



# BIOMECÁNICA: Cinemática

## Descripción/Análisis Cinemático del Movimiento Humano



**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/anatocinesiol/anatocinesiol.html>



Saludmed 2024, 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).



# CONTENIDO DE LA PRESENTACIÓN

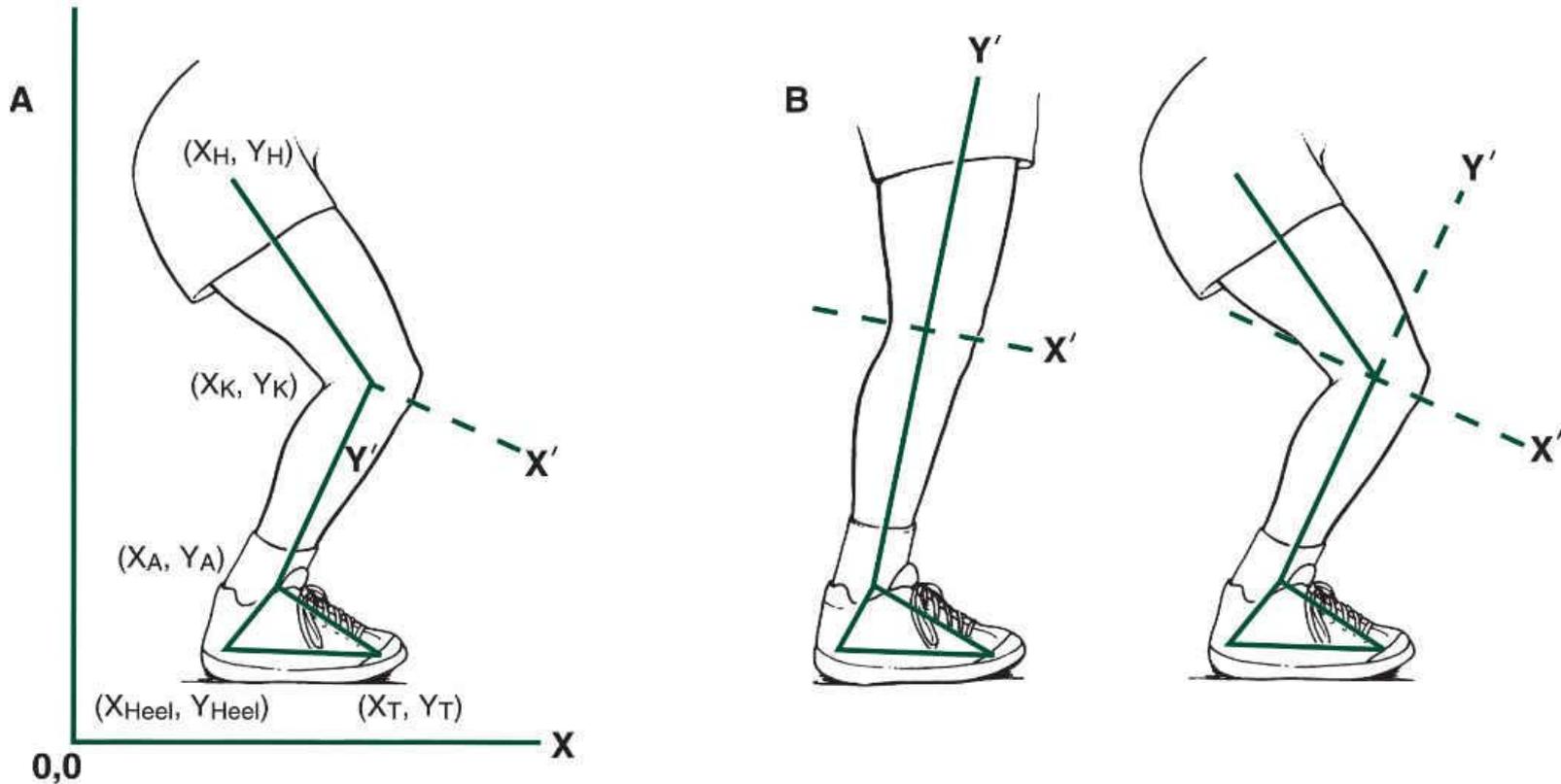
- Introducción**
- Conceptos Básicos**
- Estructura**
- Clasificación de los músculos esqueléticos**
- El eje mecánico del hueso o segmento**
- La placa o lámina epifisaria**
- Divisiones del esqueleto**
- Anatomía del sistema esquelético**
- Preguntas**



