



ANATOMÍA Y CINESIOLOGÍA

CINÉTICA LINEAL

DEL MOVIMIENTO HUMANO

I. CONSIDERACIONES PRELIMINARES

A. Definiciones:

1. Cinética:

Parte de la mecánica que describe las fuerzas que causan los movimientos, tales como las fuerzas de:

- a. Gravedad.
- b. Muscular.
- c. Fricción.
- d. Resistencia externa.

2. Cinética lineal:

Estudia las fuerzas que causan el movimiento lineal.

II. FUERZA

A. Concepto:

1. Aquello que empuja o hala a través del contacto mecánico directo o a través de la fuerza de gravedad que altera el movimiento de un objeto.
2. La fuerza es una cantidad física que puede acelerar y/o deformar un cuerpo.
3. La fuerza es lo que altera el estado de reposo de un cuerpo y su movimiento uniforme en línea recta.

B. Tensión

1. Concepto:

Sistema de fuerzas que tienden a separar las partes de un cuerpo, combinadas con fuerzas iguales y opuestas que contribuyen a mantener la unión de las partes.

2. Unidades de medición:

- a. Kilogramos (kg).

b. Dinamómetros.

3. Tensión versus fuerza:

a. En fisiología, los términos tensión y fuerza se usan sinónimamente.

1) Ejemplo:

a) La tensión intramuscular es la fuerza de contracción muscular.

b) La fuerza de un músculo es su capacidad para generar tensión.

C. Unidades de Medida para Fuerza (Masa o Peso)

1. Sistema métrico:

a. Newton (N):

1) Aquella fuerza que le imprime una aceleración de un (1) metro (m) por segundo por segundo (1 m/seg^2) al cuerpo u objeto de una masa de un (1) kilogramo (kg), en dirección a la acción de la fuerza.

2) La fuerza requerida para levantar una masa de 0.102 kilogramos (kg) a nivel del mar y a 45 grados de latitud.

b. Kilopondio (kp):

1) Aquella fuerza que le imparte una aceleración gravitatoria normal/estándar (9.807 m/seg^2 ó 32 pies/seg^2) a la masa de un (1) kilogramo (kg).

2) La fuerza que ejerce la gravedad sobre la masa de un (1) kilogramo (kg) a una aceleración normal de gravedad (9.807 m/seg^2 ó 32 pies/seg^2).

c. Pondio (p):

Aquella fuerza que le imparte una aceleración gravitatoria estándar/normal (9.807 m/seg^2 ó 32 pies/seg^2) a la masa de un (1) gramo (g).

2. Unidades de masa/peso:

1) Sistema métrico:

a) Kilogramo (kg):

Unidad de medida del sistema métrico que determina la cantidad de masa en un cuerpo u objeto.

2) Sistema Inglés:

a) Libra (lb):

- ▶ Unidad de medida del sistema Anglojón que determina la cantidad de masa en un cuerpo u objeto.
- ▶ El peso de una libra estándar a nivel del mar y a 45 grados de latitud.

3. Equivalencias/factores de conversión:

$$1 \text{ N} = 0.102 \text{ kg} = 0.2248 \text{ lb} = 1 \text{ kgm/seg}^2$$

$$1 \text{ kp} = 9.80665 \text{ N}$$

$$1 \text{ p} = 9.80665 \times 10^{-3} \text{ N}$$

$$1 \text{ kg} = 1,000 \text{ gramos (g)} = 1,000,000 \text{ miligramos (mg)} \\ = 35.3 \text{ onzas (oz)} = 2.2046 \text{ libras (lb)}$$

$$1 \text{ lb} = 16.0 \text{ oz} = 454 \text{ g} = 0.453 \text{ kg}$$

$$1 \text{ g} = 0.0353 \text{ oz} = 0.0022 \text{ lb} = 0.001 \text{ kg} = 1,000 \text{ mg}$$

D. Clasificación:

1. Fuerzas internas:

a. Concepto:

Fuerzas musculares actuando sobre estructuras del cuerpo.

b. Ejemplo:

Tracción del músculo sobre el hueso.

c. Efecto:

Diferencias en el aspecto del cuerpo.

2. Fuerzas externas:

a. Concepto:

Fuerzas actuando fuera del cuerpo:

b. Ejemplo:

Fuerza de gravedad.

c. Efecto:

Desplazamiento del cuerpo.

E. Aspectos/Composición de la Fuerza
(Características/Componentes de un Vector de Fuerza)

1. Magnitud/intensidad:

a. Concepto:

1) La fuerza de gravedad:

a) Definición:

Fuerza externa que el cuerpo humano debe sostener y contrarrestar en todas las experiencias de movimiento.

b) Ejemplo:

► Peso del cuerpo:

◆ Ecuación:

$$P = m \times g$$

DONDE:

P = Peso del objeto

m = masa o cantidad de materia de un objeto

g = la tasa de aceleración de la gravedad
(32 pies/seg² ó 9.8 km/seg/seg)

b. Magnitud/intensidad de la fuerza muscular:

1) La magnitud/intensidad de la fuerza muscular se encuentra en proporción directa al número y tamaño de las fibras en el músculo que se contrae.

2) Determinantes:

a) Número de fibras musculares en contracción.

b) Tamaño de las fibras musculares en contracción.

3) Cálculo de la fuerza potencial que pueda poseer un músculo:

a) Requisitos:

- ▶ Su sección transversal fisiológica, la cual es determinada mediante:
 - ◆ Las medidas internas del músculo.
 - ◆ Su estructura interna.
- ▶ El número aproximando de libras (o kilogramos) que el músculo humano promedio puede ejercer por pulgada (o centímetro) cuadrado.

4) Sección Transversal Fisiológica (STF):

a) Concepto:

Corte perpendicular que atraviesa cada fibra muscular dentro del músculo.

b) Cálculo:

▶ Descripción:

Sumar las longitudes de las líneas que cortan perpendicularmente (\perp) a través de las fibras y multiplicar dicha suma por el promedio del grosor del músculo.

▶ Ecuación/fórmula:

$$\text{STF} = \text{Grosor del Músculo} \times \Sigma \text{Longitud \# Líneas Cortan } \perp \text{ Cada Fibra}$$

c) Ejemplo:

DADO:

Grosor del Músculo = 3/4

Longitud de las Líneas que Cortan Perpendicularmente cada Fibra:

1er = 4 pulg.

2da = 5 pulg.

3era = 3 pulg.

