos	40-49	74,4	9,7	51,9	112,1
Activos	50-59	77,1	8,5	60,8	94,4

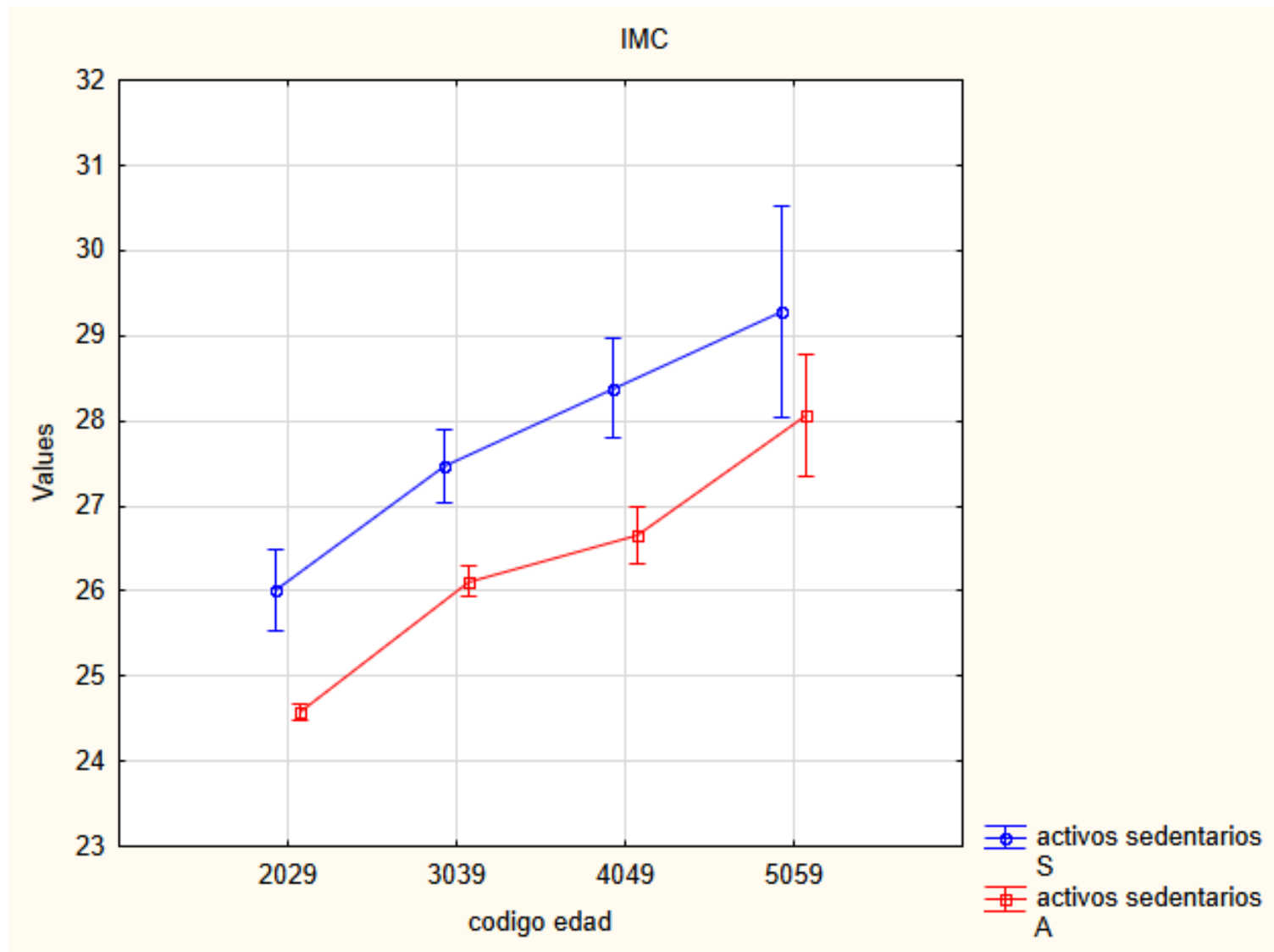
Peso Corporal segun edad en varones activos y sedentarios



IMC por edad activos y sedentarios

activos sedentarios	edad	IMC Means	IMC Std.Dev.
S	2029	26,0	3,55
S	3039	27,5	3,22
S	4049	28,4	3,77
S	5059	29,3	3,80
A	2029	24,6	2,75
A	3039	26,1	3,04
A	4049	26,7	3,05
A	5059	28,1	2,74