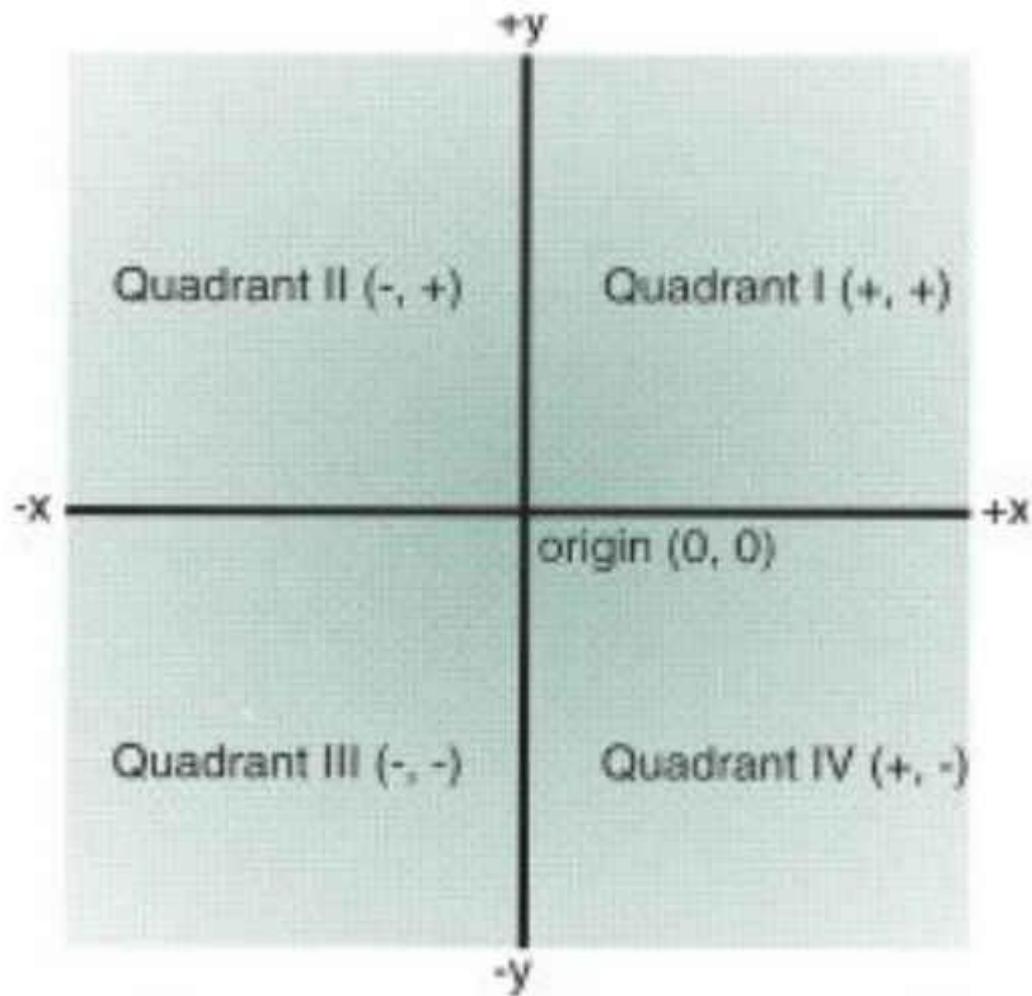
## BIOMECÁNICA: CINEMÁTICA LINEAL

\* COLECCIÓN DE LOS DATOS CINEMÁTICOS \*

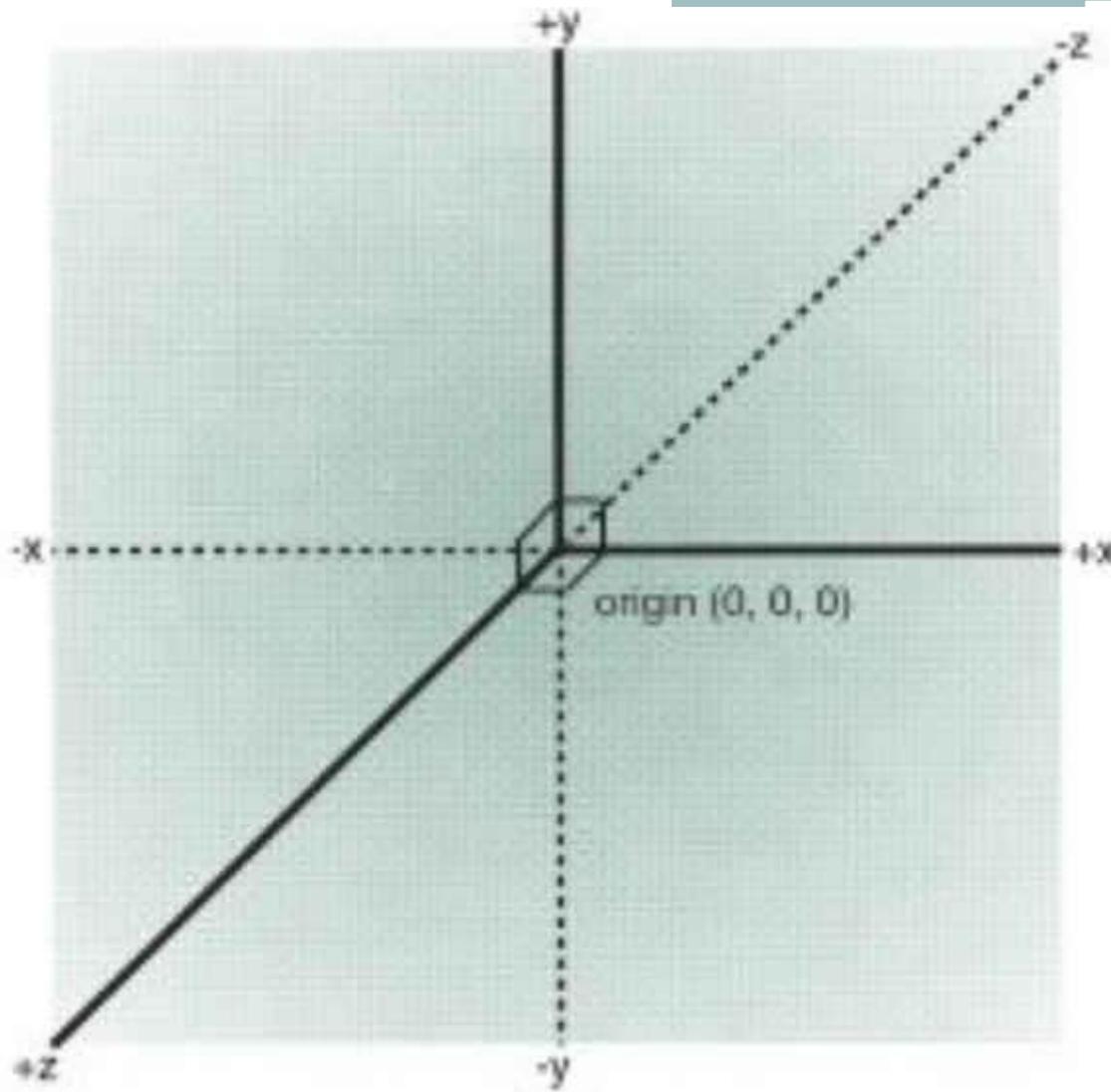
### Sistemas de Referencia



**FIGURE 8-2** A. A two-dimensional reference system that defines the motion of all digitized points in a frame. B. A two-dimensional reference system placed at the knee joint center with the y-axis defining the long axis of the tibia.