BUSQUE:

La Sección Transversal Fisiológica (STF)

SOLUCION:

$$\begin{aligned}
 STF &= 3/4 (4 + 5 + 3) \\
 &= 3/4 (12) \\
 &= 9 \text{ pulgadas cuadradas}
 \end{aligned}$$

2. Punto de aplicación:**a. Concepto:**

Aquel punto en el cual se aplica la fuerza al objeto.

b. Cuando la fuerza de gravedad esta envuelta:

Este punto se aplica siempre a través del centro de gravedad de un objeto.

c. Punto de aplicación de la fuerza muscular:

El punto de inserción muscular entre la línea de fuerza (o tracción) y el eje mecánico de un hueso o segmento que sirve como palanca anatómica.

3. Dirección:**a. Concepto:**

Fuerza transmitida a lo largo de su línea de acción (representada por un vector), la cual se dirige hacia abajo (debido a la fuerza de gravedad) y que comienza desde el centro de gravedad del objeto.

b. Componentes:

1) Línea de aplicación de la fuerza.

2) Sentido de la fuerza.

c. Dirección de la fuerza muscular:**1) Representación:**

La dirección de la línea de tracción (o acción) del músculo.

2) Identificación:

a) El ángulo de tracción del músculo:

► Componentes:

- ◆ Línea de tracción del músculo.
- ◆ La porción del eje mecánico ubicado entre el punto de aplicación y el fulcro.

3) En el cuerpo humano:

a) La fuerza producida por un músculo:

Actúa en la dirección longitudinal del tendón de ese músculo.

F. Descripción Gráfica de la Fuerza:

a. Una flecha:

1) La base (cola) de la flecha:

Representa el punto de aplicación de la fuerza.

2) Orientación/dirección de la flecha:

Representa la línea de aplicación de la fuerza (la dirección de la flecha).

3) La punta de la flecha:

Muestra el sentido de la fuerza.

4) El largo/longitud de la flecha:

Representa la magnitud/intensidad de la fuerza.

5) Extensión de la flecha en cualquier dirección:

Representa una extensión de la línea de aplicación.

G. Resolución de Fuerzas

1. La fuerza es una cantidad vectorial:

a. Justificación:

Posee las cualidades de:

- 1) Magnitud.
- 2) Dirección.

2. Objetivos para la resolución de fuerzas:

- a. Visualizar el efecto que tienen esas fuerzas en el cuerpo.
 - b. Calcular la magnitud de las fuerzas que producen los músculos y las fuerzas de compresión de la articulación.
3. Determinación de la cantidad vectorial que representa la fuerza:

a. Gráficamente:

- 1) La magnitud de la fuerza:

Representa el largo de la línea vectorial.

- 2) El punto de aplicación de la fuerza:

Es el punto donde la fuerza vectorial comienza.

- 3) Dirección de la fuerza aplicada:

La tracción hacia afuera desde el punto de aplicación (la flecha del vector).

4. Angulo de tracción:

a. Principio:

Cuando una fuerza actúa en ángulo en un segmento, esa fuerza puede resolverse en dos fuerzas componentes, una vertical y otra horizontal.

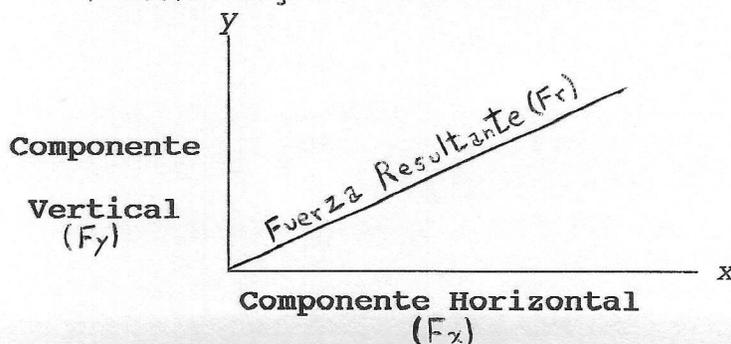
b. Implicación:

- 1) Una fuerza se resuelve en los siguientes componentes:

a) Componente vertical (eje o coordenada-y) (F_y).

b) Componente horizontal (eje o coordenada-x) (F_x).

c) Fuerza Original (Resultante) (R ó F_r)



c. El componente vertical y horizontal:

1) Componente vertical:

Es perpendicular (\perp) al eje de x.

2) Componente horizontal:

Es paralelo al eje de x.

La magnitud y la dirección de estos componentes tienen el mismo efecto que la fuerza original.

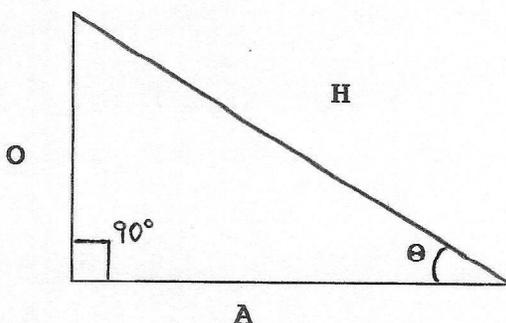
d. Componente rotatorio:

Componente \perp al segmento (que puede ser el eje x) que es la fuerza efectiva en causar el movimiento rotatorio del segmento alrededor de un eje.

e. Componente paralelo:

Componente que causa compresión o distracción entre las superficies articulares.

f. Para calcular la magnitud de cada uno de esos componentes se utilizan las funciones trigonométricas del triángulo recto de Pitágoras donde la hipotenusa es la fuerza original.



DONDE:

O = Opuesto

A = Adyacente

H = Hipotenusa

θ = Angulo de Tracción

$$H^2 = O^2 + A^2$$

$$H = \sqrt{O^2 + A^2}$$

| Lado Opuesto: | Lado Adyacente: |
|-----------------------------|-----------------------------|
| $\sin \theta = \frac{O}{H}$ | $\cos \theta = \frac{A}{H}$ |
| $O = (\sin \theta)H$ | $A = (\cos \theta)H$ |

$$\tan \theta = \frac{O}{A}$$

$$\sin \theta = \cos (90 - \theta)$$

$$\tan \theta = \frac{\sin \theta}{\cos \theta}$$

$$\cotan \theta = \frac{A}{O}$$

g. El tamaño relativo de los componentes vertical y horizontal:

1) Determinante:

El ángulo en el cual la fuerza es aplicada.

h. Analizando la acción musculo-esquelética:

1) El tamaño del ángulo de tracción del músculo:

a) Cambia con cada grado del movimiento articular:

► Esto implica que también cambian los tamaños de los componentes horizontal y vertical:

Entre mayor sea el ángulo entre 0 y 90 grados, mayor será el componente vertical y menor el componente horizontal.

2) Componente rotatorio:

a) Representa el *componente vertical* de la tracción del músculo.

b) Es siempre perpendicular a la palanca.

c) Es aquella parte de la fuerza que mueve la palanca.

3) Componente no rotatorio:

a) Representa el *componente horizontal*.

b) Es paralelo a la palanca.