IMC por edad activos y sedentarios



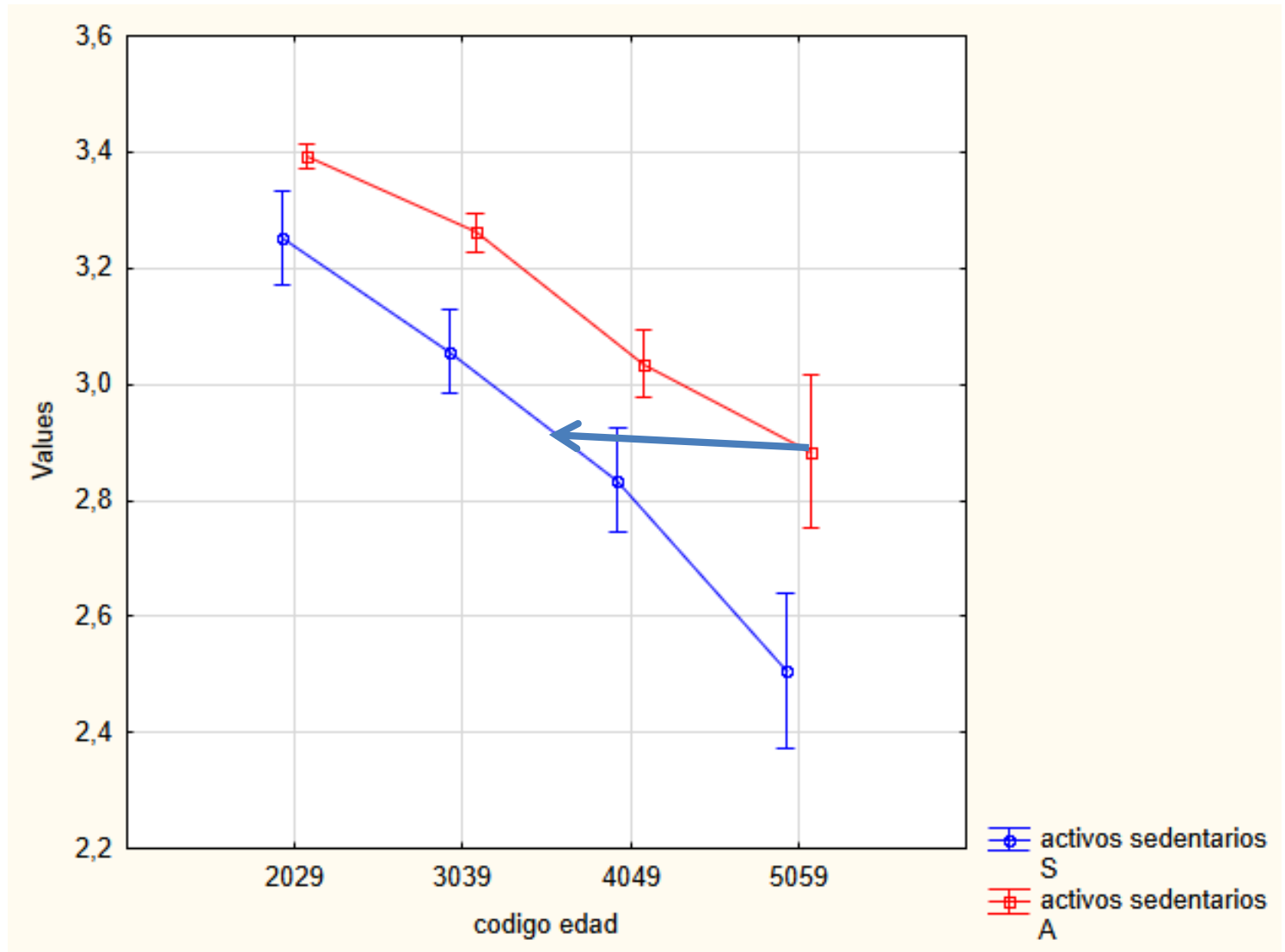
Aptitud física, actividad y edad

Capacidad aeróbica en activos y sedentarios

Edad	activos sedentarios	Capacidad aeróbica l/min Means	Capacidad aeróbica l/min Std.Dev.	Capacidad aeróbica l/min Minimum	Capacidad aeróbica l/min Maximum
2029	S	3,25	0,59	1,61	5,03
2029	A	3,39	0,58	1,57	6,03
3039	S	3,06	0,53	1,62	4,49
3039	A	3,26	0,55	1,48	5,70
4049	S	2,83	0,57	1,53	4,98
4049	A	3,04	0,54	1,76	5,02
5059	S	2,51	0,40	1,64	3,33
5059	A	2,88	0,49	1,86	4,12