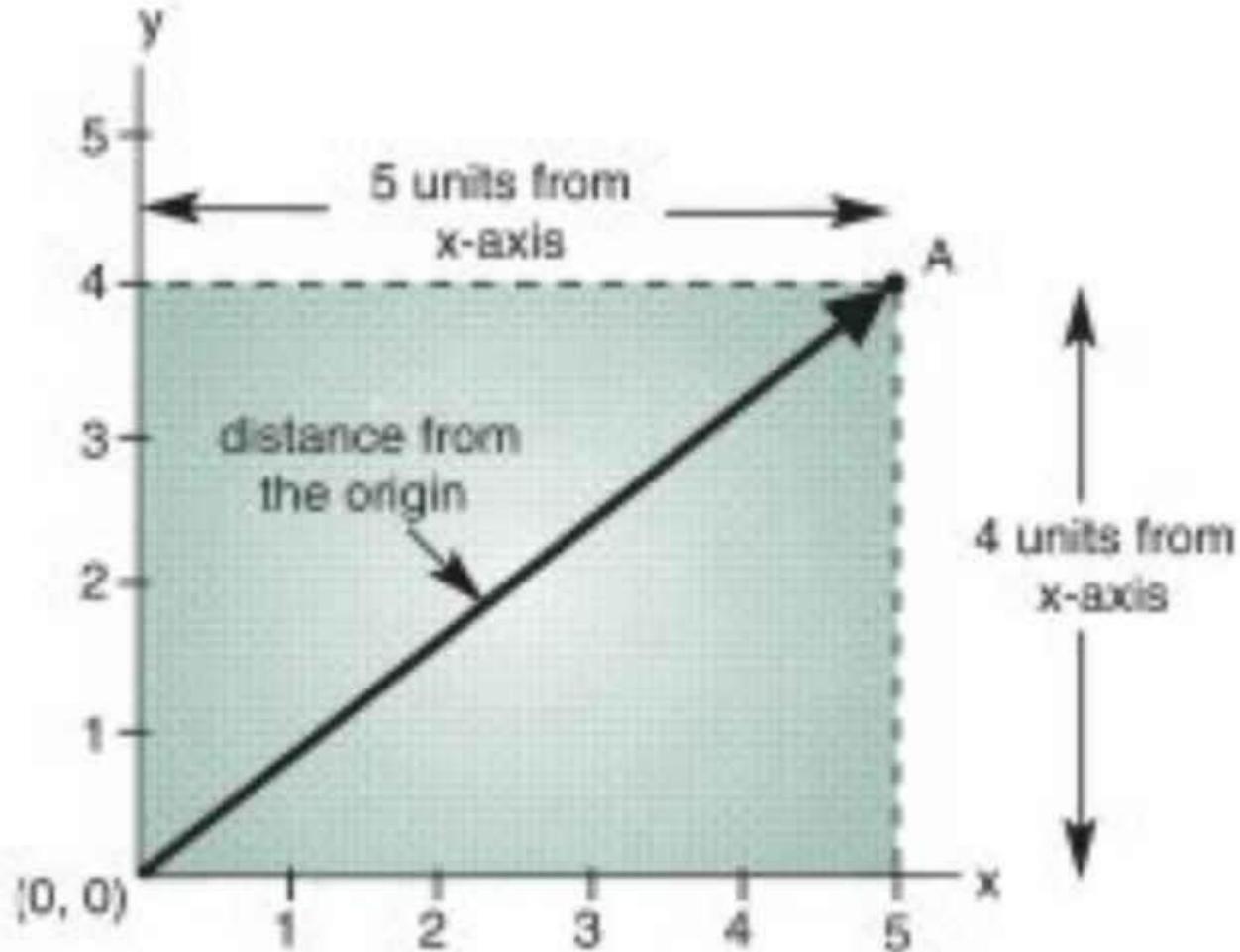


**FIGURE 8-3** The quadrants and signs of the coordinates in a two-dimensional coordinate system.

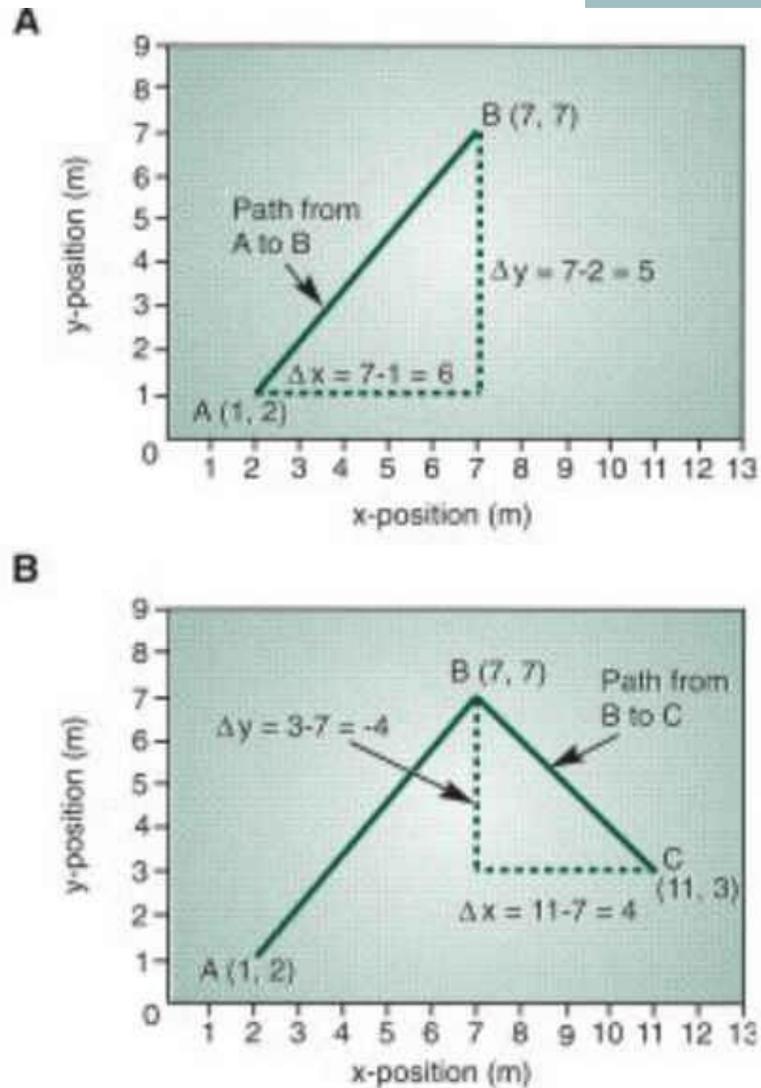


**FIGURE 8-4** A three-dimensional coordinate system.

**NOTA.** Reproducido de: *Biomechanical Basis of Human Movement*. 