



# EVALUACIÓN DE LA CAPACIDAD FUNCIONAL: *Pruebas de Aptitud Física y Ergométricas*

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

 Web: <http://www.saludmed.com/>

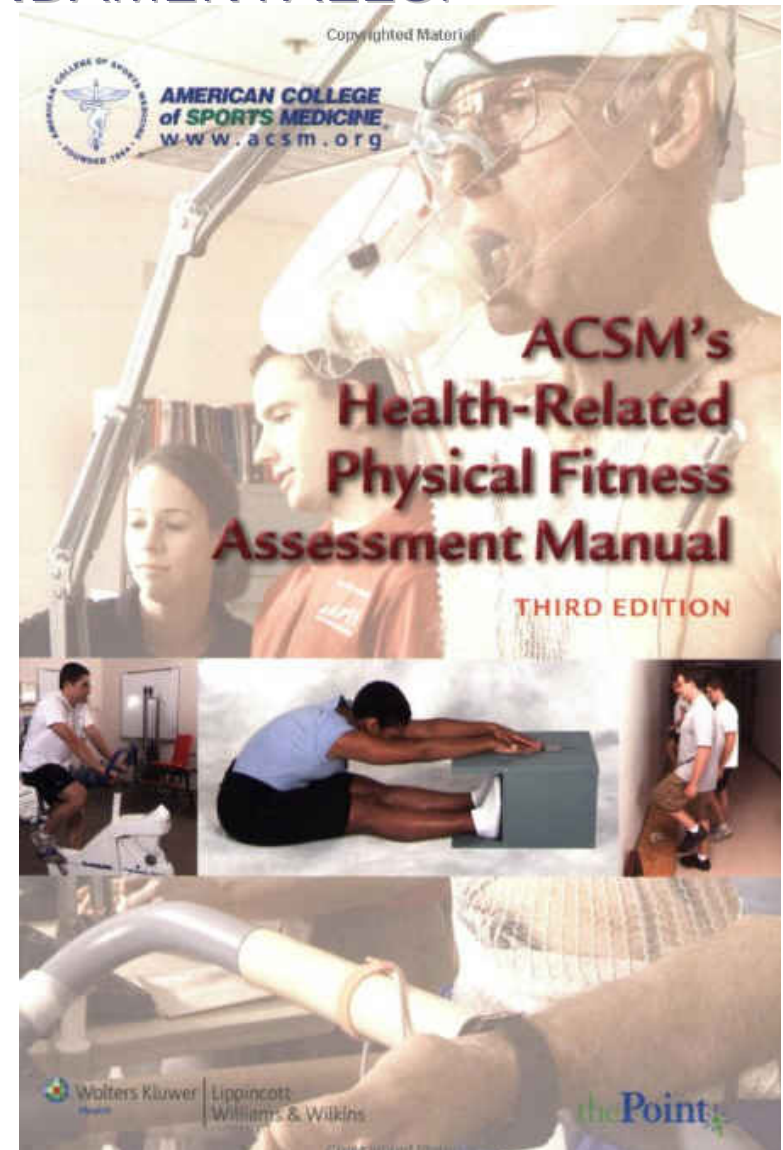
 E-Mail: [elopategui@intermetro.edu](mailto:elopategui@intermetro.edu)  
[elopategui@gmail.com](mailto:elopategui@gmail.com)

 Curso: <http://www.saludmed.com/ejercicio/ejercicio.html>



Saludmed 2013, por [Edgar Lopategui Corsino](#), se encuentra bajo una licencia "[Creative Commons](#)", de tipo: [Reconocimiento-NoComercial-Sin Obras Derivadas 3.0. Licencia de Puerto Rico](#). Basado en las páginas publicadas para el sitio Web: [www.saludmed.com](http://www.saludmed.com).

## REFERENCIAS FUNDAMENTALES:





# PRESCRIPCIÓN DE EJERCICIO

**\* Bases \***



**Evaluación Objetiva de la Aptitud Física  
(Pruebas de Ejercicio)**



**Variables Fisiológicas Evaluadas**



**Frecuencia Cardíaca  
vía  
Electrocardiografía**



**Capacidad  
Funcional**



**Presión  
Arterial**



# LA PRESCRIPCIÓN DE EJERCICIO

## ◀ Flujo de Pasos a Seguir ▶

Entrevista con el Participante

↓  
Cuestionario de Salud

↓  
Examen Médico

↓  
Pruebas de Aptitud Física

↓  
**Rx Ejercicio**

LA

EVALUACIÓN

MÉDICA





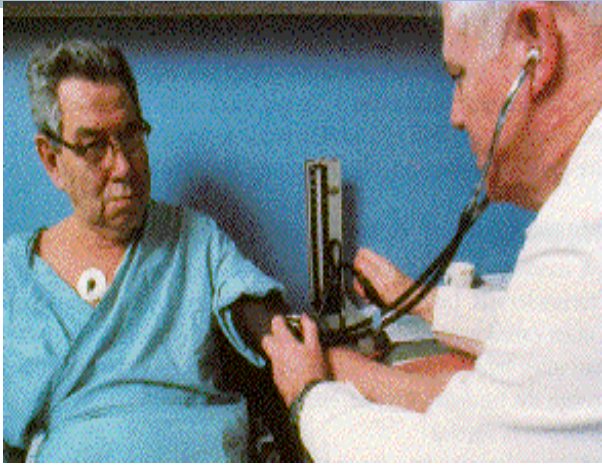
# EVALUACIÓN MÉDICA



**Propósito Principal**



**Determinar Contraindicaciones al Ejercicio**



# EVALUACIÓN MÉDICA



**Historial Médico**



**Examen Físico**



**Pruebas de Laboratorio**

## PHYSICAL ASSESSMENT NOTES

DATE Oct 12, 1980PATIENT'S NAME Lisa MertoniADDRESS 1192 Celtic Way, El Paso, TX

## VITAL SIGNS

HI	<u>5'6"</u>	Temp	<u>98.4° F</u>	BP supine	L <u>144/72</u>	R <u>120/76</u>
WT	<u>132 lbs.</u>	Resp	<u>16 reg.</u>	seated	L <u>118/70</u>	R <u>114/72</u>
Pulse	<u>80 apical, reg.</u>			standing	L <u>140/70</u>	R <u>118/68</u>

GENERAL SURVEY (gait, body build, dress, affect, mood, speech, apparent age, level of distress)

anxious. Looks older than stated age of 47

## SKIN

Hair dry. 4cm x 3cm oval tan patch on inner aspect of R thigh.

## HEAD

Scaler on scalp

## FACE

Crepitation of TMJ's

## EYES

Glasses OD 20/20 (-2), OS 20/30 (+1), OU 20/20

## EARS

Pinkish stain on R tympanic membrane at 3:00  
R external (EAC) auditory canal occluded, E cerumen.  
Hearing lateralized R. Bone. R air conduction > bone  
conduction; R air cond. & bone conduction