Aptitud física, actividad y edad

Capacidad aeróbica en activos y sedentarios

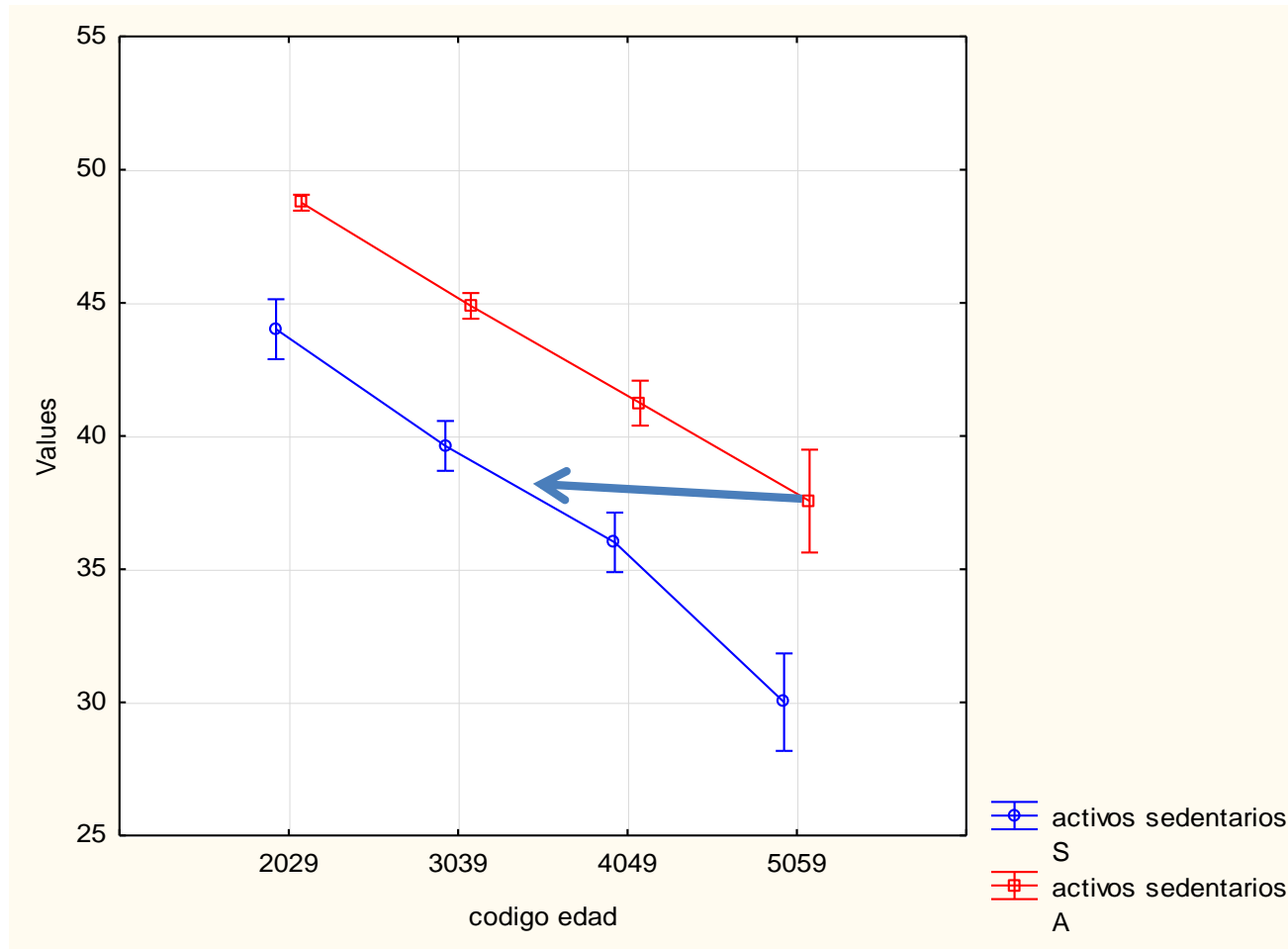


Aptitud física, actividad y edad

Capacidad aeróbica en activos y sedentarios

Edad	activos sedentarios	Capacidad aeróbica ml/min/kg Means	Capacidad aeróbica ml/min/kg Std.Dev.	Capacidad aeróbica ml/min/kg Minimum	Capacidad aeróbica ml/min/kg Maximum
2029	S	44,0	8,22	23,5	69,2
2029	A	48,8	8,44	20,4	89,9
3039	S	39,6	6,85	18,8	59,9
3039	A	44,9	8,21	21,6	74,3
4049	S	36,0	7,12	19,6	65,6
4049	A	41,2	7,81	23,4	66,2
5059	S	30,0	5,49	21,3	41,5
5059	A	37,6	7,14	23,6	58,3