3ra. ed.; (p. 304), por J. Hamill, & K. M. Knutzen, 2009, Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins. Copyright 2009 por Lippincott Williams & Wilkins, a Wolters Kluwer business.



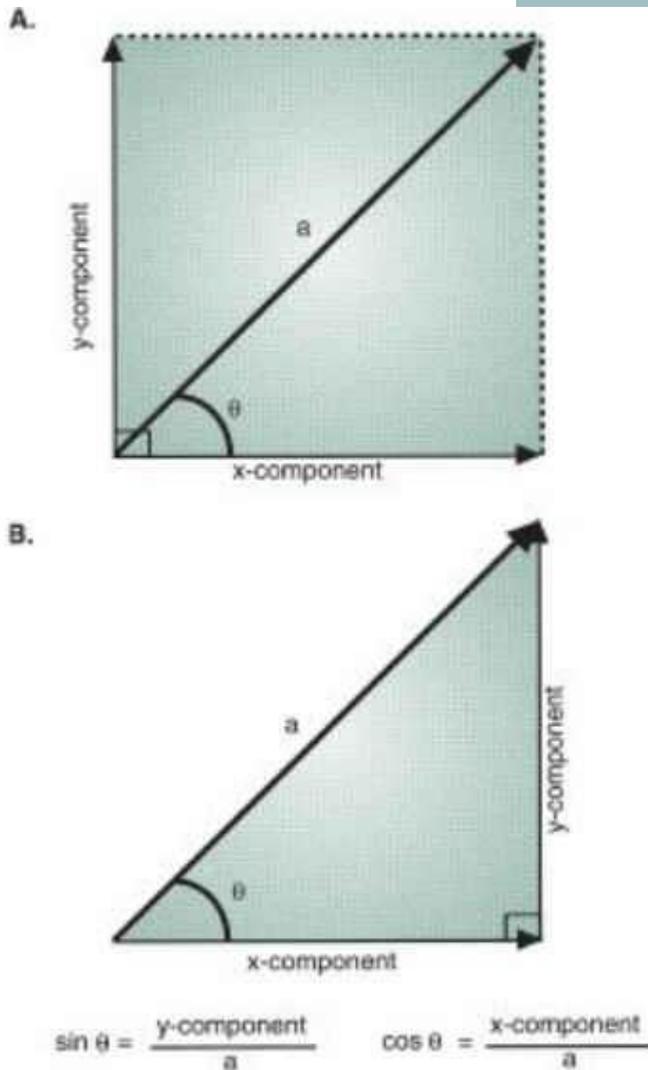
**FIGURE 8-5** A two-dimensional coordinate system illustrating the ordered pair of numbers defining a point relative to the origin.