## NOSE

Septum slightly deviated to R

## MOUTH

Multiple fillings

## NECK

Carotids Ar. JVP 3 cm above sternal angle at 45°



WBC

0.7

RBC

5.00

MCH

PRUEBAS

HGB

15.7 DE

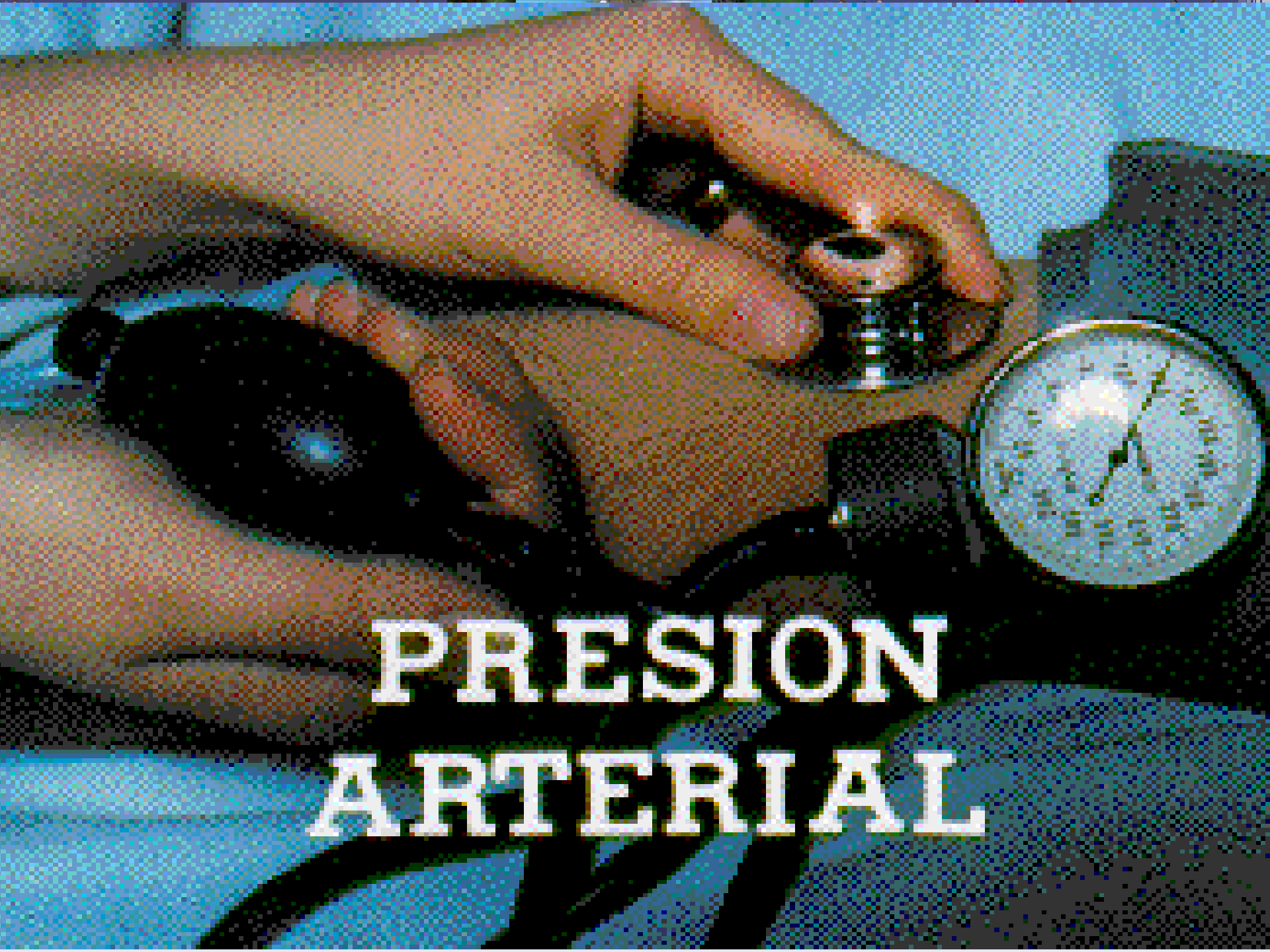
HCT

45.9

MCHC

PLT

LABORATORIO



# PRESION ARTERIAL

# ELECTRO- CARDIOGRAMA (EKG)

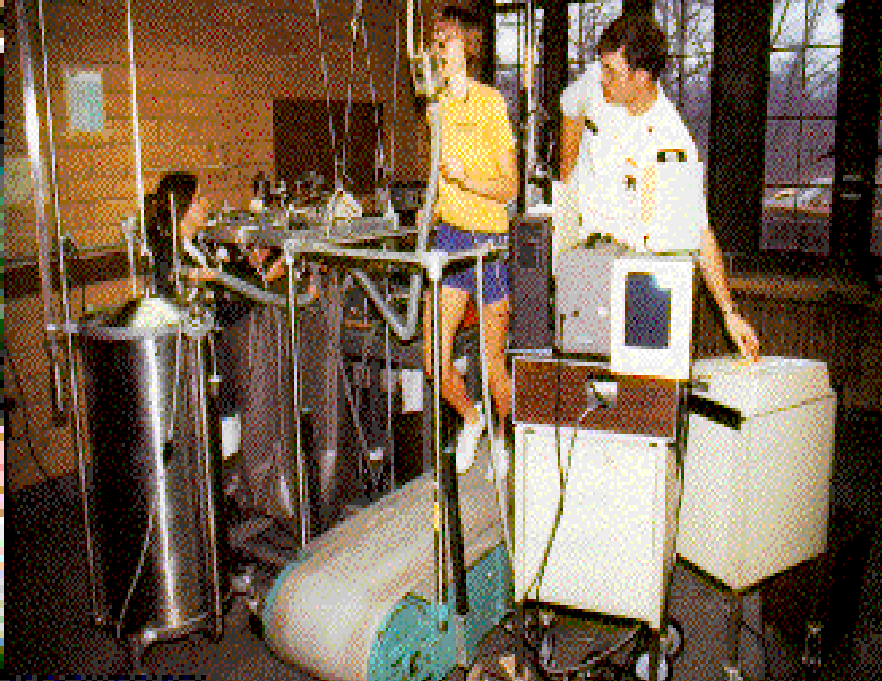
## EN REPOSO

## DE

## 12 DERIVACIONES



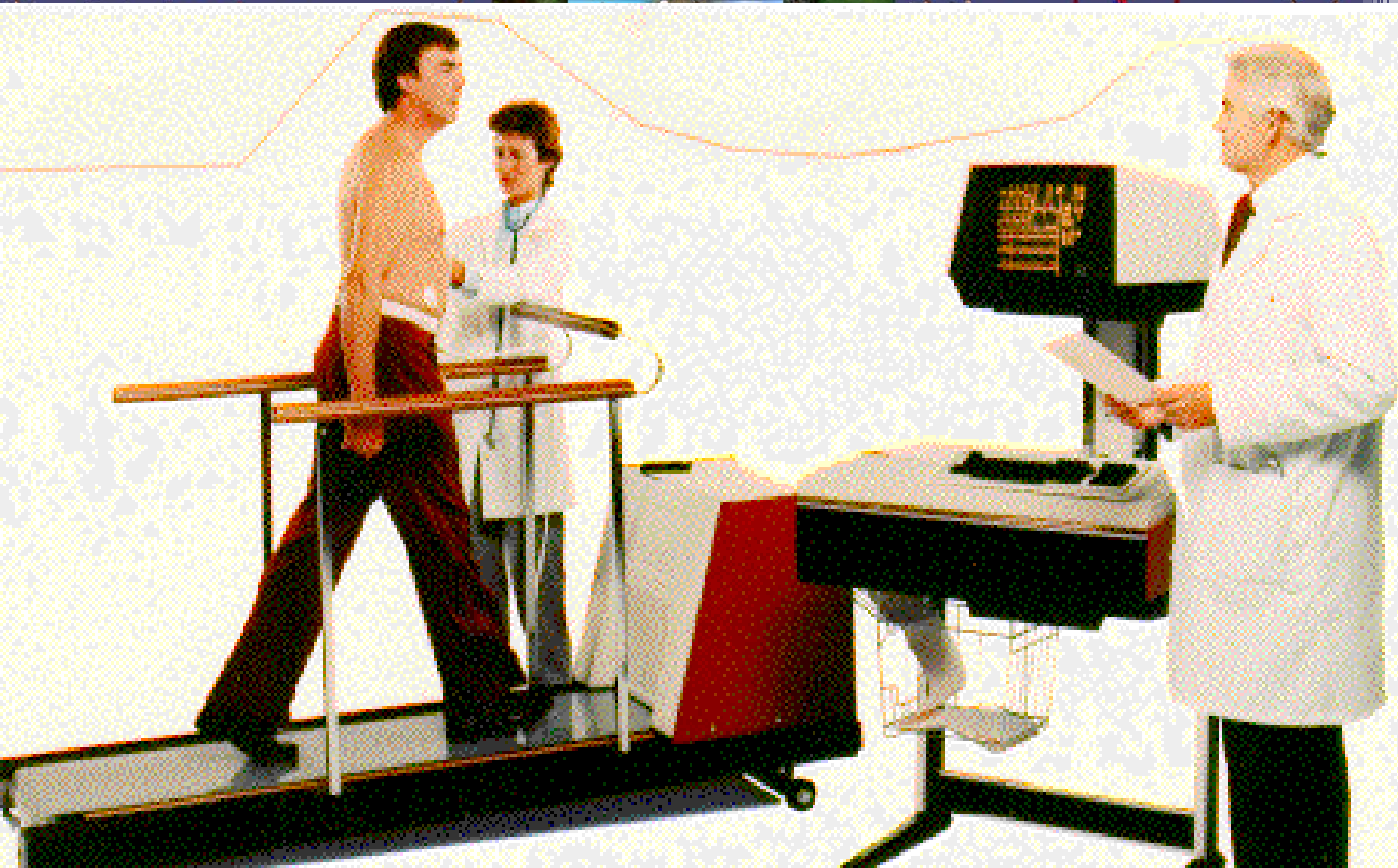
# **EVALUACIÓN DE LA APTITUD FÍSICA**



**CAPACIDAD**

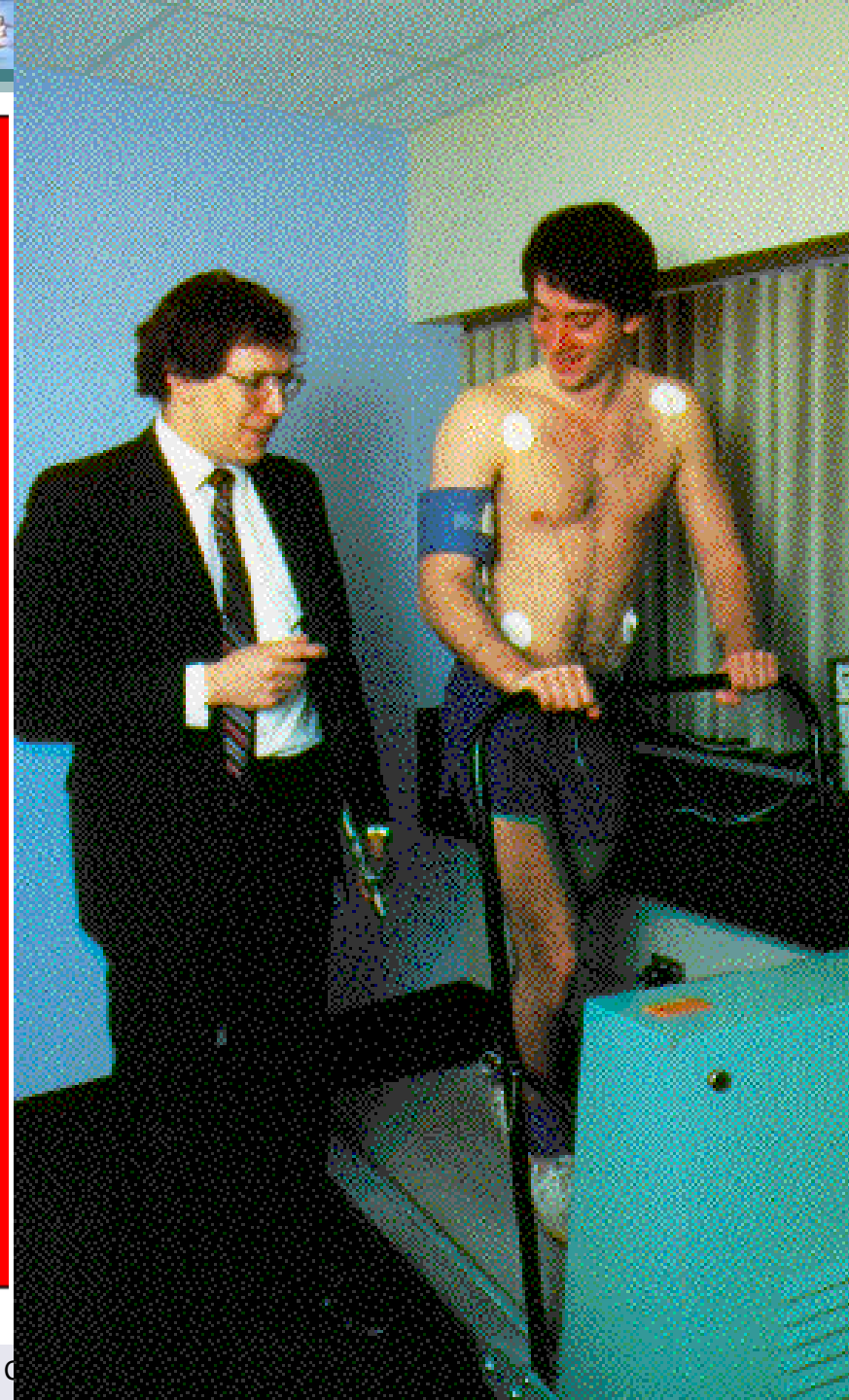
**AERÓBICA**





**PRUEBA EKG DE ESFUERZO**

# PRUEBA EKG DE ESFUERZO



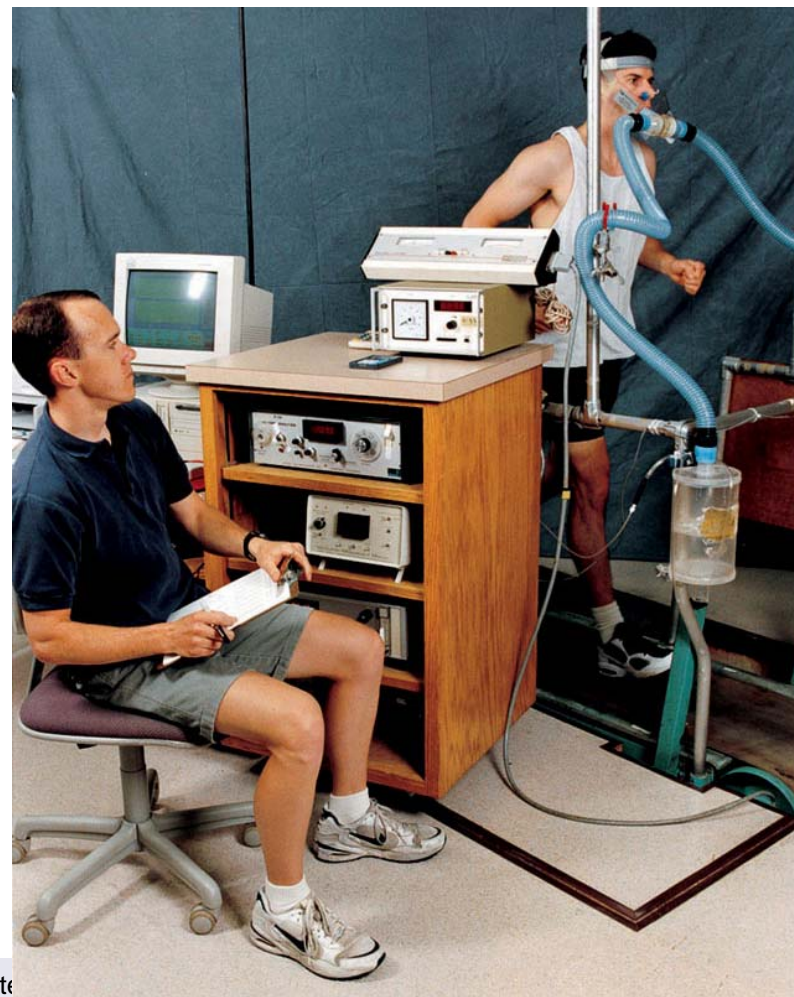


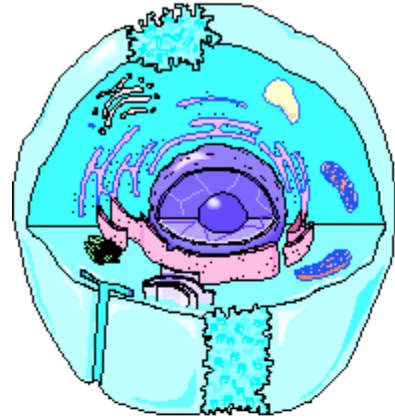
# CONSUMO DE OXÍGENO MÁXIMO ( $VO_2$ máx)

↓  
CALORIMETRÍA INDIRECTA: **Calorímetro**

↓  
Sistema de  
Espirometría en Circuito Abierto

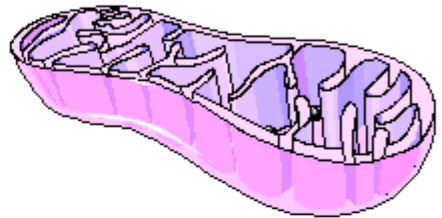
## MEDICIÓN DEL INTERCAMBIO RESPIRATORIO DE GASES





**CONSUMO DE OXÍGENO  
(VO<sub>2</sub>)**

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



Durante Intervalos de:  
**1 Minuto**  
A Nivel del Mar:

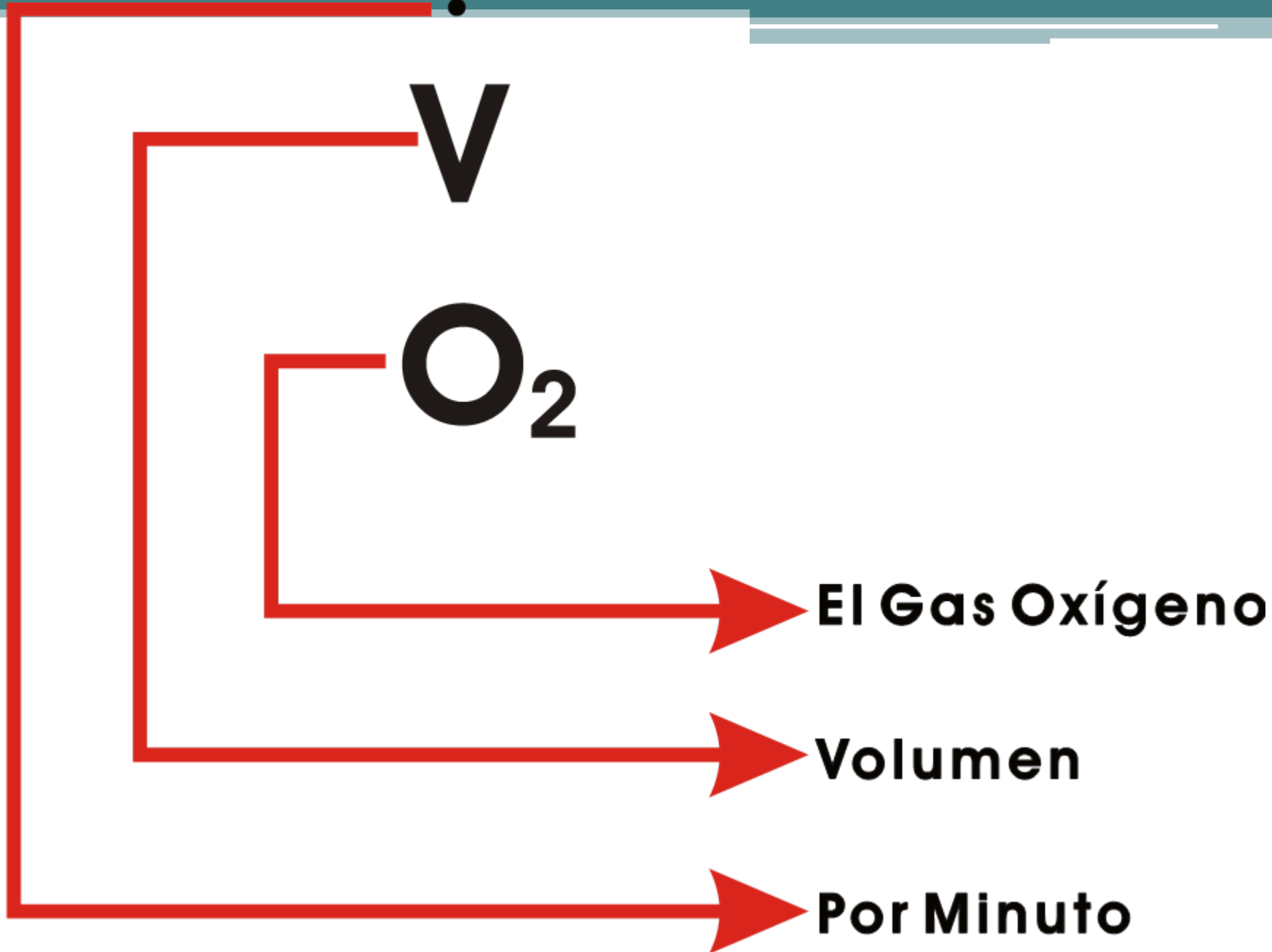


**CONDICIONES ESTANDARIZADAS  
(STPD)**

**Temperatura (T)  
(273°K ó 0°C)**

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

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



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

**Volumen de  $O_2$   
que puede ser  
Transportado y Utilizado  
Durante un  
Ejercicio Máximo  
al Nivel del Mar**

Utilidad/Importancia

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

Impone Demanda  
en las Funciones de los  
Sistemas

*Pulmonar*

*Cardiocirculatorio*

*Enzimático  
Encargado de la  
Respiración Celular  
vía Procesos  
Oxidativos*

# CAPACIDAD MAXIMA PARA EL EJERCICIO

CONSUMO ENERGÉTICO  
(USO DE LA ENERGÍA)