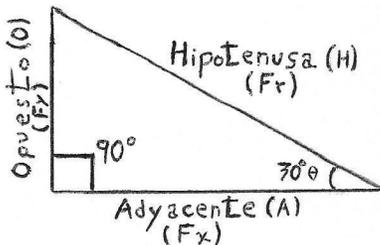
4) Cuando la línea de tracción es de 90 grados:

La fuerza es completamente rotatoria.

5) Cuando la línea de tracción es 45 grados:

Los componentes rotatorios y estabilizadores son iguales.

6) Problema/ejercicio que demuestra el efecto del ángulo de tracción sobre una fuerza rotatoria de un músculo para un ángulo dado:



DADO:

Fuerza = 100 lbs en el punto de la inserción
(Hipotenusa ó H ó Fr)

Angulo de Tracción (θ) = 30 grados

BUSQUE:

- ▶ La *fuerza rotatoria* de su fuerza (Opuesto ó Fy).
- ▶ La *fuerza estabilizadora* de su fuerza (Adyacente ó Fx)
- ▶ El cambio en las fuerzas rotatoria y estabilizadora cuando el ángulo de tracción es de:

10 grados

75 grados

SOLUCION:

▶ A UN ÁNGULO DE TRACCIÓN DE 30°:

♦ Componente Rotatorio (Opuesto):

$$\text{seno } \theta = \frac{\text{Opuesto}}{\text{Hipotenusa}} = \text{seno } 30^\circ = \frac{\text{Opuesto}}{100 \text{ lb}}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Componente Rotatorio} &= (100) (\text{seno } 30^\circ) \\
 &= (100) (0.5000) \\
 &= \boxed{50 \text{ lb}}
 \end{aligned}$$

◆ Componente Estabilizador (Adyacente):

$$\cos \theta = \frac{\text{Adyacente}}{\text{Hipotenusa}} = \cos 30^\circ \frac{\text{Adyacente}}{100 \text{ lb}}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Componente Estabilizador} &= (100) (\cos 30^\circ) \\
 &= (100) (0.8660) \\
 &= \boxed{86.6 \text{ lb}}
 \end{aligned}$$

► A UN ÁNGULO DE TRACCIÓN DE 10° :

◆ Componente Rotatorio (Opuesto):

$$\text{seno } \theta = \frac{\text{Opuesto}}{\text{Hipotenusa}} = \text{seno } 10^\circ \frac{\text{Opuesto}}{100 \text{ lb}}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Componente Rotatorio} &= (100) (\text{seno } 10^\circ) \\
 &= (100) (0.1736) \\
 &= \boxed{17.36 \text{ lb}}
 \end{aligned}$$

◆ Componente Estabilizador (Adyacente):

$$\cos \theta = \frac{\text{Adyacente}}{\text{Hipotenusa}} = \cos 10^\circ \frac{\text{Adyacente}}{100 \text{ lb}}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Componente Estabilizador} &= (100) (\cos 10^\circ) \\
 &= (100) (0.9848)
 \end{aligned}$$

$$= \boxed{98.48 \text{ lb}}$$

► A UN ÁNGULO DE TRACCIÓN DE 75°:

◆ Componente Rotatorio (Opuesto):

$$\text{seno } \theta = \frac{\text{Opuesto}}{\text{Hipotenusa}} = \text{seno } 75^\circ \frac{\text{Opuesto}}{100 \text{ lb}}$$

$$\begin{aligned} \text{Componente Rotatorio} &= (100) (\text{seno } 75^\circ) \\ &= (100) (0.9659) \\ &= \boxed{96.59 \text{ lb}} \end{aligned}$$

◆ Componente Estabilizador (Adyacente):

$$\text{cos } \theta = \frac{\text{Adyacente}}{\text{Hipotenusa}} = \text{cos } 75^\circ \frac{\text{Adyacente}}{100 \text{ lb}}$$

$$\begin{aligned} \text{Componente Estabilizador} &= (100) (\text{cos } 75^\circ) \\ &= (100) (0.2588) \\ &= \boxed{25.88 \text{ lb}} \end{aligned}$$

5. Poleas

a. Concepto:

- 1) Es generalmente un carrete con una cuerda corriendo sobre éste.
- 2) La polea es una rueda acanalada en su circunferencia, que gira alrededor de un eje fijo por la acción de una cuerda que pasa alrededor de ella.
- 2) El eje es sostenido por un armazón.
- 3) Todo el conjunto puede usarse en forma de:

a) Polea fija, o

b) Polea móvil.

b. Función:

Se utilizan para cambiar la dirección de una fuerza ó para aumentar ó disminuir la magnitud de la fuerza.

c. Poleas anatómicas:

1) Descripción general:

En el cuerpo no tenemos poleas como tal pero tenemos unas prominencias oseas y otros medios.

2) Objetivos/propósitos (funciones):

a) Desviar/cambiar la dirección de la fuerza de un músculo:

Esto ocurre al cambiar el ángulo de tracción de un músculo, el cual ejerce su fuerza durante la contracción.

b) Aumentar la ventaja mecánica del músculo:

Esto ocurrir al aumentar su brazo de esfuerzo (distancia perpendicular desde la línea de acción del músculo y el eje de movimiento de la articulación).

3) Ejemplo:

a) La patella:

► Aumenta el ángulo de tracción de los músculos cuádriceps según cruza por el frente de la rodilla (en otras palabras, cambia la dirección de la línea de acción del cuádriceps y aumenta el largo del brazo del esfuerzo del cuádriceps (palancaje):

Esto incrementa el componente de la fuerza rotatoria por parte de los cuádriceps.

4) Tipos de poleas en el cuerpo humano:

a) Dentro del sistema musculoesquelético:

Existen poleas anatómicas de tipo fijas y sencillas.

b. Tipos:

1) Polea sencilla:

Su proposito es cambiar la línea de una fuerza.

2) Poleas movibles:

Este sistema de poleas distribuye el peso que se está levantando a través de un número de cuerdas, por lo tanto proveen ventaja mecánica.

6. Resolución de fuerzas externas:

a. Se lleva a cabo en la misma manera que fue explicado con las fuerzas musculares.

b. Podría ser utilizada cuando la fuerza se aplica a un ángulo oblicuo.

c. Ejemplo:

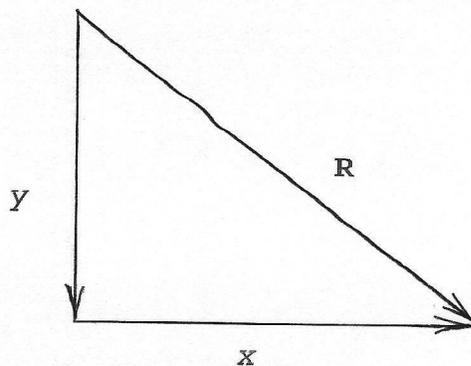
1) Empujar una mesa diagonalmente:

a) La fuerza se aplica en un ángulo oblicuo, por lo que posee ambos componentes de fuerza (vertical y horizontal):

R = Fuerza aplicada diagonalmente.

y = Componente vertical (Le añade a la resistencia).

x = Componente horizontal (sirve para soportar la resistencia de la mesa).



b) Determinate para que se pueda mover la mesa:

► El componente horizontal:

La cantidad total de fuerza aplicada en la dirección horizontal.