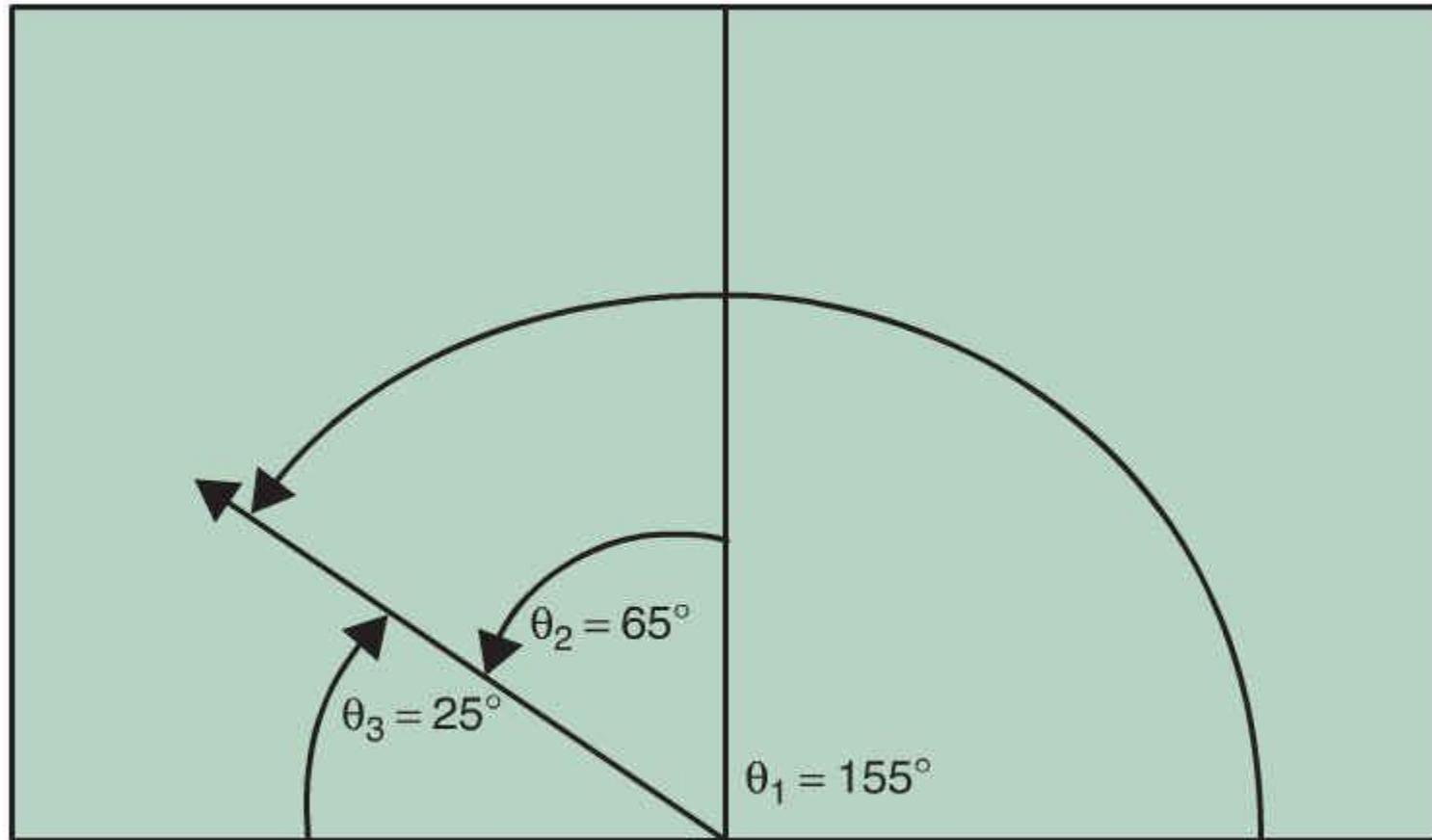
**FIGURE 8-12** The horizontal and vertical displacements in a coordinate system of the path from **(A)** A to B and **(B)** B to C.



**FIGURE 8-6** A runner marked for a sagittal kinematic analysis of the right leg.



**FIGURE 8-9** Vector *a* resolved into its horizontal (x) and vertical (y) components using the trigonometric functions sine and cosine. **A.** Components. **B.** The components and vector form a right triangle.



**FIGURE 8-10** The orientation of a vector can be described relative to a variety of references, including the right horizontal ( $\theta_1$ ), the vertical ( $\theta_2$ ), and the left horizontal ( $\theta_3$ ).