Capacidad aeróbica en activos y sedentarios por grupos de edad

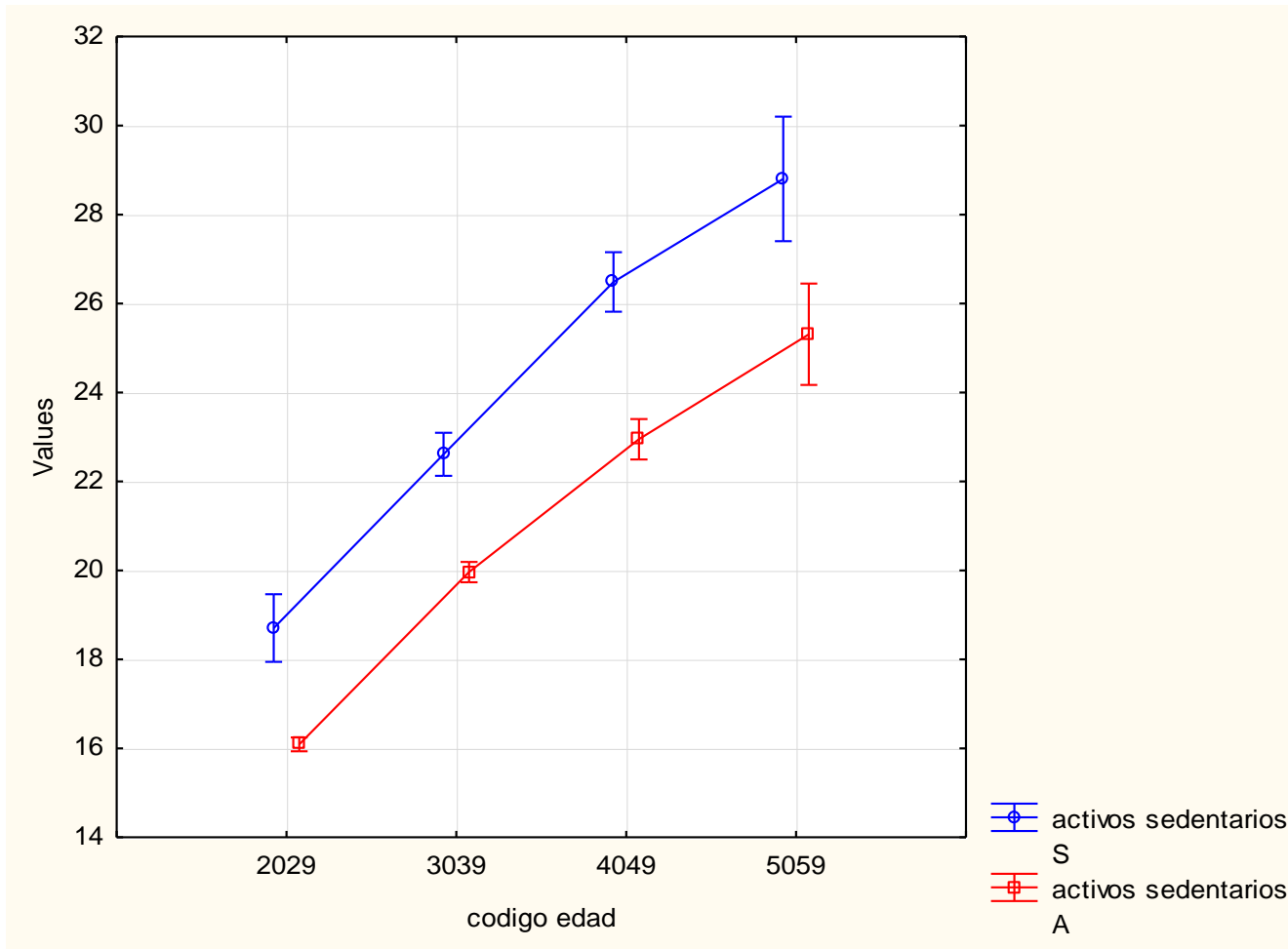


Composicion corporal, actividad y edad

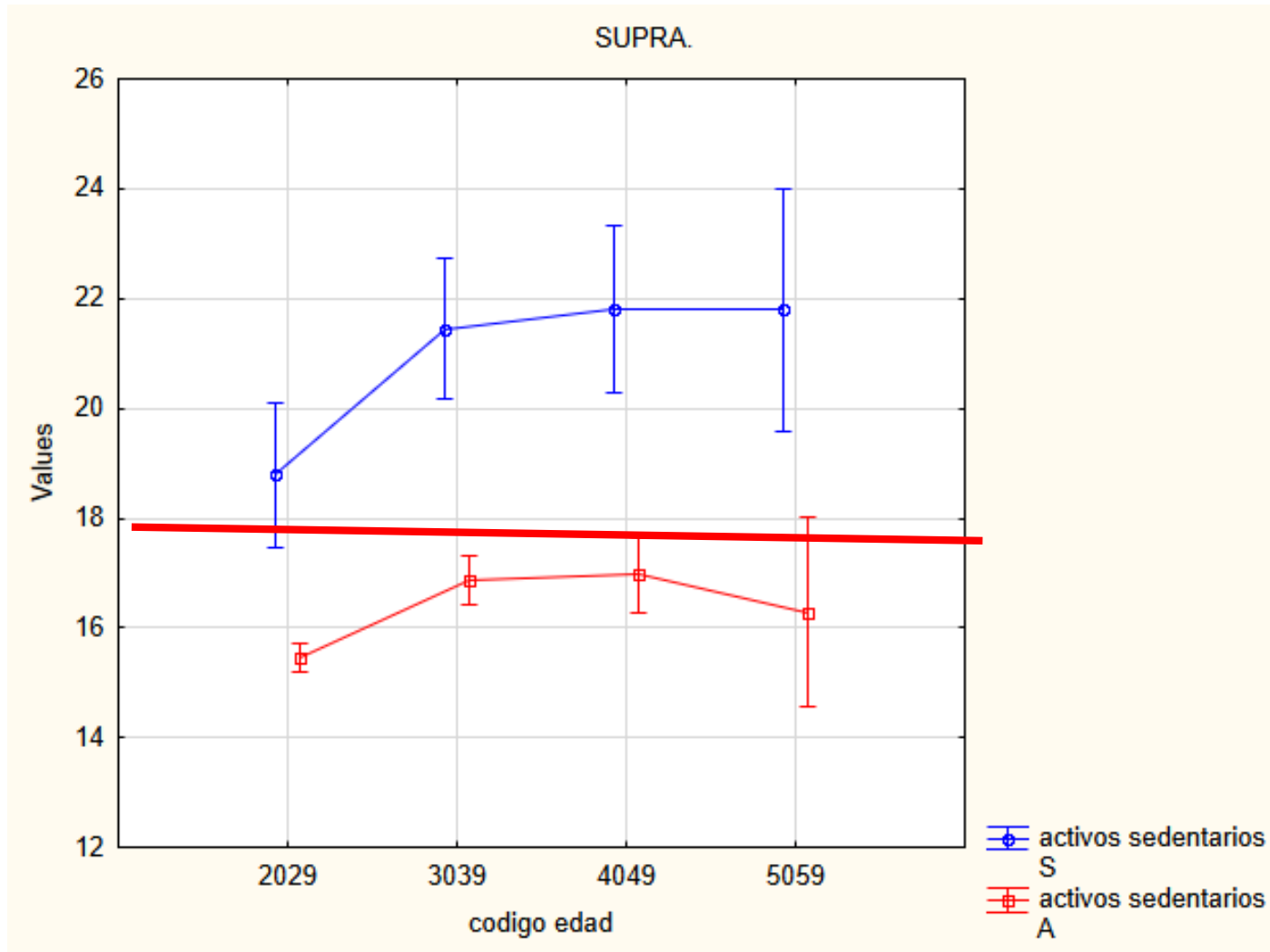
edad	activos sedentarios	% GRASA (P) Means	% GRASA (P) Std.Dev.
2029	S	18,7	5,21
2029	A	16,1	4,13
3039	S	22,6	3,43
3039	A	20,0	3,72
4049	S	26,5	4,19
4049	A	22,9	4,13
5059	S	28,8	4,20
5059	A	25,3	4,09