**Prueba de Esfuerzo/Ergométrica**

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

↑ **Metabolismo**

↑  **$\dot{V}O_2$**

*Sujeto se Detiene  
Por Síntomas*

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

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

*Sujeto se Detiene  
Por Síntomas*

**$\dot{V}O_2$  pico**

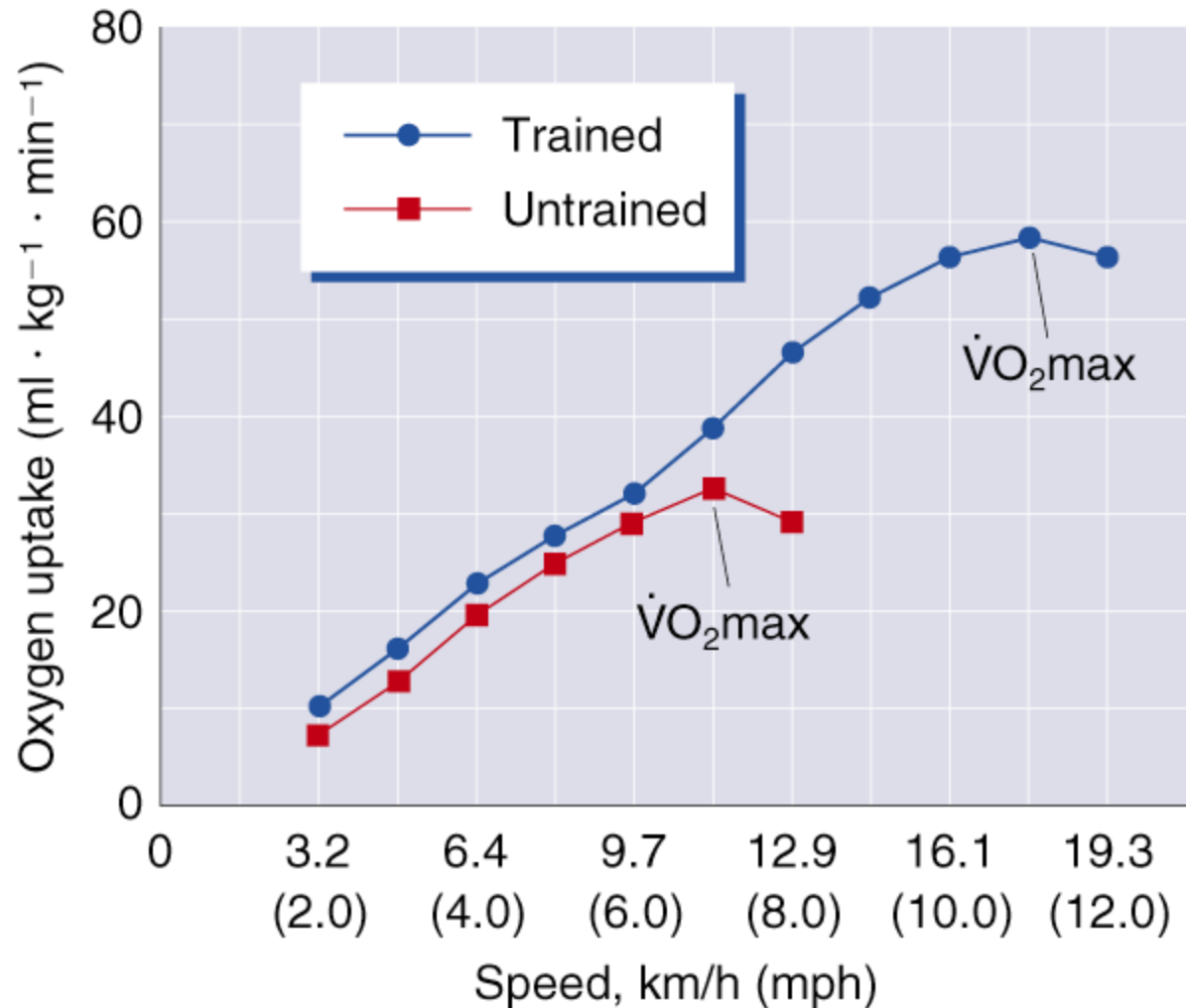
*$\dot{V}O_2$  se Estabiliza*

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

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



# INTENSIDAD DEL EJERCICIO Y EL CONSUMO DE OXÍGENO





# CONSUMO DE OXÍGENO MÁXIMO ( $\text{VO}_2\text{máx}$ )

## CONSUMO DE OXÍGENO MÁXIMO ( $\text{VO}_2\text{máx}$ )

### FORMAS DE EXPRESARSE (VALORES)

#### RELATIVO

En relación a la  
Masa Corporal (MC):

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

#### ABSOLUTO

NO Considera la  
Masa Corporal (MC):

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



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

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

### Valores Promedios/Medios (RELATIVOS)

Estudiantes  
Universitarios  
Activos

(entre)

18 y 22 años

Mujeres

(entre)

38 y 42  
 $\text{mL} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$

Varones

(entre)

44 y 50  
 $\text{mL} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$

Adultos  
poco  
Entrenados

↓  $20 \text{ mL} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$

Población  
Sedentaria

(Pasada la edad entre)

25 y 30 años

↓  $\dot{V}O_2$ máx  
≈ 1% por año

Causas

Envejecimiento  
Biológico

Estilos de Vida  
Sedentario



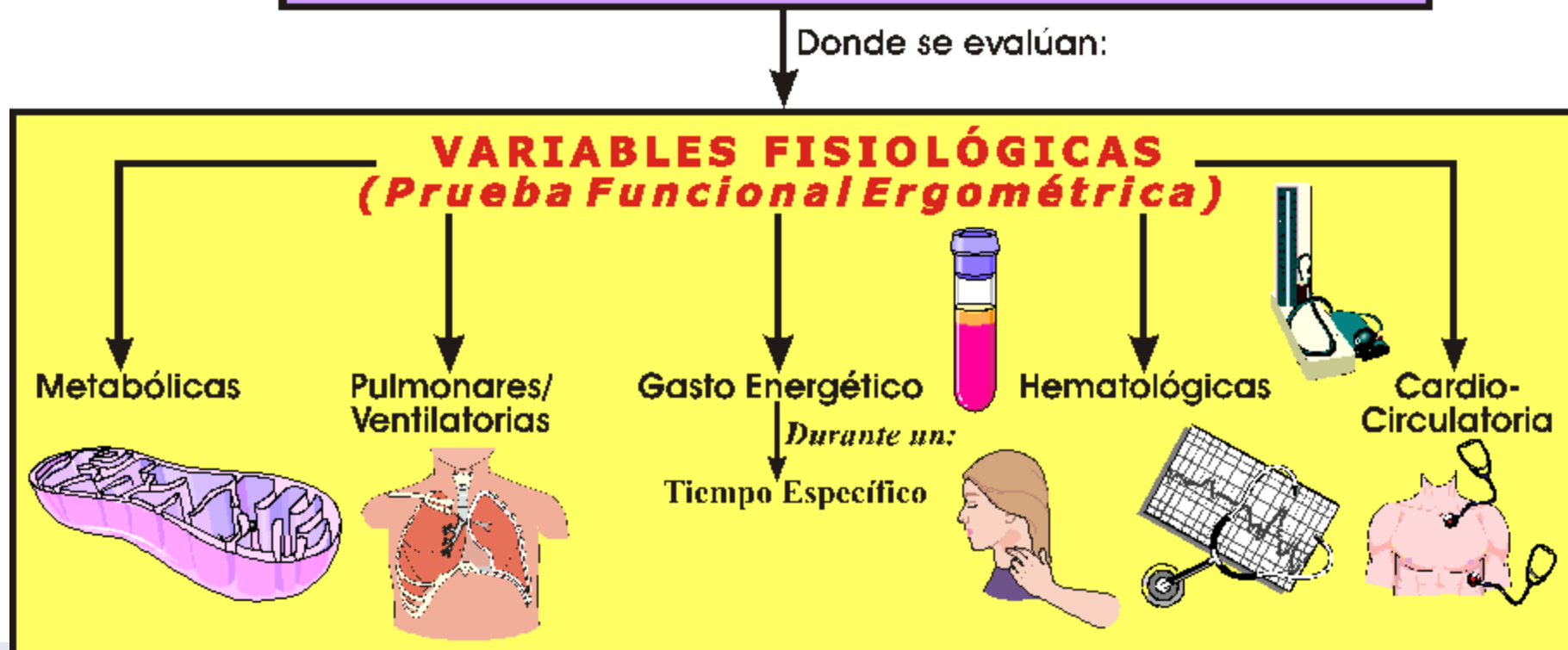
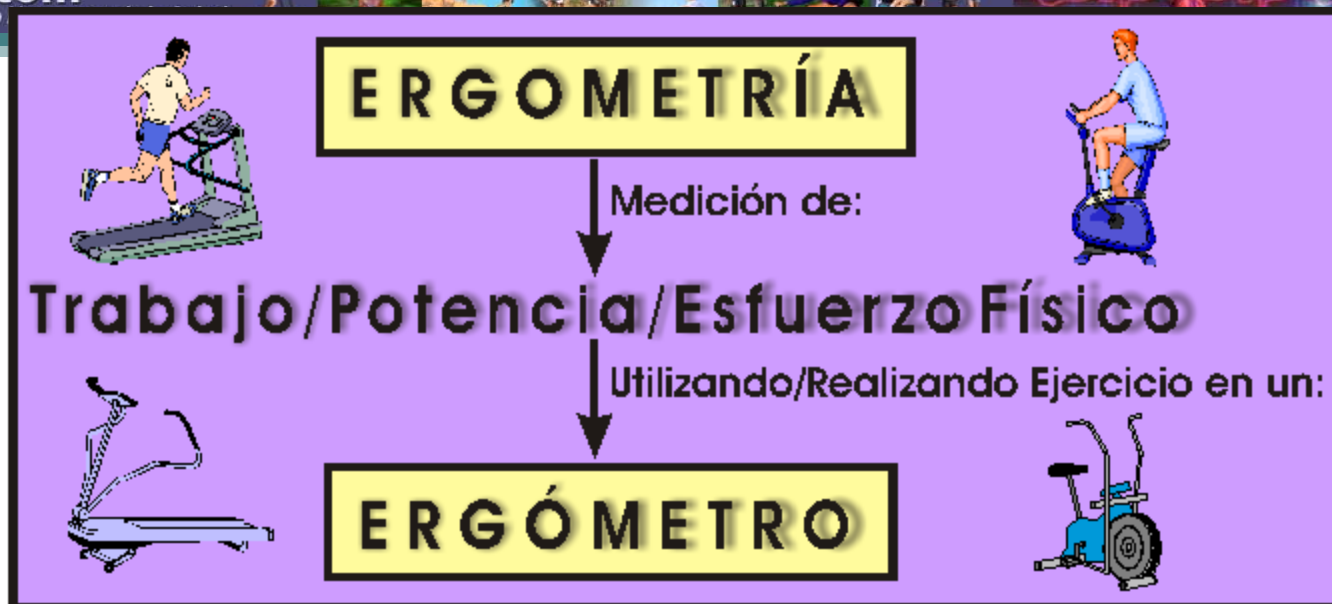
# ERGOMETRIA:

## *Utilización de Ergómetros*

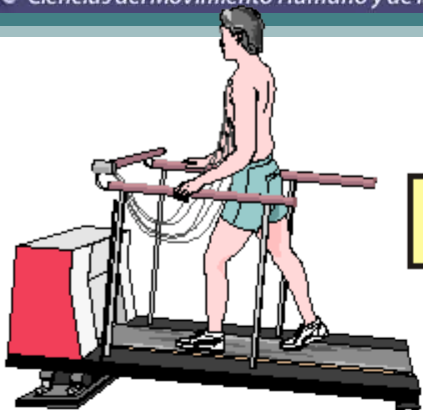
### *Ergómetro*

*(Ergo = Trabajo; Metro = Medida)*

**Instrumento de ejercicio que permite controlar (estandarizar) y medir la intensidad y ritmo del esfuerzo físico de una persona**