# MOVIMIENTO HUMANO



**El Acto o Proceso  
de Cambiar de  
Lugar o Posición  
con Respecto a  
Algún Objeto de  
Referencia**



# MOVIMIENTO RELATIVO

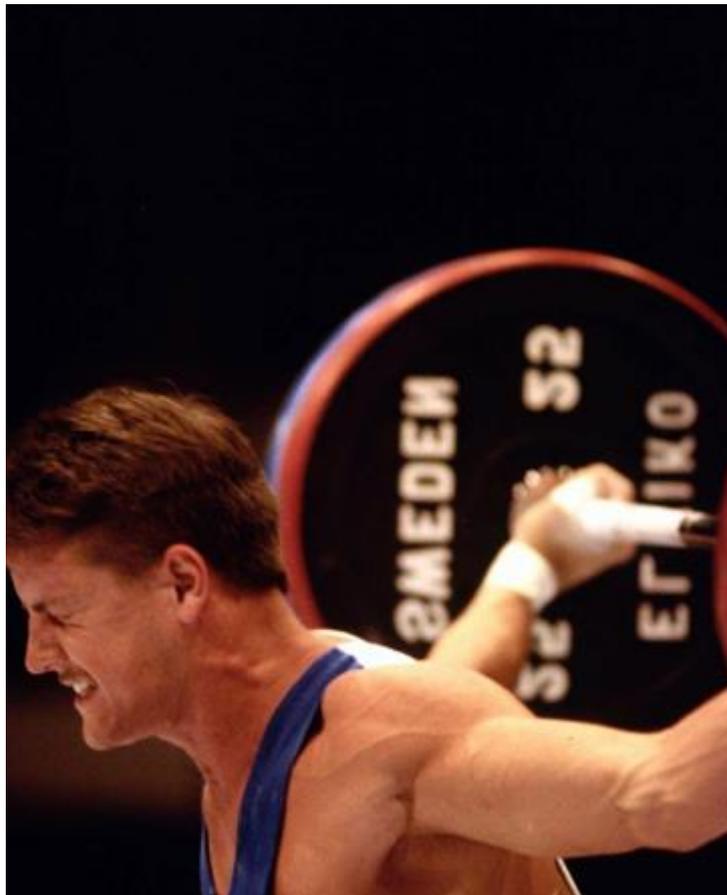


**La Relación del  
Movimiento al  
Objeto o Punto  
Específico de  
Referencia**





# CAUSA DEL MOVIMIENTO



**La Magnitud  
de la Fuerza  
Relativa a la  
Magnitud de la  
Resistencia**



**TIPOS/FORMAS**

**DE**

**MOVIMIENTO**





|  |  |  |
|--|--|--|
| <p><b>Traslación Rectilínea</b></p>          |  |  |
| <p><b>Traslación Curvilínea</b></p>          |  |  |
| <p><b>Movimiento Angular o Rotatorio</b></p> |  |  |
| <p><b>General</b></p>                        |  |  |

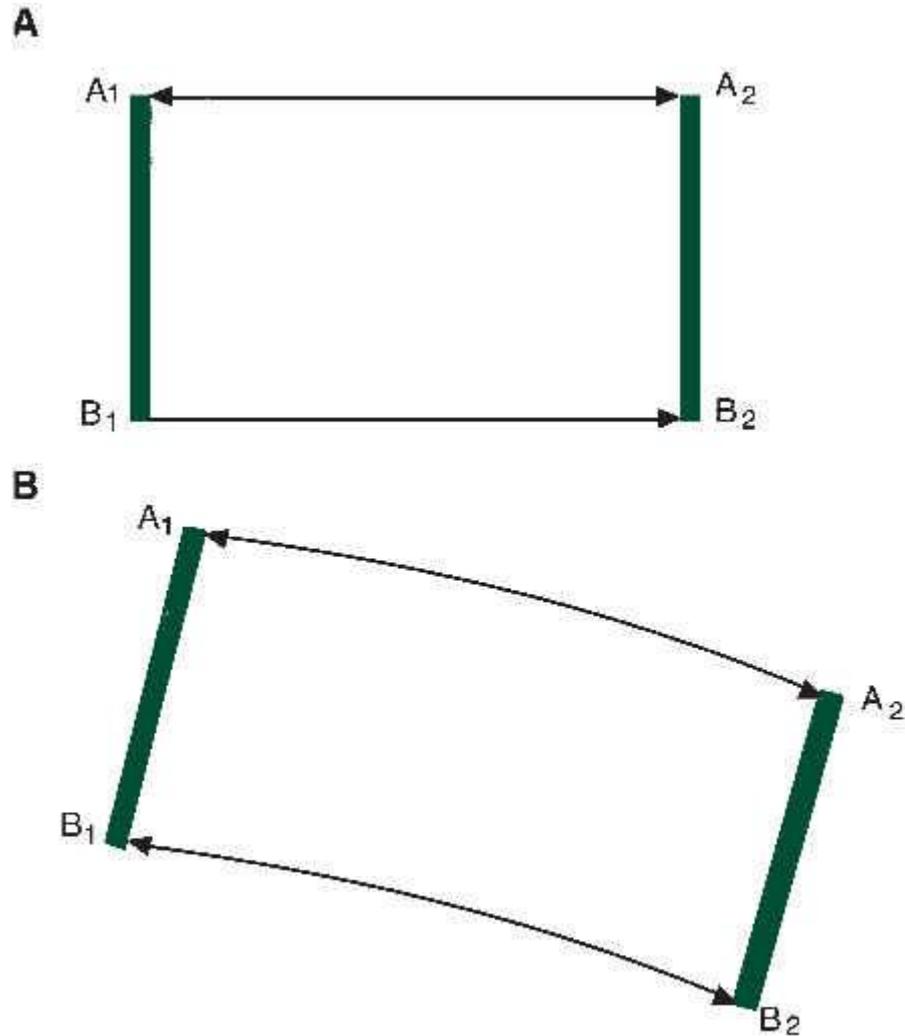
**TIPOS**

**DE**

**MOVIMIENTOS**

**CON**

**EJEMPLOS**



**FIGURE 8-1** Types of translational motion. **A.** Straight-line or rectilinear motion. **B.** Curvilinear motion. In both A and B, the motion from A<sub>1</sub> to A<sub>2</sub> and B<sub>1</sub> to B<sub>2</sub> is the same and occurs in the same amount of time.