Composicion corporal, actividad y edad

% masa grasa



Pliegue suprailiaco por edad y actividad física



**APLICACIONES
EJEMPLOS DE EVALUACION DE
ACTIVIDADES DE ALTAS
EXIGENCIAS**

**ESTUDIOS DE CASO EN LA MINERIA
CHILENA REAFIRMAN SU IMPORTANCIA**

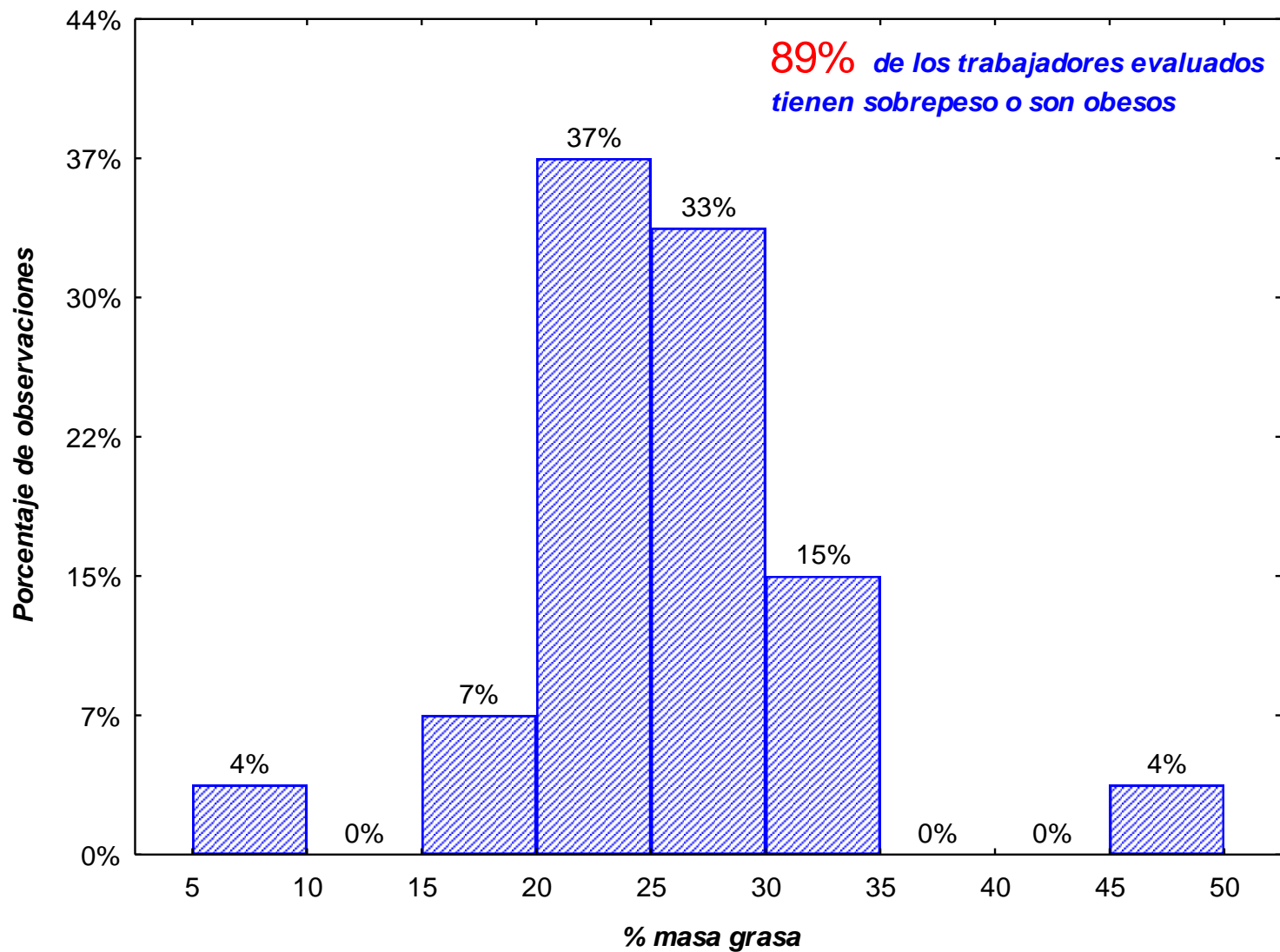
Deterioro de la aptitud física y el impacto en la sobrecarga fisiológica laboral en trabajadores mineros