H. Efectos Compuestos de Dos o más Fuerzas

1. Fuerzas lineales:

a. Concepto:

- 1) Fuerzas aplicadas en la misma dirección a lo largo de la misma línea de acción.
- 2) Dos fuerzas que actúan en la misma dirección, y se aplican en el mismo punto:

Son equivalentes a una fuerza simple actuando en aquella dirección, y cuya magnitud/intensidad es igual a la suma de las magnitudes/intensidades de cada una de las fuerzas.

b. Ejemplos:

- 1) Dos fuerzas aplicadas a un mismo cuerpo/objeto:

La resultante (c) de las dos fuerzas es igual a la suma de las dos fuerzas ($a + b = c$).

$$\begin{array}{c} a \qquad \qquad \qquad b \qquad \qquad \qquad c \text{ (Resultante)} \\ \longrightarrow \qquad + \qquad \longrightarrow \qquad = \qquad \longrightarrow \end{array}$$

- 2) Dos fuerzas actúan en direcciones opuestas a un mismo cuerpo/objeto:

La resultante (c) de las dos fuerzas es igual a la resta de las dos fuerzas ($a - b = c$)

$$\begin{array}{c} \qquad \qquad \qquad b \\ a \qquad \qquad \qquad b \qquad \longleftarrow \\ \longrightarrow \qquad - \qquad \longleftarrow \qquad = \qquad \xrightarrow{a} \qquad = \qquad \longrightarrow \qquad c \end{array}$$

2. Fuerzas concurrentes:

a. Concepto:

Fuerzas actuando en el mismo punto pero a diferentes ángulos.

b. Principios:

- 1) Dos fuerzas iguales actuando sobre un punto común, y en direcciones opuestas:

Producirán un estado de equilibrio.

- 2) Dos fuerzas desiguales actuando sobre un punto común, y en direcciones opuestas:

- a) Producirán un movimiento en la dirección de la fuerza mayor.

- b) La intensidad de la fuerza que producirá este movimiento será igual a la diferencia entre las intensidades de las dos fuerzas desiguales que se oponen entre si.

- 3) La resultante de dos o más fuerzas concurrentes dependerá de la:

- a) Magnitud de cada fuerza.

- b) El ángulo de aplicación (la dirección de cada fuerza).

3. Fuerzas paralelas:

a. Concepto:

Fuerzas paralelas a la línea de acción que actúan en diferentes puntos sobre el cuerpo.

b. El efecto de las fuerzas paralelas sobre un objeto:

1) Determinantes:

- a) Magnitud de la fuerza.

- b) Dirección de la fuerza.

- c) Punto de aplicación de la fuerza.

III. LAS LEYES DE MOVIMIENTO DE NEWTON

A. Ley de Inercia

1. Descripción de la ley:

Un cuerpo en reposo permanecerá en reposo y un cuerpo en movimiento continuará moviéndose en línea recta y a una velocidad constante a menos que fuerzas externas modifiquen su estado.

2. El concepto de inercia:

- a. La propiedad de un objeto que causa que se mantenga en su estado de reposo o movimiento.
- b. La resistencia de un cuerpo a toda variación en su estado de movimiento o de reposo.
- c. La fuerza efectiva inversa de un cuerpo.

3. La medición de inercia en el cuerpo:

- a. La cantidad de masa que posee:

Entre mayor sea la masa de un objeto, mayor será la inercia.

4. Ejemplo de la aplicación de la ley de inercia:

Una vagoneta colocada en un suelo o carril horizontal requerirá la aplicación de una fuerza considerable para ponerla en movimiento, pero una vez conseguido este objetivo continuará moviéndose hasta que otra fuerza, como por ejemplo la colisión con los parachoques de otra vagoneta, detenga su progresión. Si en la primera vagoneta iba un hombre de pie, éste será proyectado hacia delante en el momento de la colisión ya que su cuerpo continuará moviéndose a causa de la inercia.

B. Ley de Aceleración

1. Descripción de la Ley:

La aceleración de un cuerpo/objeto es directamente proporcional a la fuerza que causa la aceleración y es inversamente proporcional a la masa de ese cuerpo/objeto.

2. Implicaciones:

- a. Si la aceleración de un cuerpo es directamente proporcional a la fuerza, entonces:

Entre mayor sea la fuerza aplicada al cuerpo, mayor será la aceleración.

- b. Si la aceleración de un cuerpo es inversamente proporcional a la masa de un cuerpo, entonces:

Entre mayor sea la masa (o inercia) de un cuerpo, menor será la aceleración en respuesta a una fuerza aplicada dada.

3. El peso de un objeto no es la masa del mismo sino el efecto de la aceleración por la gravedad en una masa. Por lo tanto, el peso es una fuerza.

$$P = m \times g \quad ; \quad m = \frac{P}{g}$$

DONDE:

P = Peso (Fuerza que ejerce la gravedad)

m = masa del cuerpo

g = aceleración de la gravedad (32 pies/seg²)

4. Ecuación:

- a. Relación entre la fuerza, aceleración y masa:

$$a \propto \frac{F}{m} \quad \text{ó} \quad F \propto m \times a$$

DONDE:

a = aceleración del cuerpo (sistema)

F = Fuerza neta externa aplicada al cuerpo

m = masa del cuerpo recibiendo la fuerza externa

α = es proporcional a

- b. Cuando se le asignan unidades de fuerza, masa y aceleración, la relación de estos factores significa se expresa como sigue:

$$a = \frac{F}{m} \quad \text{ó} \quad F = m \times a$$

- c. Ejemplo:

DADO:

$$m = 160 \text{ lbs}$$

$$a = 2 \text{ pies/seg}^2$$

CONOCIDO:

$$m = \frac{F}{g} \quad ; \quad F = \frac{P}{g} \times a$$

SOLUCION:

$$F = \frac{160 \text{ lbs}}{32 \text{ pies/seg}^2} \times 2 \text{ pies/seg}^2$$

$$F = \boxed{10 \text{ lbs}}$$

5. Impulso:

a. Concepto

- 1) El impulso de un cuerpo es la cantidad de movimiento que posee.
- 2) Está representado por el producto de la masa y la velocidad.