# ERGOMETRÍA



## Prueba Funcional Ergométrica

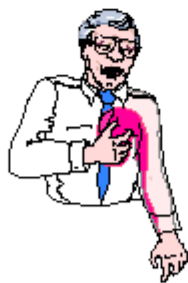
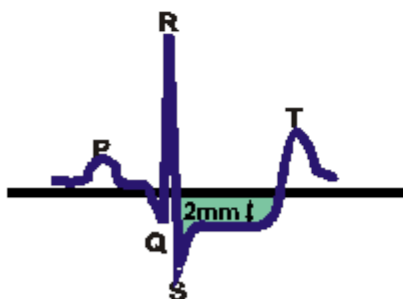
Determinación de parámetros de

RENDIMIENTO  
PULMONAR



## INDICACIONES

**Diagnóstico**  
*(Confirmar Enfermedad)*



**Evaluativas**  
*(Capacidad Funcional)*

Objetivos

Prescripción  
de  
Ejercicio

Diseño  
Entrenamiento Físico  
para Atletas

Evaluar la  
Efectividad del  
Entrenamiento  
Deportivo

**Investigativo**  
*(Estudio Respuestas Funcionales/Fisiológicas)*



# ERGOMETRÍA:

## *Utilización de Ergómetros*

### *Tipos de Ergómetros: Utilizados en Ambiente Aire*

- **Cicloergómetros**
- **Bandas sinfín ergométricas**
- **Escalones/banco**
- **Ergómetro de esquí de campo traviesa**
- **Remoergómetro**
- **Bancos de natación (convencional y de natación simulada)**

# ERGÓMETRO

Artefacto

Mide Respuestas Fisiológicas, particularmente:

Trabajo Mecánico  
y  
Potencia Ergométrica

## TIPOS

AMBIENTE AIRE

Cicloergómetro

Escalón

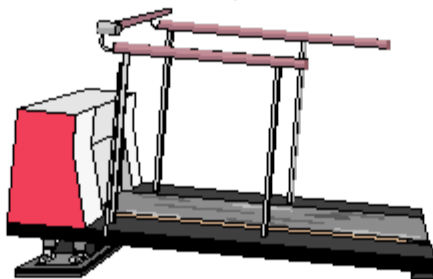
Remo-  
Ergómetro

Banda Sinfín

AMBIENTE AGUA

Ergómetro de Brida  
(Natación Estática)

Canal de Natación



# ERGOMETRÍA:

## *Utilización de Ergómetros - TIPOS*

### *Cicloergómetros*

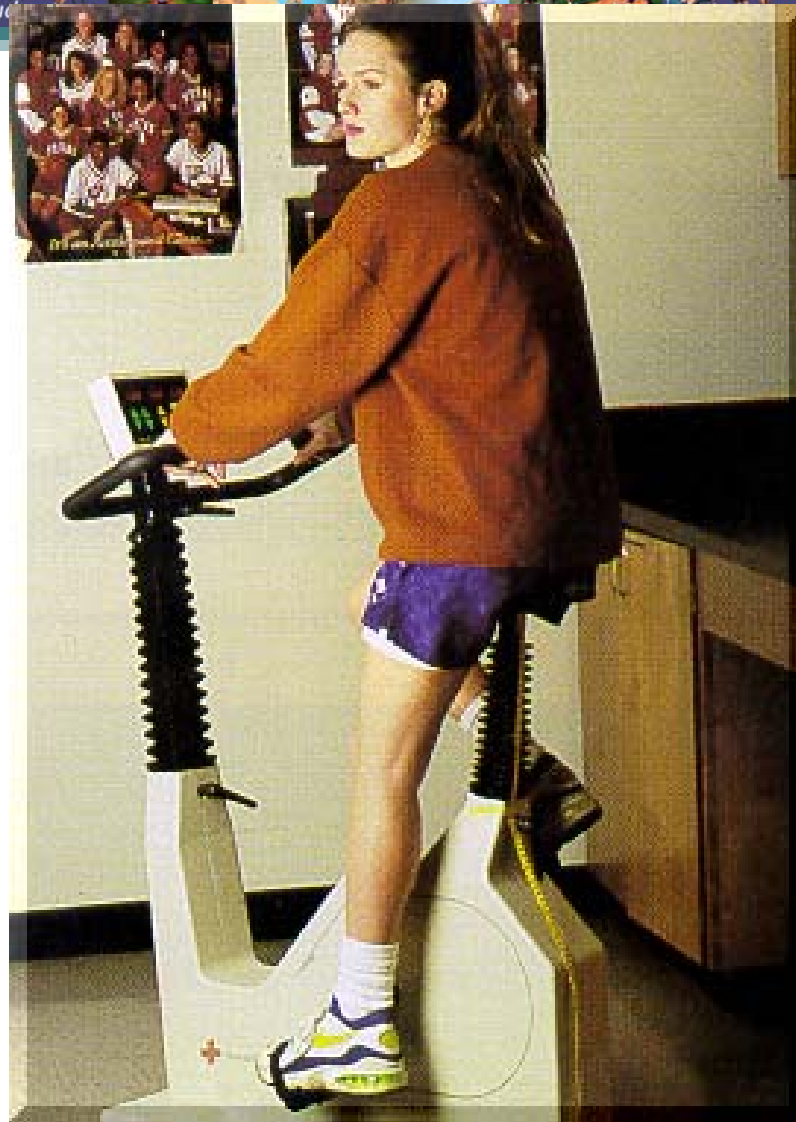
- **Tipos de Resistencias que Emplean los Cicloergómetro:**
  - » Fricción mecánica
  - » Resistencia eléctrica
  - » Resistencia del aire
  - » Resistencia de un líquido hidráulico



# Cicloergómetro: Ventajas

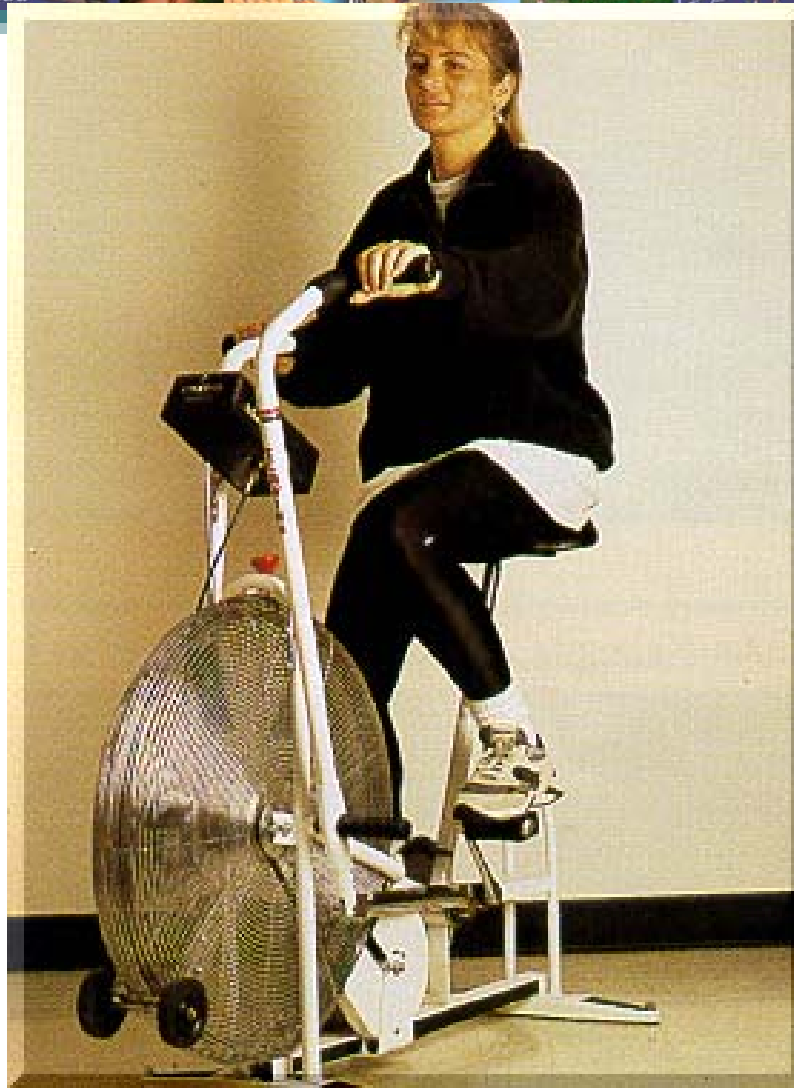
- ◆ Facilita la medición de la presión arterial y la toma muestra sanguíneas porque el cuerpo superior se encuentra relativamente inmóvil
- ◆ Los resultados no se afectan significativamente por la masa (peso) corporal o por cambios en ésta





# Un Cicloegómetro





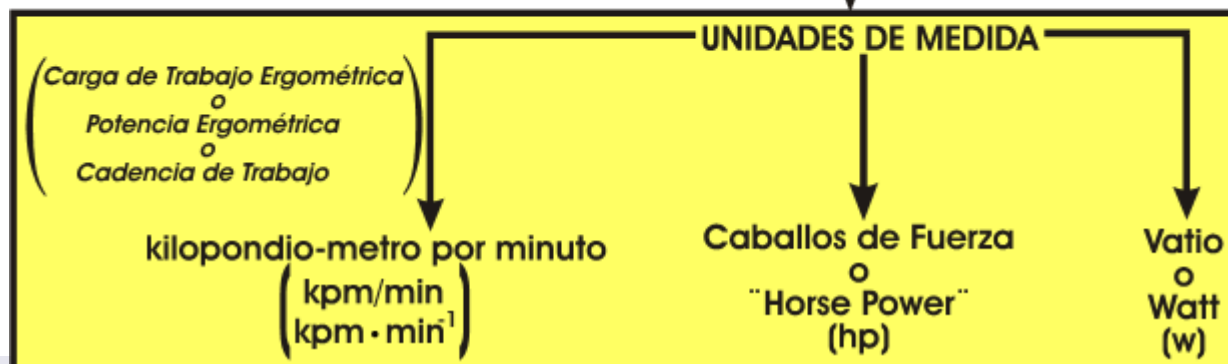
## Cicloergómetro con resistencia (freno) de aire

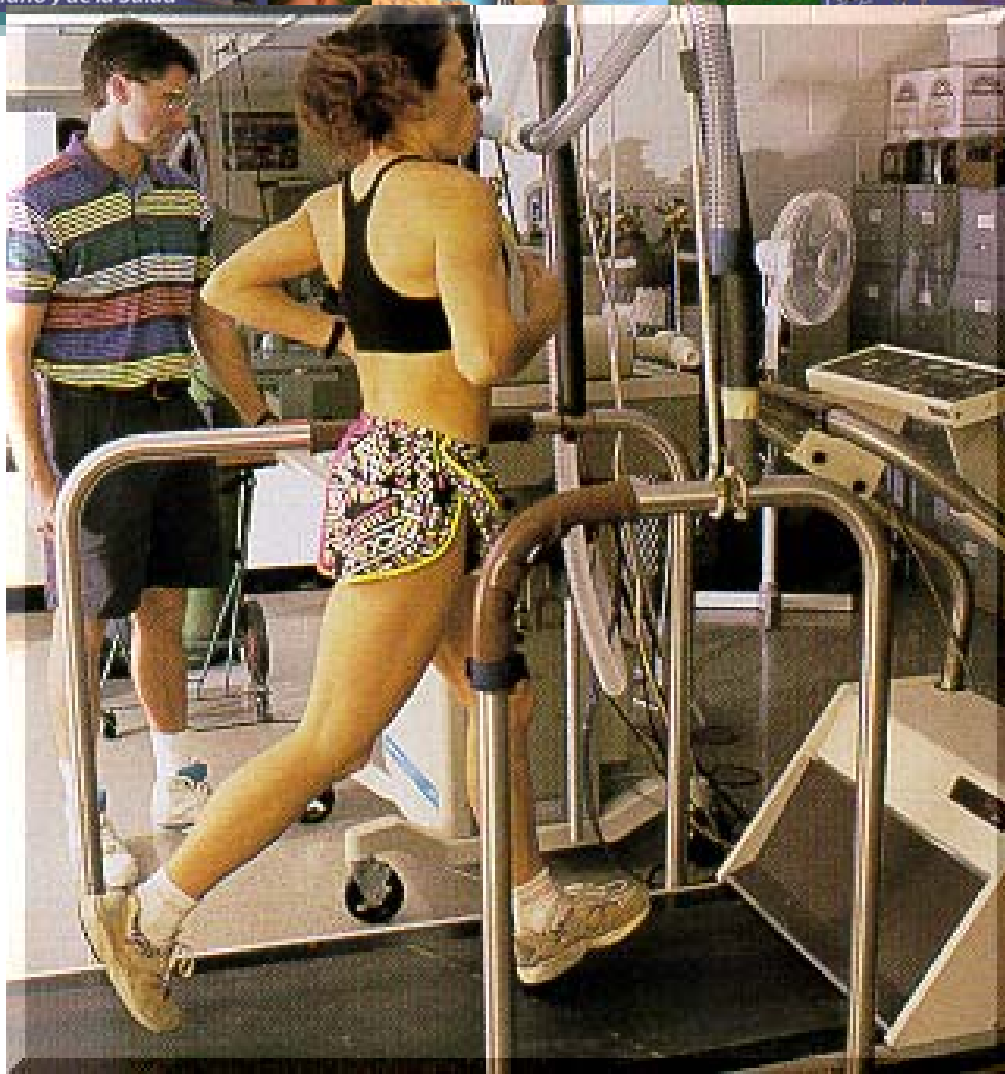


Ecuación:

**FÓRMULA:**

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





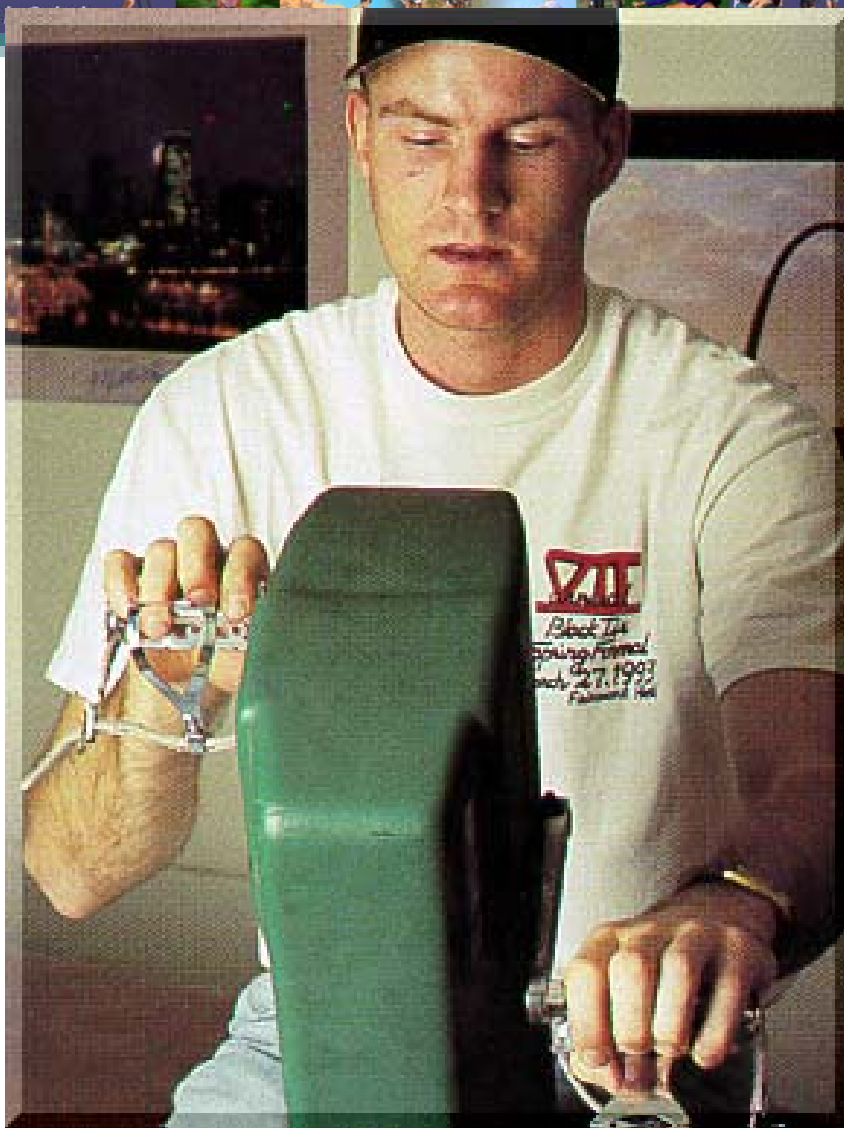
## Una banda sinfín

# ERGOMETRIA:

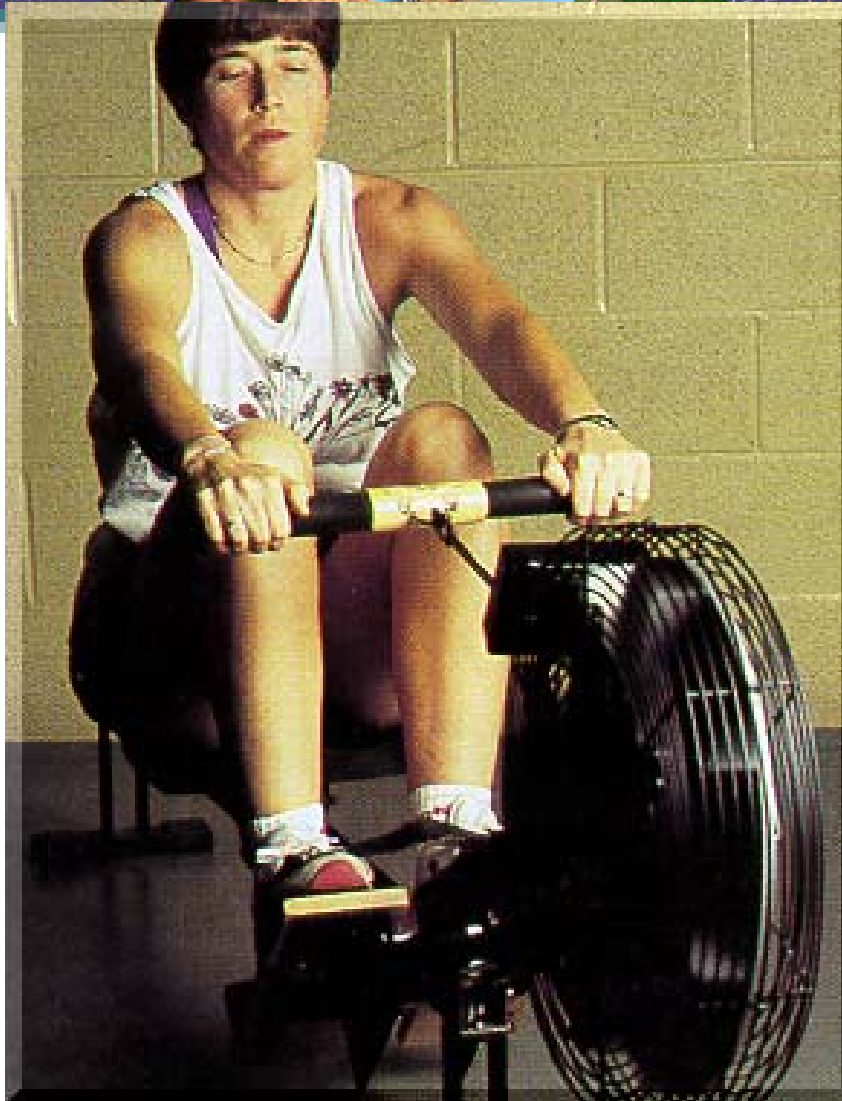
## *Utilización de Ergómetros*

### *Tipos de Ergómetros: Utilizados en Ambiente Agua*

- **Ergómetros Específicos para Deportes:**
  - » *Ergómetros para los brazos*
  - » *Remoergómetro*
  - » *Ergómetro de “Winsurf”*



## Ergómetro para Brazos



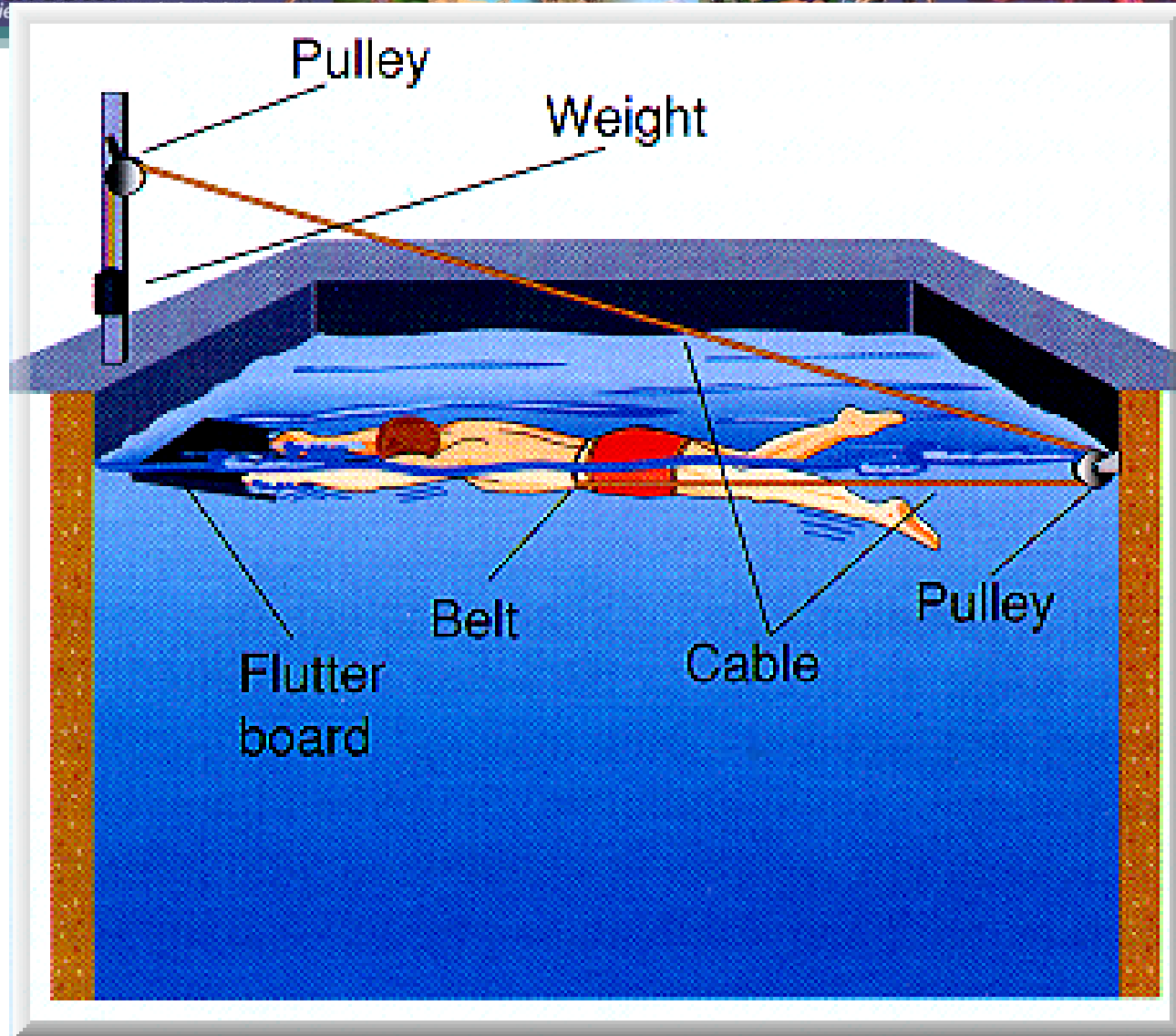
## Ergómetro para Remar

# ERGOMETRÍA:

## *Utilización de Ergómetros*

### *Tipos de Ergómetros: Utilizados en Ambiente Agua*

- **Ergómetro de brida o natación estática (natación sujeta)**
- **Canal de natación (piscina con flujo)**
- **Piscina ergómetro (natación libre)**

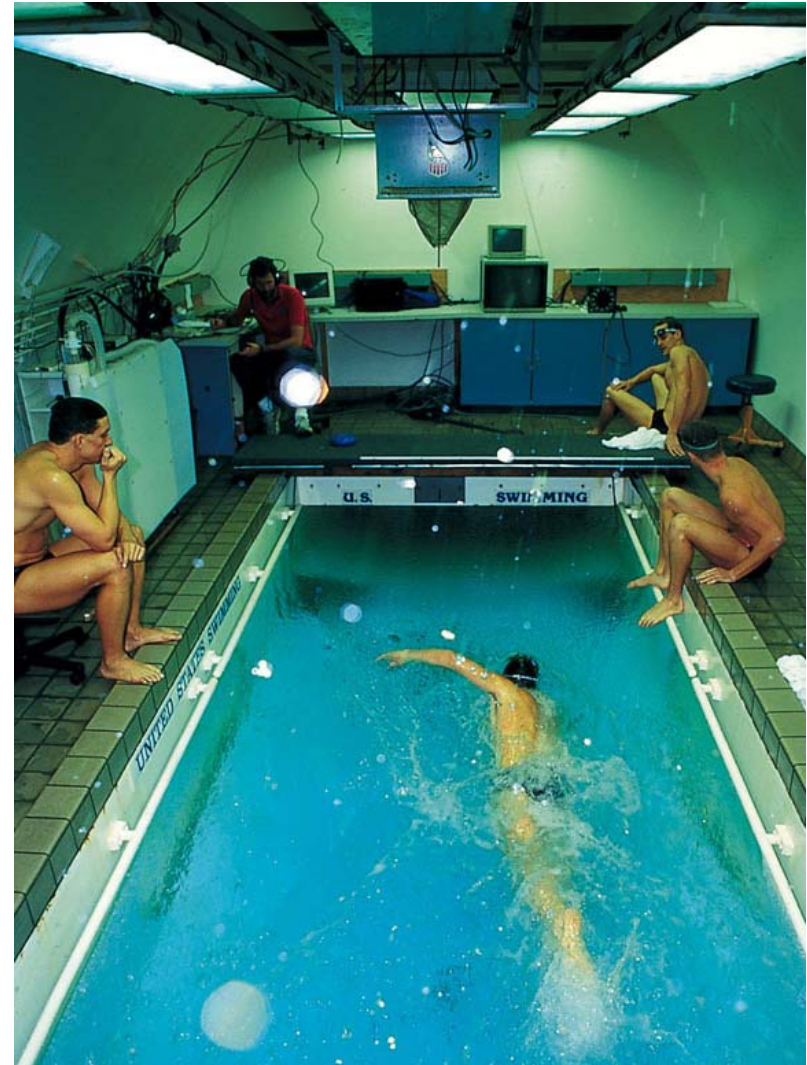


## Ergómetro de Brida o Natación Estática



# Canal de Natación (Piscina con Flujo)

- ◆ Permite a los nadadores simular con gran precisión sus brazadas naturales de natación mientras los investigadores recolectan los datos