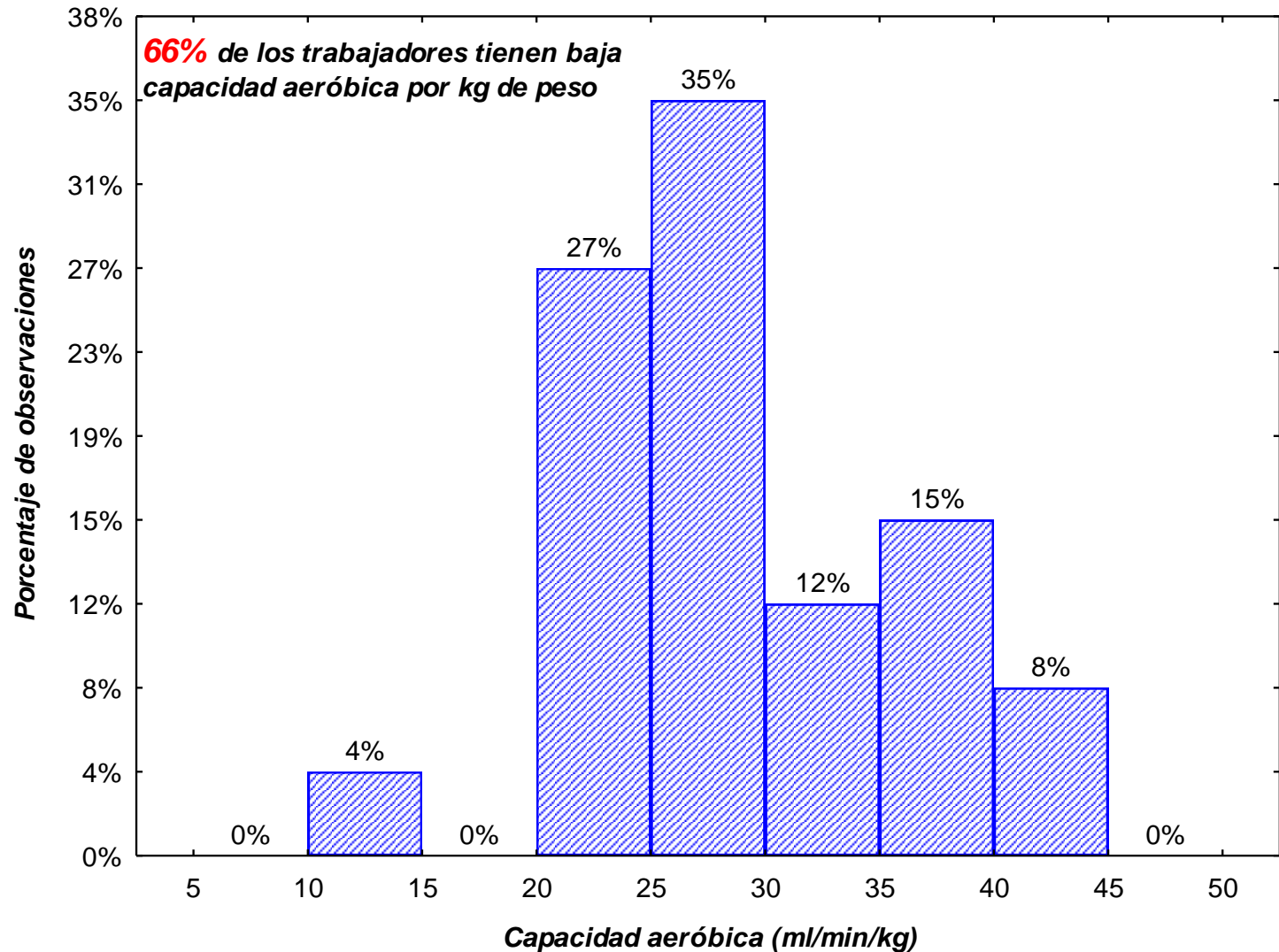
Características de un grupo de 27 trabajadores de una fundición de cobre

Variable				
	Promedio	Mínimo	Máximo	D.E.
Experiencia(años)	14,7	0,7	36,0	9,43
Edad (años)	42,0	22,0	61,0	9,49
Peso (kg)	82,6	54,5	118,9	14,42
Estatura (cm)	170,7	150,0	198,0	8,83
IMC	28,3	20,7	40,7	4,05
%de grasa	25,7	9,8	46,1	6,70
Peso masa grasa (kg)	21,9	5,9	54,8	9,29
Peso masa libre de grasa (kg)	60,7	43,4	77,8	7,46
Masa libre de grasa (kg)/ estatura (n	35,5	28,5	42,2	2,99
Capacidad aeróbica (l/min)	2,3	1,5	3,9	0,56
Capacidad aeróbica (ml/min/kg)	28,8	12,7	43,8	7,21