El producto de la fuerza y el tiempo sobre la cual actúa (Ft).

b. Principios/implicaciones:

- 1) La fuerza responsable de este impulso producirá un movimiento lento en un cuerpo relativamente pesado
- 2) El movimiento será más rápido en un cuerpo más ligero.

c. Ecuación:

- 1) Impulso es igual al producto de la masa de un objeto y su cambio en velocidad:

$$F(t) = m(v_f - v_i)$$

DONDE:

$F(t)$ = Impulso, donde:

F = Fuerza

t = tiempo durante el cual la fuerza es aplicada

m = masa del objeto

$v_f - v_i$ = cambio en velocidad, donde:

v_f = velocidad final de un sistema

v_i = velocidad inicial de un sistema

6. Momentum:

- a. El producto de la masa y velocidad (mv).
- b. Es una cantidad de movimiento que puede aumentar o reducirse al aumentar o reducir la masa o la

velocidad:

Entre mayor sea la masa o peso (fuerza) de un cuerpo en movimiento y/o mayor sea el tiempo en que se aplica la fuerza, mayor será su cambio en momentum.

c. Ecuación:

$$M = m \times v$$

DONDE:

M = Momentum del sistema

m = masa del sistema

v = velocidad del centro de gravedad del sistema

d. Representación vectorial:

1) Cantidad vectorial:

a) Posee dirección, magnitud y un punto de aplicación.

b) Los vectores se visualizan gráficamente por medio de:

► Una línea de acción:

La línea de acción se dibuja en una escala arbitraria para representar la magnitud de la fuerza.

► Con una flecha que nos indica la dirección de esa fuerza.

► Con un punto de aplicación que representa la aplicación de una fuerza en un cuerpo.

C. Ley de Acción-Reacción:

1. Descripción de la ley:

Para cada acción siempre hay una reacción igual y opuesta.

2. Aplicación:

Un velocista puede aumentar su velocidad de los bloques de salida si aumenta su fuerza contra los bloques.

3. Conservación del momentum:

a. Ley de la conservación del momentum:

1) Concepto:

Un sistema en movimiento continuará moviéndose a un momentum constante a menos que una fuerza externa actúe sobre él.

2) Descripción:

En cualquier sistema donde fuerzas actúan una sobre la otra, el momentum se mantiene constante.

3) Implicaciones teóricas:

- a) Este principio representa el cambio en momentum cuando el objeto o cuerpo es puesto en movimiento por una fuerza.
- b) Puesto que la fuerza que causa este cambio en el momentum debe poseer una fuerza igual y opuesta, debe tomar lugar otro cambio en momentum igual u opuesto sobre el objeto o cuerpo que produce la fuerza reactiva.

IV. FUERZAS QUE MODIFICAN EL MOVIMIENTO

A. Peso:

1. Fuerza de gravedad:

a. Medición:

El peso del cuerpo aplicado a través del centro de gravedad del cuerpo y dirigido hacia el eje de la tierra.

b. Ecuación:

$$P = m \times g$$

2. Fuerzas de contacto:

a. Reacción normal:

1) Las fuerzas siempre existen en parejas:

- a) Las fuerzas que actúan entre dos cuerpos son iguales y actúan en direcciones opuestas (según la Tercera Ley de Newton):

Cada vez que hay un empujón debe haber otro empujón opuesto.

b. Fricción:

1) Concepto/descripción:

- a) La fuerza que se opone al movimiento cuando una superficie se desliza sobre otra.
- b) La fuerza que opone al esfuerzo para que se deslice o ruede un cuerpo sobre el otro.

2) Valor/importancia:

Nos permite caminar, correr y efectuar cualquier tipo de movimiento.

3) Desventaja:

a) Aumenta la dificultad de mover objetos:

- ▶ En ocasiones, se intenta reducir la fricción en ciertos deportes:

- ◆ La suela de los zapatos de los jugadores de boliche:

Deben de poseer muy poca fricción, de manera que puedan deslizarse con mayor facilidad durante el acercamiento.

4) Tipos de fricción:

a) Fricción dinámica:

- ▶ Concepto:

La resistencia de fricción producida durante el movimiento.

- ▶ Característica:

- ◆ Es ligeramente menor que la fricción de limitación.

- ◆ Puede reducirse posteriormente durante los movimientos de una extremidad, siempre que éste permanezca apoyado en una superficie plana, por el uso de una superficie pulimentada, como una tabla en la que se deslice la extremidad.

b) Fricción de limitación:

La fricción que se produce en el preciso momento en que empieza el deslizamiento.

5) La cantidad de fricción entre una superficie y la otra:

a) Determinantes:

- ▶ La naturaleza de las superficies.
- ▶ La naturaleza de las fuerzas que presionan ambas superficies.

b) Ejemplos:

Las superficies lisas poseen menos fricción que las ásperas/rústicas.

6) Principios:

- a) La fricción es proporcional a la fuerza que presiona ambas superficies.
- b) La fuerza de la fricción actúa paralela a las superficies que se deslizan una sobre la otra y opuesta a la dirección del movimiento.

7) Ejemplos prácticos concerniente a la aplicación de los principios de la fricción:

a) Para poder reducir la fricción:

- ▶ La aplicación de polvo de talco o de aceite en la superficie de apoyo reducirá sucesivamente la fricción y contribuirá a facilitar el movimiento
- ▶ La suspensión de la región que deba moverse eliminará virtualmente toda resistencia de fricción.

- b) La fricción puede ser suficiente para impedir el movimiento, como en el caso de superficies o sustancias rugosas, tales como la goma, cuando se hallan en contacto una con otra.

8) Coeficiente de fricción:

a) Concepto:

La razón entre la fuerza requerida para contrarrestar la fricción ejercida por la

fuerza que aguanta o presiona las superficies una hacia la otra.

b) Ecuación/fórmula:

$$\mu = \frac{F}{P}$$

DONDE:

μ = Coeficiente de fricción

F = Fuerza requerida para mover el objeto

P = La fuerza que aguanta (o presiona) al objeto contra la superficie. Equivale al peso del objeto.

b. Elasticidad y rebote:

1) Coeficiente de elasticidad o restitución:

a) Concepto/definición:

El estrés dividido entre esfuerzo ("strain").

b) Ejemplos en deportes:

La compresión de bolas.

2) Angulo de rebote:

a) Principios:

► El rebote de un objeto perfectamente elástico es similar a la reflexión de la luz:

El ángulo de incidencia es igual al ángulo de reflexión.

3) Efectos del giro ("spin") sobre el rebote:

a) Afecta los ángulos de rebote.

3. Fuerzas de fluido (líquido):

a. Flotabilidad:

1) Concepto:

a) Fuerzas dirigidas hacia arriba que contrabalancean el peso (fuerza) que actúa verticalmente a través del centro de gravedad de un objeto en agua:

La magnitud de esta fuerza es igual al peso del agua desplazada por el cuerpo flotante.

b) Principio de Arquímedes:

- ▶ Cualquier objeto sólido completamente o parcialmente sumergido en un líquido flotará mediante una fuerza igual al peso del líquido desplazado por el objeto:

Un cuerpo sumergido en agua se hundirá hasta que el peso del agua que desplaza sea igual al peso del cuerpo.