# MEDICIÓN DEL COSTO ENERGÉTICO DEL EJERCICIO

## CALORIMETRÍA INDIRECTA

↓ *(Basado en)*

**Equivalencia Energética/Calórica del**

**$\dot{V}O_2$**

↓

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

↓

*(Se estima que)*

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

***Equivale Aproximadamente a:***

↓

*(Equivalencia Energética/Calórica)*

**5 kcal/min**



# MEDICIÓN DEL COSTO ENERGÉTICO DEL EJERCICIO

CALORIMETRÍA INDIRECTA

↓  
**Calorímetro**

↓  
**Sistema de  
Espirimetría en Circuito Abierto**

↓  
**Medición del Volumen de**

**CO<sub>2</sub> (Producido)**      **O<sub>2</sub> (Utilizado)**

↓  
**Intercambio Respiratorio  
de  
Gases**

↓  
**RELACIÓN (R) O PROPORCIÓN  
(R = VCO<sub>2</sub> liberado / VO<sub>2</sub> Consumido)**



# MEDICIÓN DEL COSTO ENERGÉTICO DEL EJERCICIO

CALORIMETRÍA INDIRECTA



**Sistema de: *Calorímetro***



**Espirometría en Circuito Abierto**



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



**PROPORCIÓN DEL  
INTERCAMBIO RESPIRATORIO (R)**

**O**

**COCIENTE RESPIRATORIO (CR)**





# TRANSFORMACIÓN DE HALDANE

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

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

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

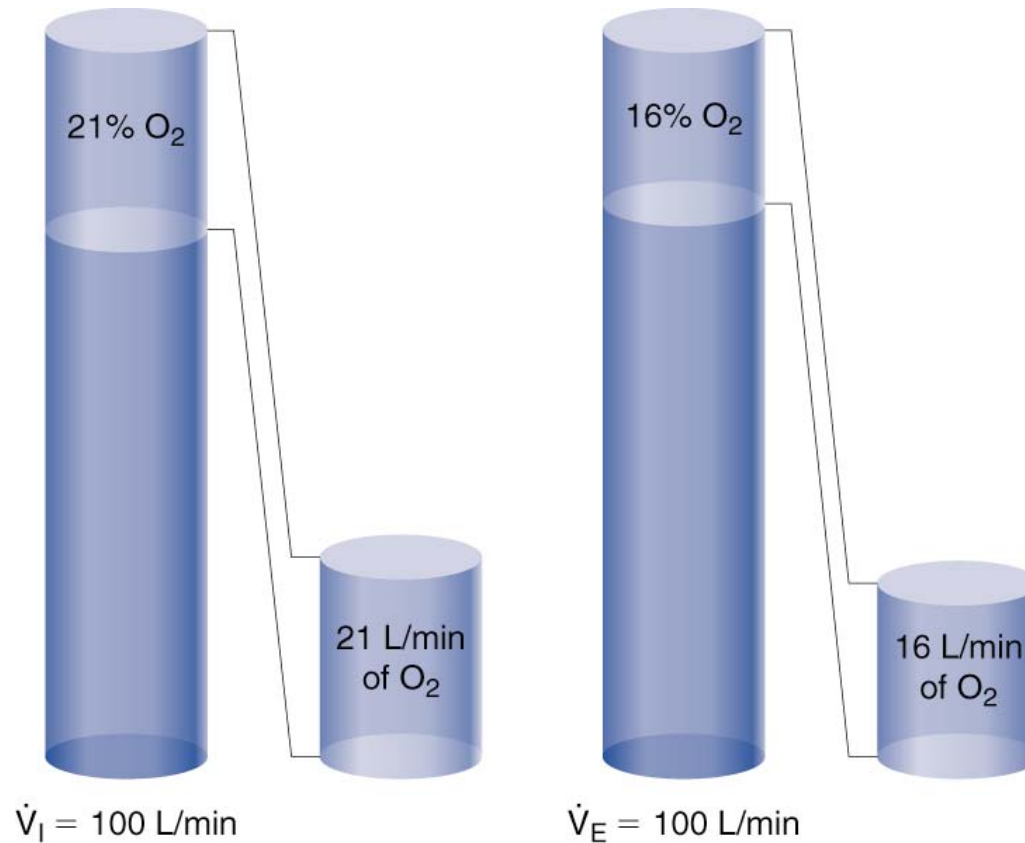
$$\dot{V}O_2 = [(\dot{V}_E \times F_{E N_2}) / (F_{I N_2} \times F_{I O_2})] - (\dot{V}_E \times F_{E O_2})$$

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

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

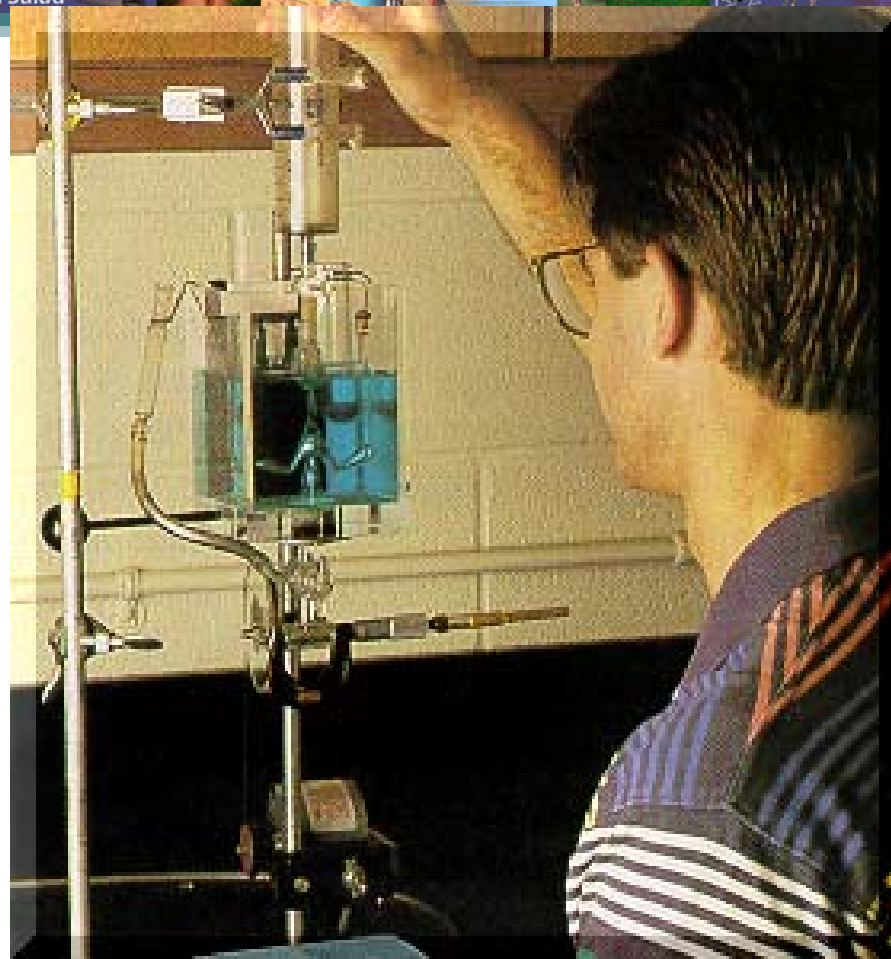


# CALCULANDO EL CONSUMO DE OXÍGENO



$$\begin{aligned}\dot{V}O_2 &= \dot{V}_I \times F_{IO_2} - \dot{V}_E \times F_{EO_2} \\ \dot{V}O_2 &= 100 \text{ L/min} \times 0.21 - 100 \text{ L/min} \times 0.16 \\ \dot{V}O_2 &= 21 \text{ L/min} - 16 \text{ L/min} = 5 \text{ L/min}\end{aligned}$$





## El analizador de gases *Per Scholander*



# PROPORCIÓN DEL INTERCAMBIO RESPIRATORIO

- ♦ La proporción entre el  $\text{CO}_2$  liberado ( $\dot{V}\text{CO}_2$ ) y el oxígeno consumido ( $\dot{V}\text{O}_2$ )
- ♦  $\text{RER} = \dot{V}\text{CO}_2 / \dot{V}\text{O}_2$
- ♦ El valor de la RER en reposo es usualmente de 0.78 a 0.80
- ♦ El valor de la RER puede ser utilizada para determinar el sustrato metabólico usado en reposo y durante el ejercicio, donde un valor de 1.00 indica la oxidación de CHO y 0.70 indica que se oxidan las grasas.



# MEDICIÓN DEL COSTO ENERGÉTICO DEL EJERCICIO

## CALORIMETRÍA INDIRECTA

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

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

Determina

**Tipo de Nutriente/Sustrato Metabolizado**



**En las Células/Fibras Musculares**



# MEDICIÓN DEL COSTO ENERGÉTICO DEL EJERCICIO

## CALORIMETRÍA INDIRECTA

### Relación de Intercambio Respiratorio (R)

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

Determina

Tipo de Sustrato Oxidado  
*(En Fibras Musculares)*

**NUTRIENTES  
ESPECÍFICOS**

**CHO**

**Proteínas**

**Grasas**

**ALCOHOL**

**AYUNO/INANICIÓN**

**MEZCLA/DIETA MIXTA  
Combinación de**

**CHO**

**Proteínas**

**Grasas**



# PROPORCIÓN DEL INTERCAMBIO RESPIRATORIO (R ó RER) o COCIENTE RESPIRATORIO (CR)



## Equivalentes Energéticos

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

→ 4.863 → **Dieta Mixta**

→ 4.86 → **Alcohol**

→ 4.70 → **Inanición (Ayuno)**



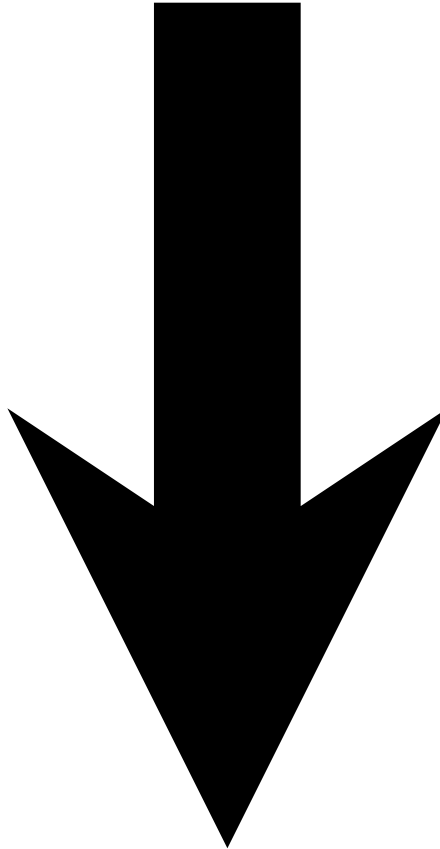
# Equivalencia Calórica de la Proporción del Intercambio Respiratorio (RER) y el % de kcal derivado de los Hidratos de Carbono y Grasas

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

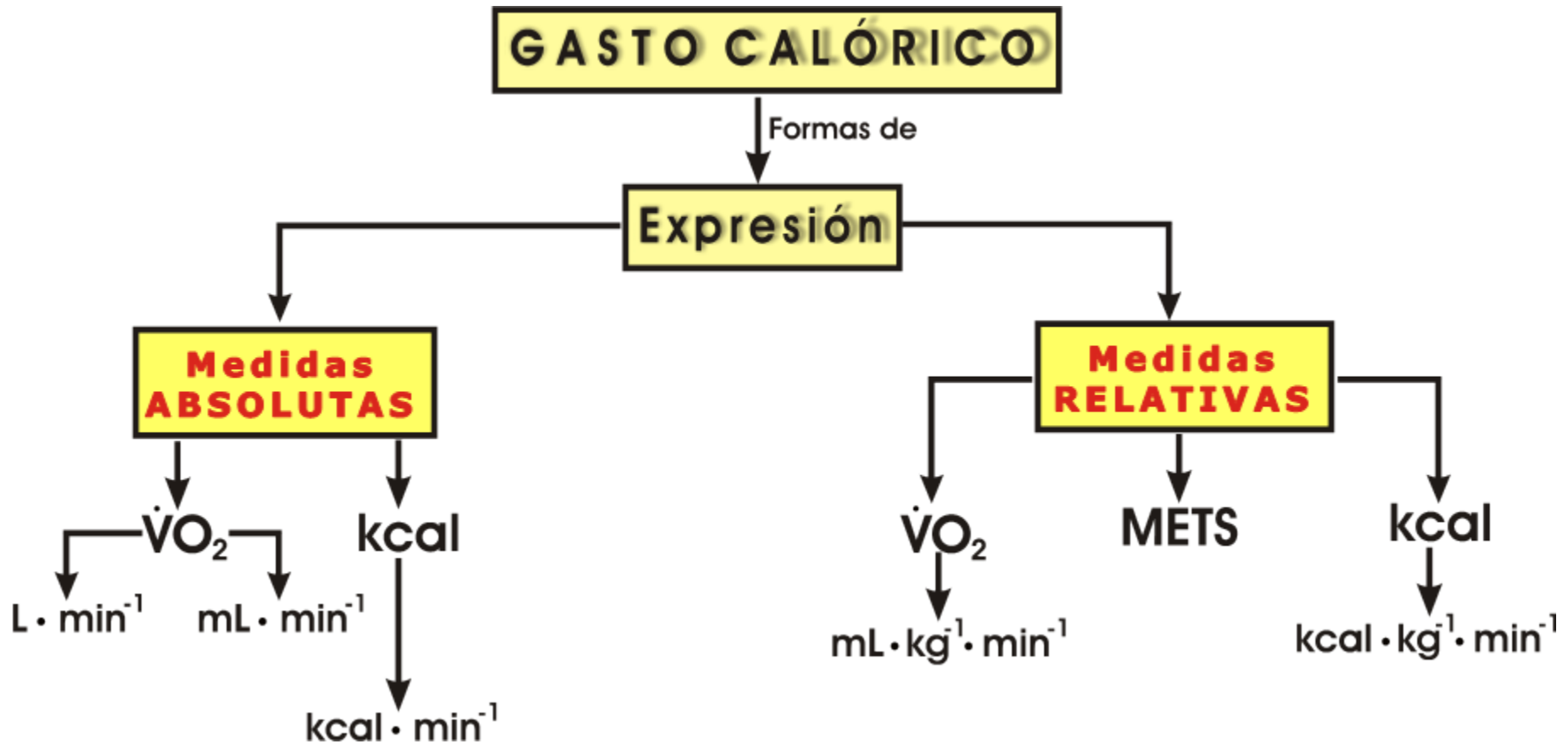


# Medición del Costo Energético del Ejercicio

# ESTIMACIÓN



**1 L O<sub>2</sub> consumido/min  $\approx$  5 kcal/L**





# TASA METABÓLICA BASAL (TMB)

Energía  
( $\dot{V}O_2$ )