# TIPOS DE MOVIMIENTO

## Traslatorio o Lineal



**El Objeto se  
Traslada como  
un Todo de un  
Lugar a Otro**





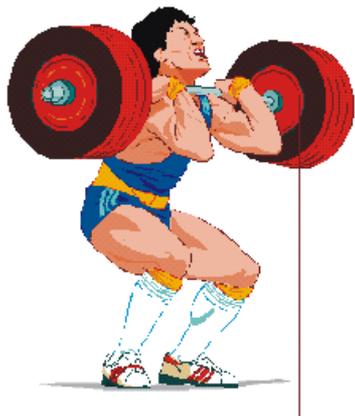
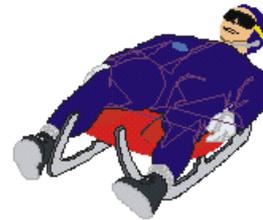
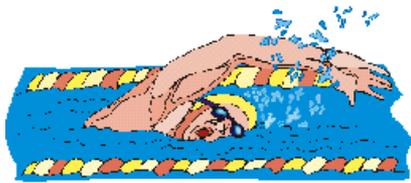
# EJEMPLOS

# DE

# MOVIMIENTOS

# TRASLATORIOS

# RECTILÍNEOS





## TIPOS DE MOVIMIENTO

## Traslatorio o Lineal

## CLASIFICACIÓN: Movimiento Curvilíneo



**Todo Movimiento Traslatorio en el Cual el Objeto se Mueve en un Patrón Curvo**



# EJEMPLOS

# DE

# MOVIMIENTOS

# TRASLATORIOS

# CURVILÍNEOS



# MOVIMIENTO CURVILÍNEO

## Movimiento en una Línea Recta

### Circular

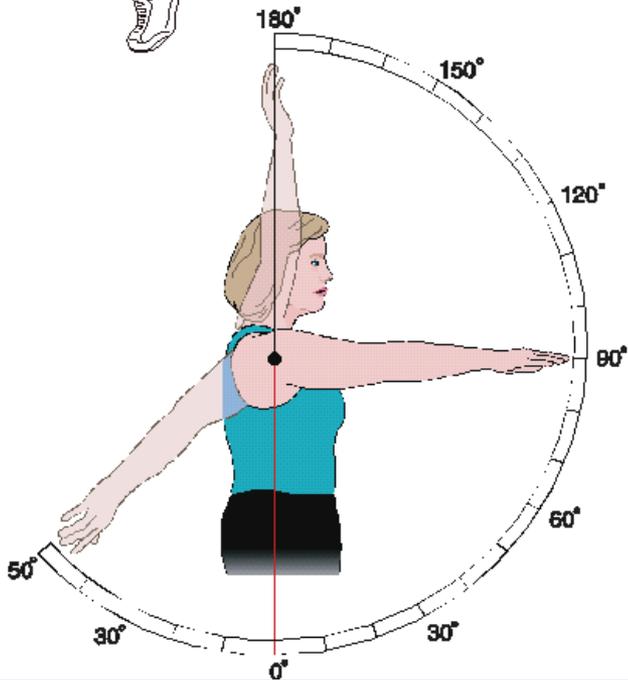
Movimiento Continuo  
alrededor de la  
Circunferencia de un  
Círculo

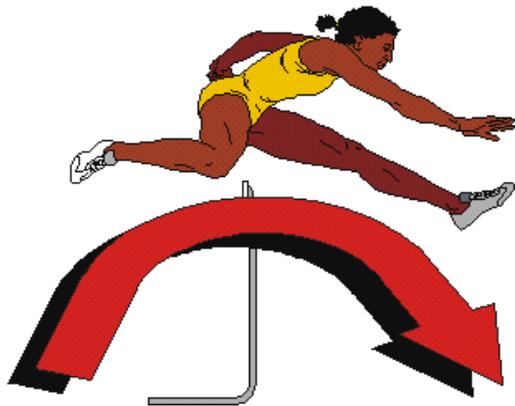
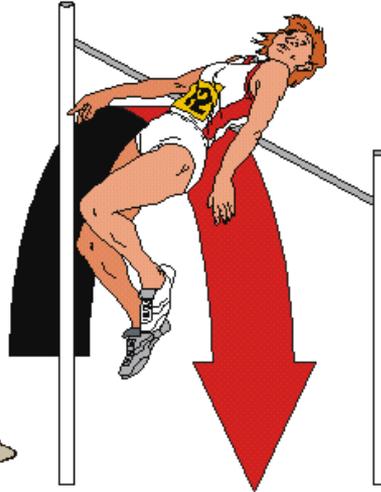
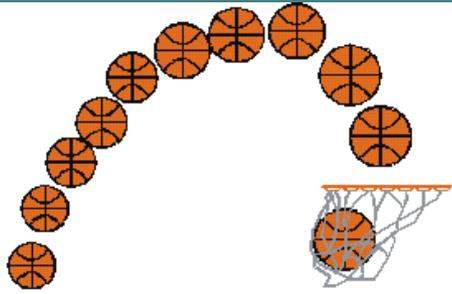
### Parabólico

Movimiento que sigue  
un Patrón el cual es  
Siempre una Distancia  
igual desde un  
Punto y Línea Fija