- ▶ Objetos que se hunden (flotabilidad negativa):

- ◆ No desplazan la cantidad suficiente de agua para que igualen su peso:

Cuando el volumen de agua desplazado por un objeto o cuerpo pesa menos que el peso del objeto/cuerpo, el objeto/cuerpo se hundirá.

- ▶ Cantidad de agua desplazada por un objeto o cuerpo (la fuerza boyante positiva actuando sobre el centro de gravedad del objeto/cuerpo sumergido en el agua):

- ◆ Equivale a la diferencia en el peso de un objeto cuando se encuentra sumergido en agua y el peso de ese mismo objeto determinado fuera el agua.

- ▶ El peso del agua que desplaza el objeto o cuerpo:

- ◆ Equivale al peso total del objeto/cuerpo flotante.

2) Componentes de la flotabilidad:

a) Fuerza boyante:

- ▶ Concepto:

Representa la presión que ejerce el agua hacia arriba contra el volumen/objeto sumergido en el agua.

- ▶ Si la fuerza boyante excede la fuerza de gravedad (en otras palabras, si el peso del objeto/cuerpo es menor que la fuerza boyante máxima):

El objeto sube (flota).

- ▶ Si la fuerza de gravedad excede la fuerza boyante: (en otras palabras, si el peso del objeto/cuerpo es mayor que la fuerza boyante máxima):

El objeto se hunde.

- ▶ Si la fuerza de boyante y la de gravedad son iguales:

El objeto no subirá y se hundirá.

- ▶ Origen de la fuerza boyante:

Las fuerzas de presión

- ▶ Determinación de la fuerza boyante (fuerza hacia arriba neta):

- ◆ La diferencia entre las fuerzas hacia arriba y las de abajo.

- ◆ Equivale al peso del líquido desplazado.

- b) Centro de flotabilidad del volumen/objeto:

- ▶ Representa el punto a través del cual actúa la fuerza boyante:

Es el punto de aplicación de la fuerza boyante.

- 3) Gravedad específica:

- a) Concepto:

La razón (proporción) del peso del cuerpo de un volumen de agua equivalente.

- b) Objetos que poseen una gravedad específica de 1.0:

- ▶ Son aquellos que desplazan una cantidad de agua igual en peso y volumen a su peso y volumen.

- ▶ Ejemplo:

El agua pura.

- c) Objetos que poseen una gravedad específica menos de 1.0:

- ▶ Son menos densos que el agua pura.

- ▶ Flotarán:

- ◆ Son aquellos que desplazan un volumen de agua menos que su volumen:

Estos objetos o cuerpos flotarán con parte de éstos sobre la superficie del agua.

- d) Objetos que poseen una gravedad específica mayor de 1.0:

- ▶ Son más densos.
- ▶ Se hundirán.

- e) Gravedad específica en seres humanos:

- ▶ Entre mayor cantidad de grasa (y menos cantidad de masa muscular) posea el individuo, menor será la gravedad específica, y viceversa.
- ▶ Gravedad específica de las diferentes partes del cuerpo:

- ◆ Determinante:

La distribución del tejido muscular, óseo y adiposo (grasa) en el cuerpo.

- ◆ Las extremidades inferiores (piernas):

- Poseen comunmente una alta gravedad específica:

Consecuentemente, estas son las partes del cuerpo que con frecuencia se hunden durante una flotación de espalda en el agua.

- ◆ La región torácica:

- Poseen comunmente una baja gravedad específica (poseen el peso más bajo para su volumen):

Esto implica que la región torácica es la parte más boyante del cuerpo. El cuerpo puede aumentar su capacidad boyante (flotabilidad positiva) en ésta región del cuerpo al mantener sus pulmones inflados con aire.

- ▶ Gravedad específica en mujeres:

- ◆ Poseen mayores proporciones de grasa que los varones:

- Esto implica que poseen una gravedad específica menor que la de los varones:

Como resultado, las mujeres se encuentran más capacitadas para flotar en comparación con los hombres.

b. Levantamiento y arrastre:

1) Fuerza de levante:

- a) Cuando un cuerpo se mueve a través de un fluido:

La fuerza de levante representa la fuerza del fluido que se opone al movimiento hacia el frente del cuerpo.

- b) Es perpendicular a la fuerza de arrastre.

- c) Provoca que al cuerpo levantarse conforme se mueve hacia el frente.

c. Patrones en el aire y giro (spin) de la bola:

1. El patrón de aire que rodea a un objeto, puede ser:

- a. Liso.

- b. Turbulento.

- c. Principio de Bernoulli:

La presión en un líquido que se mueve disminuye conforme su velocidad aumenta.

V. TRABAJO, POTENCIA Y ENERGIA

A. Trabajo

1. Concepto:

El producto de la cantidad de fuerza aplicada y la distancia a través de la cual la fuerza actúa para contrarrestar su resistencia.

2. Ecuación/fórmula:

- a. Trabajo realizado por un cuerpo desplazándose en un movimiento lineal:

$$T = F \times d$$

DONDE:

T = Trabajo realizado

F = Fuerza aplicada por el objeto o cuerpo

d = Distancia que recorre la aplicación de la fuerza

3. Unidades de medida/expresión:

a. La combinación de una unidad de fuerza con una unidad de distancia:

1) Sistema Inglés:

Pies-Libras (pies-lbs)

2) Sistema métrico:

a) Julios (J):

1 julio equivale a $10^2 \times 1$ gramo de fuerza ejercido a través de 1 centímetro.

4. Ejemplos:

PROBLEMA # 1:

Determinar el trabajo requerido para levantar un maletín del piso que pesa 20 libras del piso para colocarlo en una mesa ubicada a 5 pies del suelo.

DADO:

$$F = 20 \text{ lbs}$$

$$d = 5 \text{ pies}$$

CONOCIDO:

$$T = F \times d$$

SOLUCION:

$$T = 5 \text{ pies} \times 100 \text{ lbs}$$

$$T = \boxed{100 \text{ pies-lbs}}$$

PROBLEMA # 2:

Determinar el trabajo realizado cuando se aplica una fuerza de 20 libras a lo largo de un plano inclinado que mide 10 pies con una distancia vertical de 5 pies.

DADO:

F = Fuerza requerida para contrrestar la resistencia
= 20 lbs

p = Plano de inclinación = 10 pies

d = Distancia vertical = 20 lbs

CONOCIDO:

$$T = F \times d$$

SOLUCION:

$$T = 20 \text{ lbs} \times 5 \text{ pies}$$

$$= \boxed{100 \text{ lbs-pies}}$$

5. Tipos de trabajo:

a. Positivo:

1) Concepto:

Aquel trabajo efectuado en la misma dirección en que el cuerpo se mueve.