Requerida para mantener:

Procesos Vitales  
Organismo Humano

En estado de:

REPOSO  
(BASAL)

Relajado

Despierto

Luego de:

12-14 horas  
Última Comida

Valor  
Promedio

$\dot{V}O_2$

Relativo:

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

Absoluto:

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



# METS (Equivalencia Metabólica)

Medida Energética Relativa a la Masa Corporal

Múltiplo  
de la

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

es igual a (1 MET)

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

# ERGOMETRIA:

## *Medición de Variables Fisiológicas*

### **RESPUESTAS FISIOLÓGICAS AL EJERCICIO: *MEDICIÓN/MONITOREO DE VARIABLES AGUDAS***

#### ***Radiotelemedría y Grabadoras en Miniatura***

- **Actividad del corazón (*Frecuencia Cardíaca [FC] y Electrocardiografía [EKG]*)**
- **Frecuencia respiratoria (*FR ó BR*)**
- **Temperatura corporal (*periférica/piel y central/interna*)**
- **Actividad muscular (*electromiograma*)**

# ERGOMETRIA:

## *Medición de Variables Fisiológicas*

### **RESPUESTAS FISIOLÓGICAS AL EJERCICIO: MEDICIÓN/MONITOREO DE VARIABLES AGUDAS**

#### ***Determinantes Variables Durante Monitoreo***

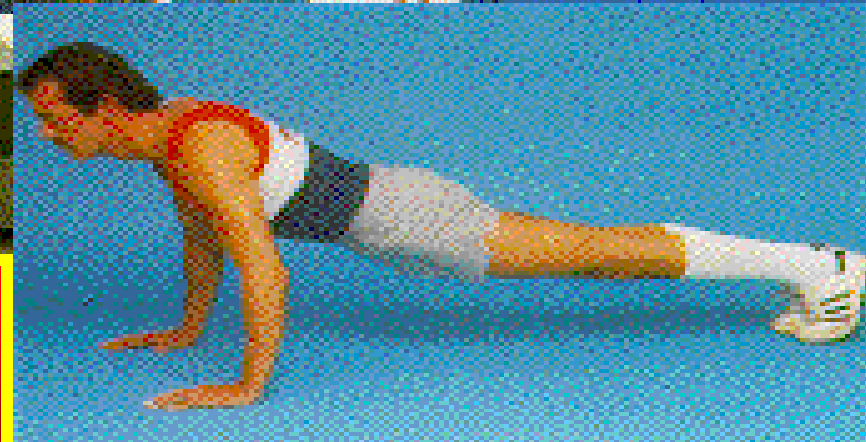
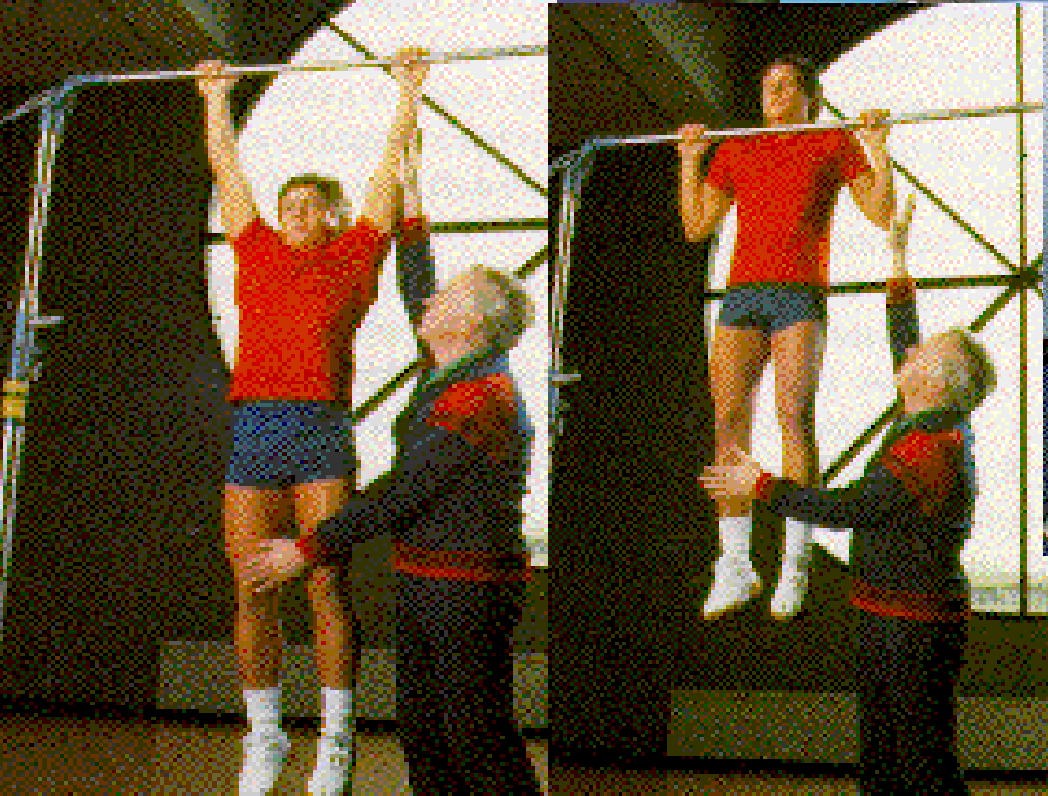
- **Condiciones Ambientales** (*temperatura, humedad, intensidad de la luz, ruido*)
- **Última comida** (*hora y volumen/cantidad*)
- **Ritmos Circadianos** (*variación diurna fisiológica*)
- **Ciclo menstrual**



# ESCALA DE BORG

## ESCALA DE LA PERCEPCIÓN DEL ESFUERZO (RPE)

RPE	Frecuencia Cardíaca Aprox (lat/min)
6	60
7 Muy, muy suave	70
8	80
9 Muy suave	90
10	100
11 Bastante suave	110
12	120
13 Un Poco Fuerte	130
14	140
15 Fuerte	150
16	160
17 Muy Fuerte	170
18	180
19 Muy, muy fuerte	190
20	200