Porcentaje de masa grasa de 27 trabajadores de una fundición de cobre



Capacidad aeróbica (ml/min/kg) de trabajadores de una fundición de cobre



Regresión paso a paso entre capacidad aeróbica y algunas características de los trabajadores

$$VO_2 \text{ max} = 54.4 - 0.55 * \%MG - 0.28 * \text{Edad}$$

Donde:

VO2 max = Capacidad aeróbica en ml/min/kg

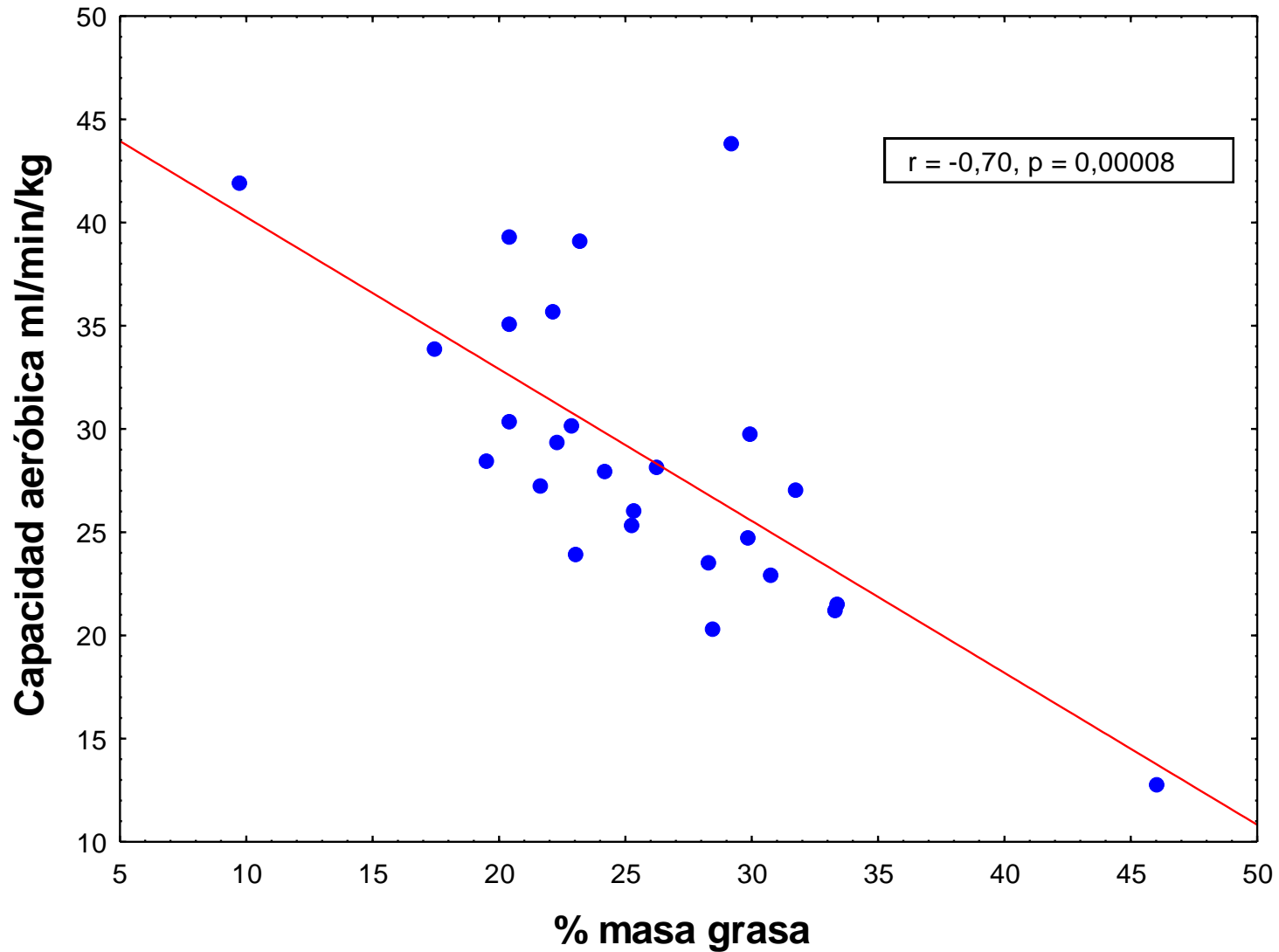
Masa grasa expresada en porcentaje

Edad expresada en años

Indicadores estadísticos: $R^2 = 0.76$ $p = 0.0004$

Variable	Step +in/-out	Multiple R	Multiple R-square	R-square change	F - to entr/rem	p-level
%GRASA (T)	1	0,694850	0,482817	0,482817	21,47167	0,000116
EDAD años	2	0,759628	0,577035	0,094218	4,90067	0,037519

Capacidad aeróbica versus % masa grasa



Carga cardiovascular: Efecto de la temperatura radiante y de la capacidad aeróbica

$$\%CC = 43.0 - 0.93 * CA \text{ (ml/min/kg)} + 0.43 * \text{Temp Globo (}^{\circ}\text{C)}$$

Variable	Step	Multiple	Multiple	R-square	F - to	p-level
	+in/-out	R	R-square	change	entr/rem	
Capacidad aeróbica ml/min/kg	1	0,72	0,52	0,52	9,68	0,012
Temperatura globo promedio	2	0,86	0,74	0,22	6,75	0,032
TGBH promedio	3	0,88	0,78	0,04	1,28	0,296

Estos resultados son un antecedente objetivo que revela la necesidad urgente de mejorar la aptitud física de los trabajadores de la minería chilena.