2) Ejemplo:

a) Durante la acción muscular concéntrica de los músculos extensores de las piernas para colocarse de pie desde una posición en cuclillas (rodillas flexionadas):

► Los músculos extensores de la pierna se contraen concéntricamente, a favor de la fuerza de gravedad:

El cuerpo se mueve en la misma dirección que los músculos extensores contraiéndose concéntricamente.

b. Negativo:

1) Concepto:

Aquel trabajo realizado en dirección opuesta al movimiento del cuerpo.

2) Ejemplo:

a) Durante la acción muscular excéntrica envuelta por parte de los extensores de las piernas al flexionar las rodillas (encuclillarse):

- Los músculos extensores de la pierna se contraen excéntricamente para resistir el efecto de la fuerza de gravedad sobre el cuerpo:

El cuerpo se mueve en una dirección opuesta a la fuerza de contracción excéntrica hacia arriba que ejercen los músculos de las piernas.

6. Trabajo mecánico realizado por un músculo individual:

a. Ejemplos:

1) Cuando se conoce la fuerza ejercida por un músculo:

PROBLEMA:

Determinar el trabajo (en pies-libras) efectuado por un músculo rectangular, 4 pulgadas de ancho y $1\frac{1}{2}$ pulgada de ancho ejerciendo una fuerza de 66 libras mientras mueve angularmente una palanca ósea.

DADO:

$$F = 66 \text{ lbs}$$

Longitud de las Fibras Musculares en Reposo
= 4 pulg

d = Cantidad de Acortamiento
= Mitad de su Longitud en Reposo
= 2 pulg.

CONOCIDO:

$$T = F \times d$$

Acortamiento de la Fibra Muscular Promedio
= Mitad de su Longitud en Reposo

Fibras de un Músculo Rectángulo Pequeño:
Corren Todo el Largo del Músculo

$$12 \text{ pulg} = 1 \text{ pie}$$

SOLUCION:

$$T = (66 \text{ lbs}) \left(2 \text{ pulg} \times \frac{1 \text{ pie}}{12 \text{ pulg}} \right)$$

$$= \boxed{11 \text{ pies-lbs}}$$

- 2) Cuando no se conoce la fuerza ejercida por un músculo:

DADO:

$$F = 90 \text{ lbs/pulg}^2$$

$$\text{Grosor del Músculo} = 0.5 \text{ pulg.}$$

$$\text{Ancho del Músculo} = 1.5 \text{ pulg.}$$

$$d = \text{Cantidad de Acortamiento}$$

$$= \text{Mitad de su Longitud en Reposo}$$

$$= 2 \text{ pulg.}$$

CONOCIDO:

$$T = F \times d$$

$$F = \text{Sección Transversal Fisiológica (STF)}$$

$$= \text{Sección Transversal (ST) del Músculo}$$

$$\text{STF} = \text{Grosor del Músculo}$$

$$\times \Sigma \text{ Longitud \# Líneas Cortan } \perp \text{ Cada Fibra}$$

$$\text{ST} = \text{Ancho del Músculo} \times \text{Grosor del Músculo}$$

$$12 \text{ pulg} = 1 \text{ pie}$$

SOLUCION:

1. Buscar la Sección Transversal (ST) del Músculo:

$$\text{ST} = 1.5 \text{ pulg} \times 0.5 \text{ pulg}$$

$$= \boxed{0.75 \text{ pulg}^2}$$

2. Buscar la cantidad de fuerza ejercida por el músculo:

Dado:

Fuerza (F) Promedio = 90 lb/pulg²

Sección Transversal (ST) = 0.75 pulg²

Solución:

$$F = 90 \text{ lb/pulg}^2 \times 0.75 \text{ pulg}^2$$

$$= \boxed{67.5 \text{ lb}}$$

3. Buscar la cantidad de trabajo efectuado por este músculo, primero en pulgadas-libras y luego en pies-libras:

► Trabajo en pulg-lb:

$$T = (67.5 \text{ lbs}) (2 \text{ pulg})$$

$$= \boxed{135 \text{ pulg-lbs}}$$

► Trabajo en pies-lb:

$$T = \frac{135 \text{ pulg-lbs}}{1} \times \frac{1 \text{ pie}}{12 \text{ pulg}}$$

$$= \boxed{11.25 \text{ pies-lbs}}$$

- b. Trabajo realizado por un músculo cuya la longitud promedio de su fibra muscular se conoce y su sección transversal fisiológica (STF) se ha determinado:

1) Ecuación/Fórmula:

a) En pulg-lbs:

$$T = 90 \times \text{STF (en pulg}^2)$$

$$\times \frac{1}{2} \text{ Longitud de sus Fibras (en pulg)}$$

b) En pies-lbs:

$$T = [90 \times \text{STF (en pulg}^2) \\ \times \frac{1}{2} \text{ Longitud de sus Fibras (en pulg)}] \\ \times \frac{1 \text{ pie}}{12 \text{ pulg}}$$

B. Potencia

1. Concepto:

La cantidad de trabajo realizado por una unidad de tiempo.

2. Ecuación/fórmula:

a. Ecuación Convencional:

$$P = \frac{F \times d}{t} \quad \text{ó} \quad P = \frac{T}{t}$$

DONDE:

P = Potencia

T = Trabajo Mecánico Realizado

t = Tiempo

b. Tomando en consideración que $\frac{d}{t}$ es una unidad de velocidad (v):

$$P = F \times v$$

3. Unidades de medida/expresión:

a. La combinación de una unidad de trabajo con una unidad de tiempo:

1) Sistema Inglés:

a) Pies-Libras por minuto (pies-lbs/min):

Potencia (P) producida cuando la fuerza (F) constante de una (1) libra actúa sobre un cuerpo un objeto que se mueve verticalmente a lo largo de una distancia (d) de un (1) pie en un (1) minuto (min).

b) Caballo de fuerza (CF), caballo de vapor (CV) ó "horse power" (hp):

- ▶ Aquel trabajo capaz de levantar/desplazar verticalmente un *peso* o *masa* de 75 kilogramos a la altura/distancia de un (1) metro (m) en el tiempo de un (1) segundo (seg).
- ▶ Es utilizado como una unidad de potencia mecánica.