**DOMINADAS**

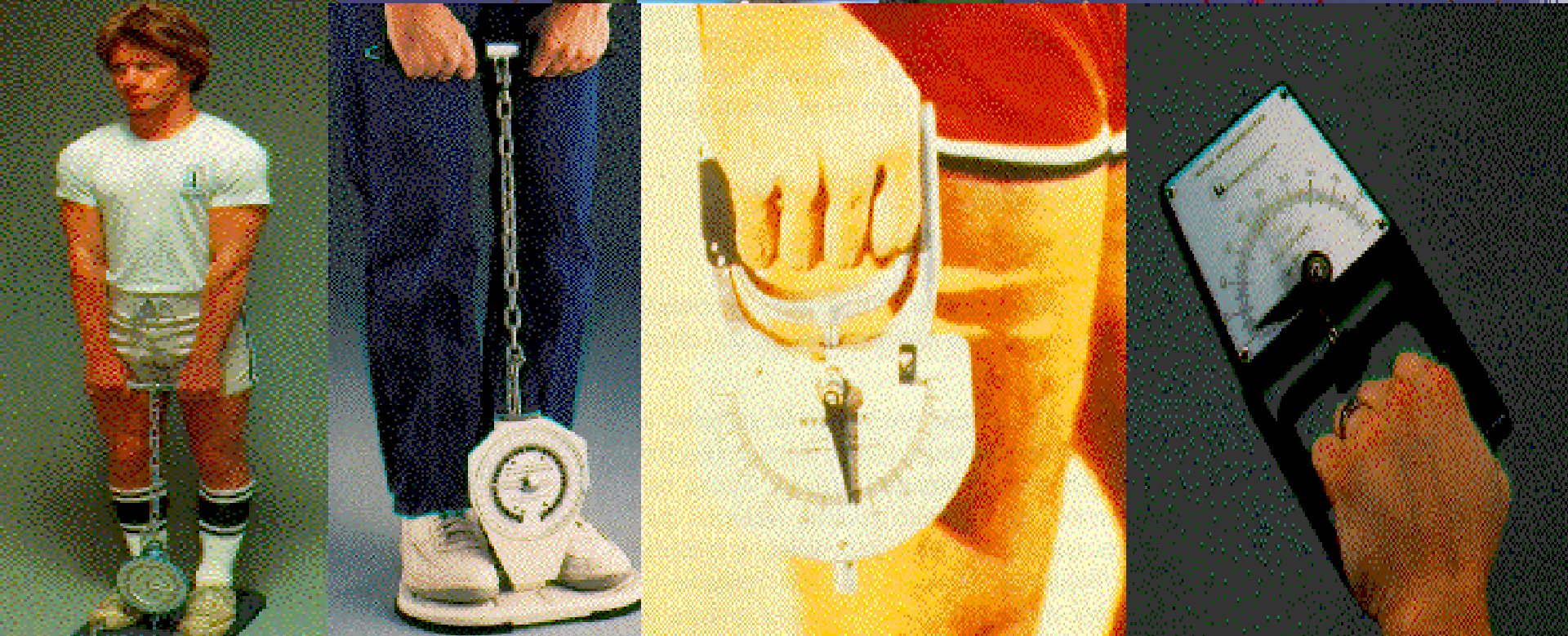
**TOLERANCIA**

**MUSCULAR**

**SENTADILLAS**

**Y**

**LAGARTIJAS**



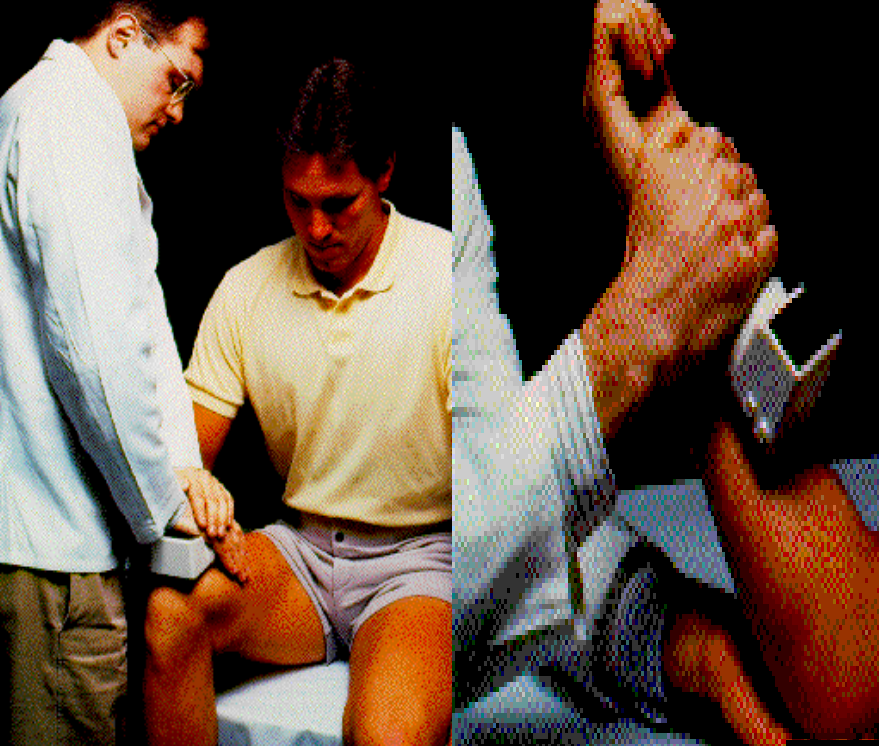
**Espalda y Piernas**

**Fortaleza Prensora/Agarre**

**EVALUACIÓN DE LA FORTALEZA ISOMÉTRICA**

**FORTALEZA MUSCULAR**

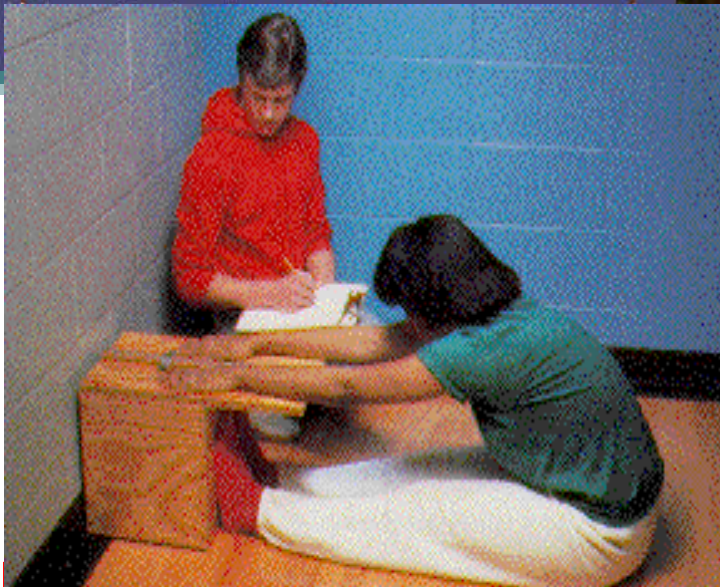




# EVALUACIÓN DE LA FUNCIÓN MUSCULAR

Copyright ©





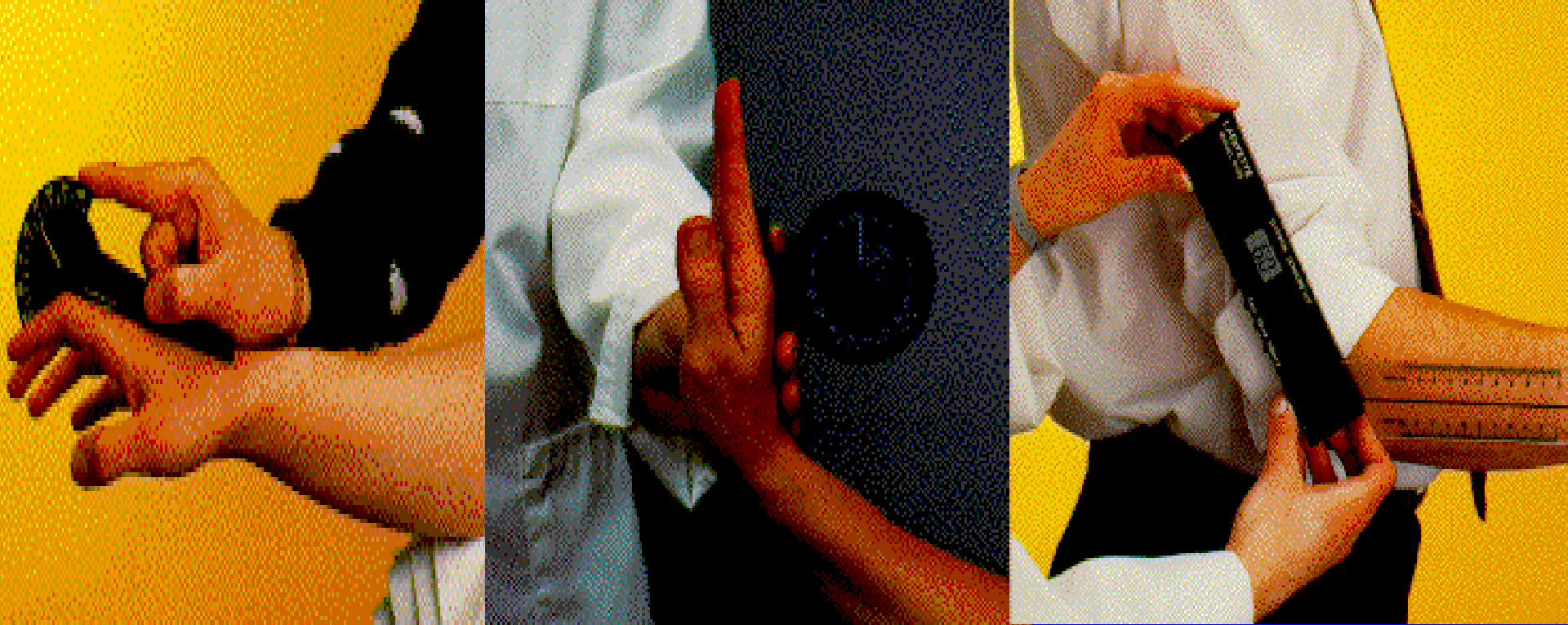
# FLEXIBILIDAD

FLEXIBILIDAD  
FLEXIBILIDAD  
FLEXIBILIDAD  
FLEXIBILIDAD  
FLEXIBILIDAD

# FLEXIBILIDAD



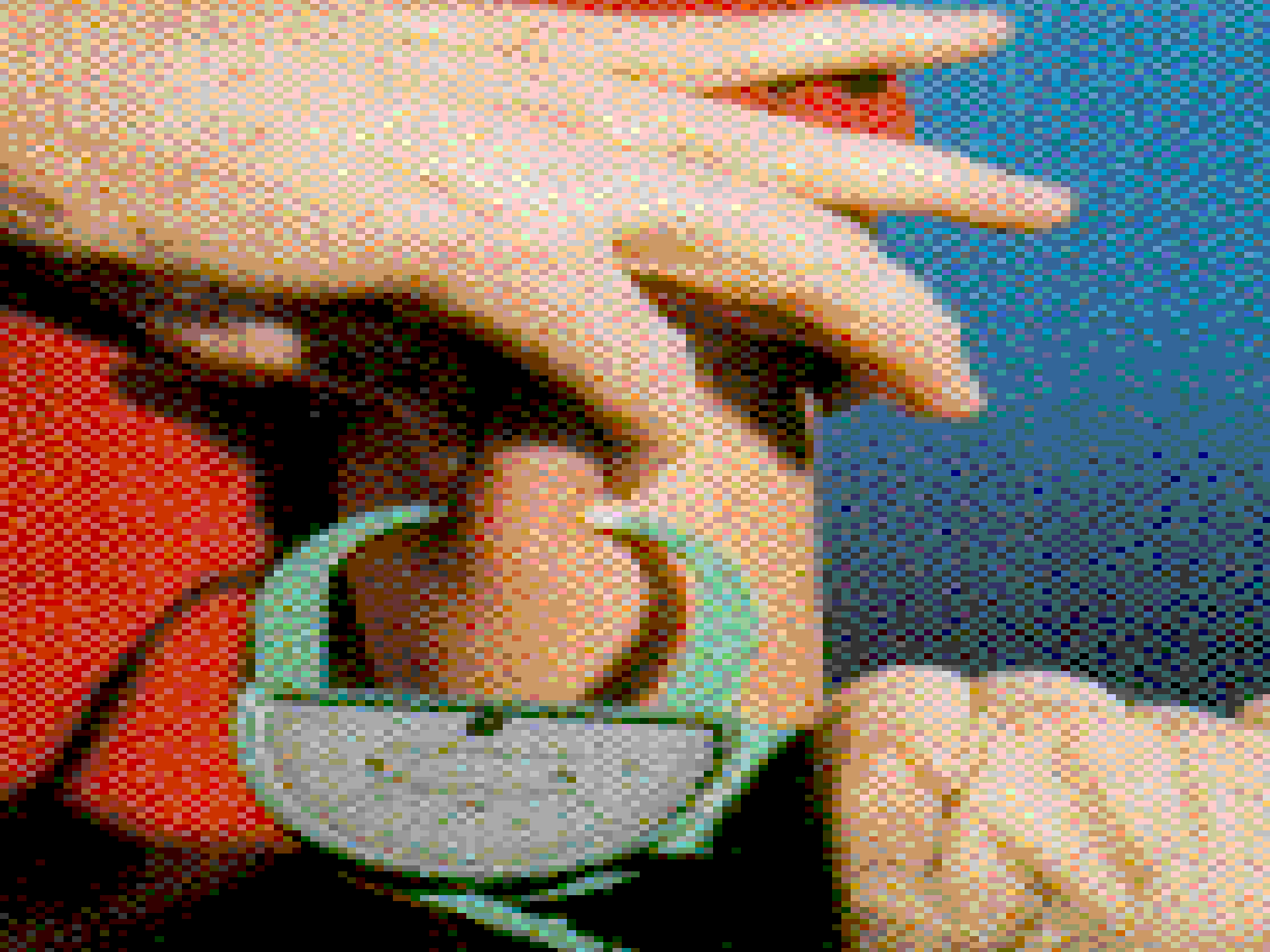
FLEXION TRONCAL (SENTADO Y ESTIRAR)



# PRUEBAS DE FLEXIBILIDAD:

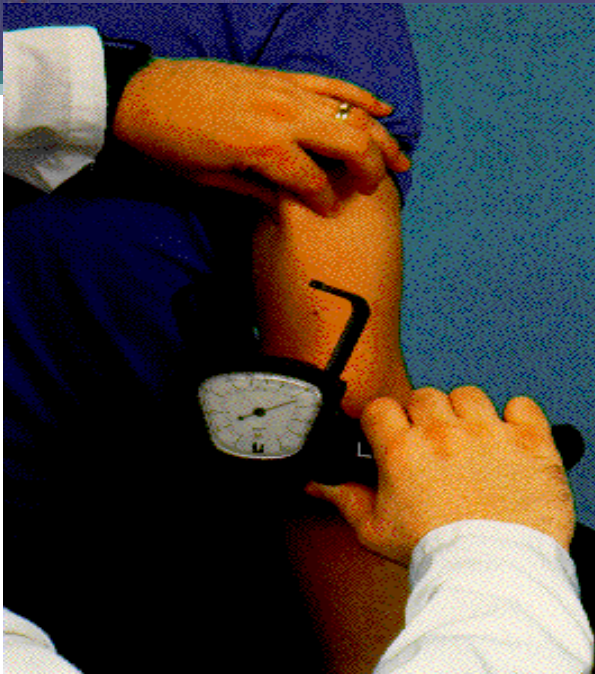
Determinación del *Arco de Movimiento*

en las Articulaciones utilizando un *Goniómetro*

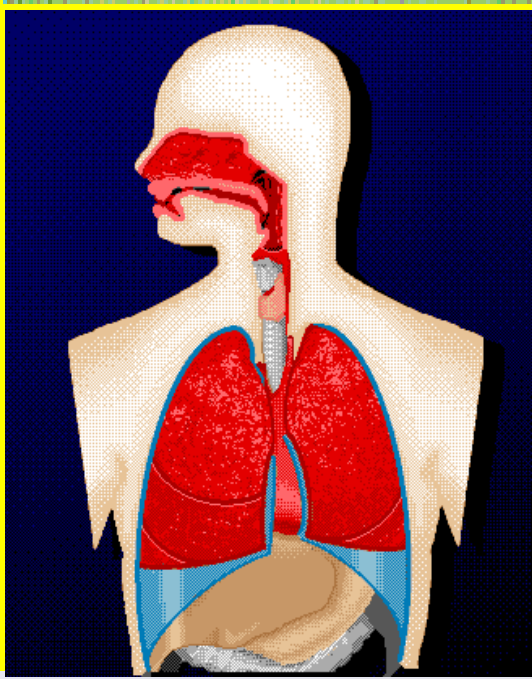
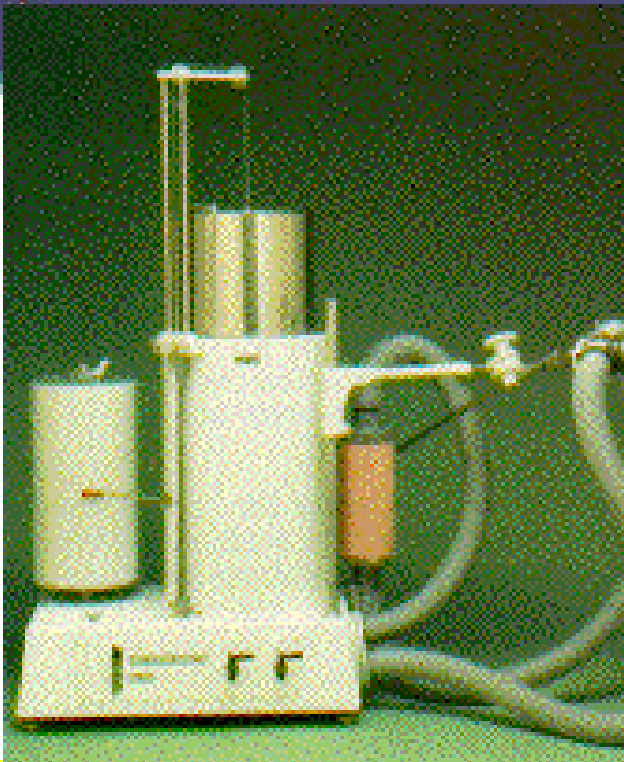




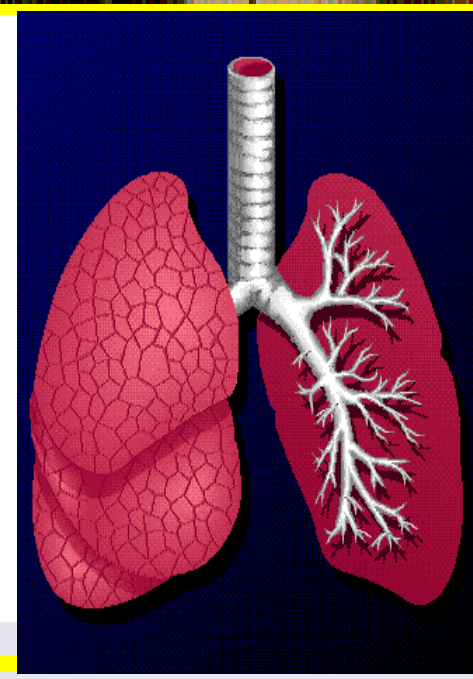
# DETERMINACIÓN DEL PESO IDEAL



**DETERMINACIÓN DEL POR CIENTO DE GRASA  
UTILIZANDO EL MÉTODO DE PLICOMETRÍA  
(MEDICIÓN DEL TEJIDO SUBCUTANEO  
VÍA PLIEGUES DE LA PIEL)**



# EVALUACIÓN DE LA FUNCIÓN PULMONAR







# GRACIAS



# ¿PREGUNTAS?