Para ello es necesario encontrar estrategias para motivar a los trabajadores a mejorar sus hábitos de alimentación e incrementar su actividad física

Otro ejemplo del impacto de la edad y la capacidad aeróbica con rendimiento en trabajos manuales dinámicos de alta carga fisiológica



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

* RENDIMIENTO VERSUS:	r
<i>Edad (años)</i>	- 0.86
Peso (kg)	- 0.01
Estatura (cm)	0.64
Masa grasa(%)	- 0.70
Masa libre de grasa(kg)	0.52
<i>Capacidad aeróbica (l O₂ /min)</i>	<i>0.91</i>

*** Rendimiento expresado en árboles podados por jornada**

Rendimientos individuales y número de jornadas evaluadas en ocho podadores capacitados

Trabajadores	Jornadas de estudio	Rendimiento
1	3	68.2
2	3	72.2
3	2	67.4
4	3	78.3
5	3	79.5
6	3	84.2
7	1	75.9
8	2	82.6

Relación entre rendimiento edad y VO_2 max

- **INDICADORES ESTADISTICOS:**
- **R MULTIPLE = 0.91**
- **R CUADRADO = 0.83**
- **ERROR ESTANDAR = 2.78**
- **p < 0.000**
- ***árboles podados por jornada**

Rendimiento y capacidad aeróbica en poda alta con escaladores

CAPACIDAD AEROBICA

(litros de oxígeno por minuto)

RENDIMIENTO

(árboles podados jornada)

2.50

62.6

3.25

68.4

4.50

78.1

El trabajador más joven y de mejor capacidad alcanza un rendimiento medio 25% superior pero los de mayor edad logran mejor calidad

MUNDO RURAL Y TEMAS SOCIALES

LA CALIDAD DE VIDA LABORAL PARA PREVENIR EL ENVEJECIMIENTO PREMATURO SE PUEDE LOGRAR CUANDO AL MENOS

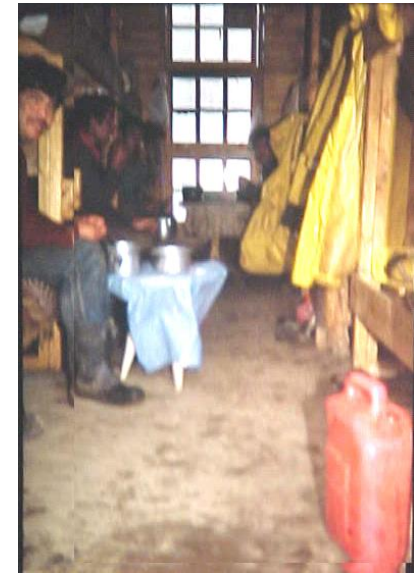
- **Las condiciones en torno al trabajo son también adecuadas, por ejemplo campamentos y alimentación**
- **Las exigencias del trabajo se establecen en base a las capacidades y limitaciones de las personas**
- **Los salarios son proporcionales al esfuerzo desplegado en la tarea**

Antes de finalizar

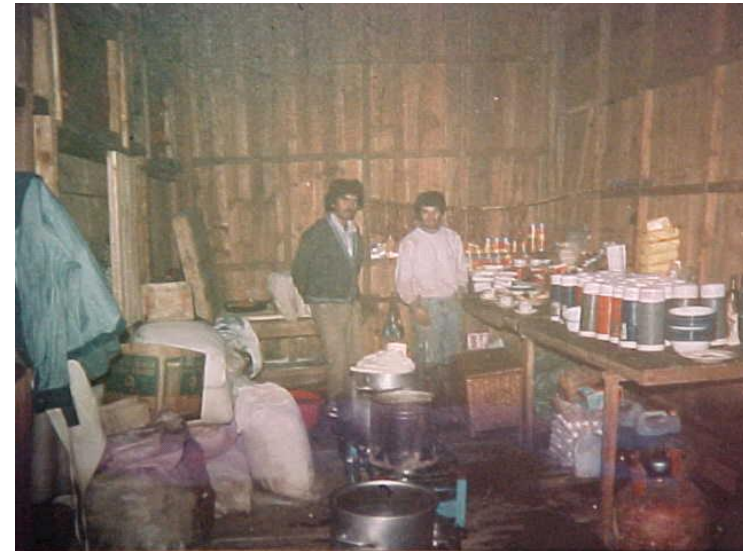
UNA PREGUNTA



Se puede prevenir el envejecimiento en trabajadores que subsisten bajo estas condiciones ?



Decada del 70



META ERGONOMICA: mejorar la calidad de vida en torno al trabajo

El desafío: LOGRARLO



Comienzos de los 90



Y SEGUIR MEJORANDO.....



2015