2) Sistema métrico:

a) Vatio o Watt (W):

- ▶ Es la potencia (P) producida por el paso de un (1) amperio de corriente que circula con una fuerza o presión electromotriz de un (1) voltio.
- ▶ El trabajo realizado durante un (1) segundo capaz de producir/emitir la energía de un (1) Julio (J).
- ▶ Es la medida que describe la potencia eléctrica producida en un cicloergómetro electromecánico.

b) Kilopondio-metro por minuto (kpm/min):

- ▶ La fuerza (F) requerida para mover un *resistencia*, *peso* o *masa* de un (1) kilogramo a través de una distancia (d) de un (1) metro en un (1) minuto (min).
- ▶ Se utiliza para describir la cadencia de trabajo (potencia producida) en un cicloergómetro mecánico.

4. Equivalencias métricas e inglesas:

$$1 \text{ kpm/min} = 7.23 \text{ pies-lb/min} = 0.16345 \text{ W} = 0.000219 \text{ hp}$$

$$1 \text{ kpm//seg} = 9.81 \text{ W}$$

$$1 \text{ pie-lb/min} = 0.1383 \text{ kpm/min} = 0.0226 \text{ W} = 0.00003 \text{ hp}$$

$$1 \text{ pie-lb/min} = 1.3559 \text{ W}$$

$$1 \text{ W} = 6.118 \text{ kpm/min} = 44.236 \text{ pies-lb/min} = 0.001341 \text{ hp} \\ = 1 \text{ J/seg}$$

$$1 \text{ hp} = 4,564.0 \text{ kpm/min} = 33,000.0 \text{ pies-lb} = 746.0 \text{ W}$$

$$1 \text{ hp} = 75 \text{ kpm/seg} = 550 \text{ pies-lbs/seg}$$

C. Energía

1. Concepto:

Capacidad para hacer trabajo.

2. Características:

a. Se dice que un cuerpo posee energía cuando éste pueda efectuar trabajo.

b. Existen diferentes formas de energía:

1) Ejemplos de algunas formas de energía:

Calor, sonido, luz, eléctrica, química, atómica y mecánica.

c. Una forma de energía puede ser convertida en otra forma:

1) Ejemplo:

a) Cuando una bola es golpeada por un bate:

Parte de la energía mecánica se convierte en energía de sonido y calor, pero nunca la energía se pierde.

d. La energía no puede ser creada ni destruida (Ley de Conservación de la Energía):

1) Principio:

La cantidad total de energía que posee un cuerpo o un sistema aislado permanece constante.

3. Clasificación:

a. Energía potencial:

1) Concepto:

La capacidad que posee un cuerpo para realizar trabajo debido a su posición o configuración.

2) Ejemplos:

a) Un peso de pie:

► Un clavadista de pie en la plataforma.

- ▶ Un codo doblado.
- ▶ Un resorte/muelle comprimido.

3) Cálculo:

a) Descripción verbal:

El producto de la fuerza de un objeto posee y la distancia sobre la cual puede actuar.

b) Ecuación/fórmula:

$$EP = m \times g \times h$$

DONDE:

EP = Energía Potencial
 m = La masa del cuerpo
 g = Fuerza de gravedad
 h = La altura entre el centro de gravedad y la superficie sobre la cual caerá el objeto

c) Ejemplo:

PROBLEMA:

Determinar la Energía Potencia de un clavadista de pie en una plataforma de clavados.

DADO:

$$m = 150 \text{ lbs}$$

$$g = 150 \text{ lbs}$$

Centro de Gravedad (CG): 20 pies sobre la superficie del agua

$$h = 20 \text{ pies}$$

CONOCIDO:

$$EP = m \times g \times h$$

SOLUCION:

$$EP = 150 \text{ lb} \times 20 \text{ pies}$$

$$= \boxed{3,000 \text{ pies-lb}}$$

b. Energía cinética:

1) Concepto:

La energía que resulta del movimiento.

2) Características/implicaciones:

a) Entre más rápido se mueva un cuerpo, mayor energía cinética posee.

b) Cuando un cuerpo deja de moverse, su energía cinética se pierde.

3) Ecuación/fórmula:

$$EC = \frac{1}{2} \times M \times v^2$$

DONDE:

EC = Energía Cinética

m = La masa del cuerpo u objeto

v = velocidad

VI. REFERENCIAS

1. Barham, Jerry N. *Mechanical Kinesiology*. Saint Louis: The C.V. Mosby Company, 1978. Págs. 287-299, 414-421.
2. Bäumlér, Günther y Klaus Schneider. *Biomecánica Deportiva: Fundamentos para el Estudio y la Práctica*. España, Barcelona: Ediciones Martinez Roca, S.A., 1989. Págs. 55-
3. Brancazzio, Peter. *Sport Science: Physical Laws and Optimum Performance*. New York: Simon and Schuster, 1984. Págs. 56-117.
4. Cooper, John M., Marlene Adrian y Ruth B. Glassow. *Kinesiology*. St. Louis: The C.V. Mosby Company, 1982. Págs. 66-91.
5. Gowitzke, Barbara A. y Morris Milner. *Scientific Bases of Human Movement*. 3ra. ed., Baltimore: William & Wilkins, 1988. Págs. 61-82.
6. Hay, James G. *Biomechanics of Sports Technique*. 3ra. ed.; Englewood Cliffs, New Jersey: Prentice-Hall, Inc., 1985. Págs. 57-104, 169-175.
7. Hochmuth, Gerhard. *Biomechanics of Athletic Movement*. German Democratic Republic: Sportverlag Berlin, 1984.

Págs. 26-38, 65-77, 120-153.

8. Kreighbaum, Ellen y Katharine M. Barthels. *Biomechanics: A Qualitative Approach for Studying Human Movement*. Minneapolis, Minn.: Burgess Publishing Company, 1981. Págs. 12-24, 43-49, 50-83, 415-424.
9. Leveau, Barney F. "Basic Biomechanics in Sports and Orthopaedic Therapy". En: James A. Gould III y George J. Davies (editores). *Orthopaedic and Sports Physical Therapy*. Vol II. St Louis: The C.V. Mosby Company, 1985. Págs. 65-83.
10. Luttgens, Kathryn y Katharine F. Wells. *Kinesiology: Scientific Basis of Human Motion*. 7ma. ed.; Philadelphia: Saunders College Publishing, 1982. Págs. 307-348
11. Rash, Phillip J. y Roger K. Burke. *Kinesiología y Anatomía Aplicada*. 6ta. ed.; Buenos Aires: Librería "El Ateneo" Editorial, 1985. Págs. 75-82.
12. Soderberg, Gary L. *Kinesiology: Application to Pathological Motion*. Baltimore: Williams & Wilkins, 1986. Págs.
13. Vivente Casas Reyes, José; Josué Muños Quevedo y Jorge Quiroga Chaparro. *Física: Cinemática-Dinámica y Energía*. México: Editorial Limusa, 1977. Págs. 129-174.
14. Wiktorin, Christina V. Heijne y Margareta Nordin. *Introduction to Problem Solving in Biomechanics*. Philadelphia: Lea & Febiger, 1986. Págs. 1 -31.