# EJEMPLOS DE MOVIMIENTOS CURVILÍNEOS CIRCULARES





**EJEMPLOS**

**DE**

**MOVIMIENTOS**

**CURVILÍNEOS**

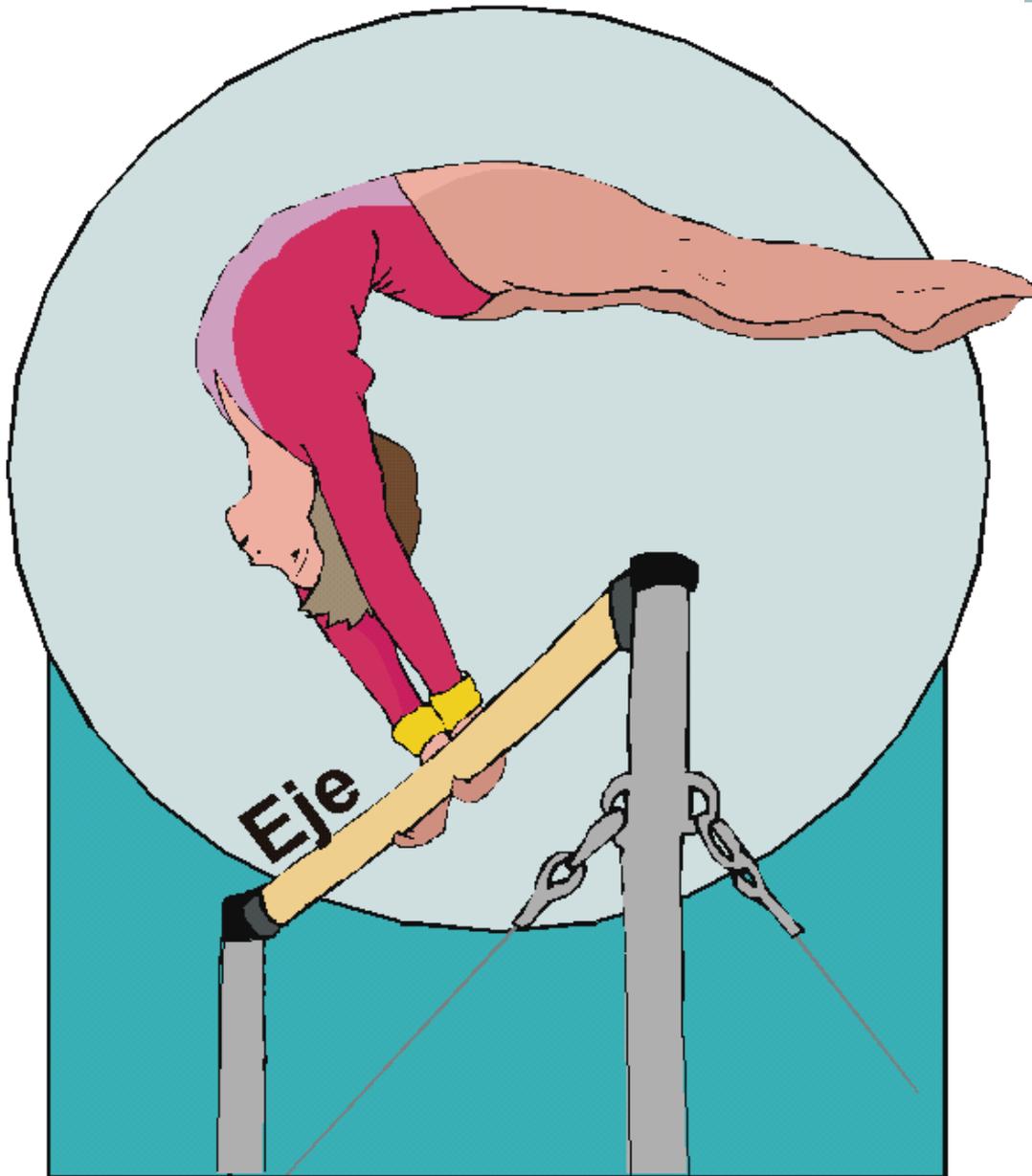
**PARABÓLICOS**

# TIPOS DE MOVIMIENTO

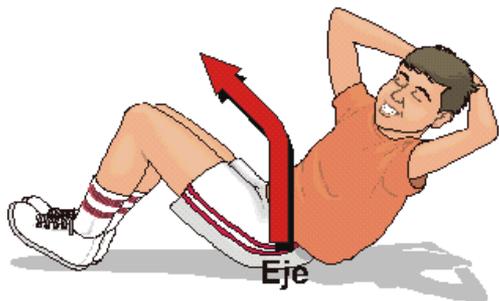
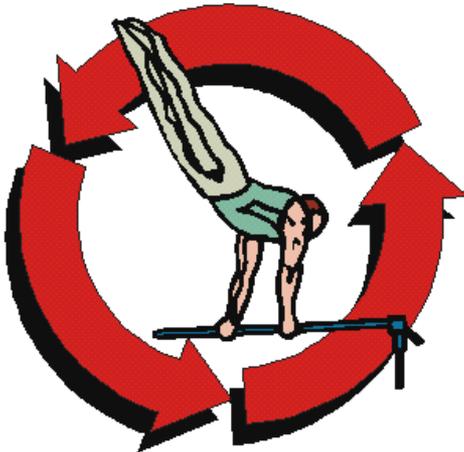
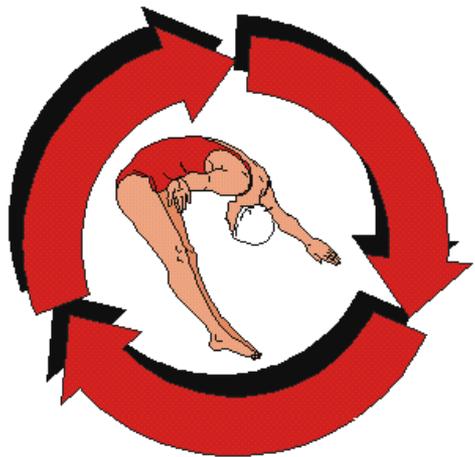
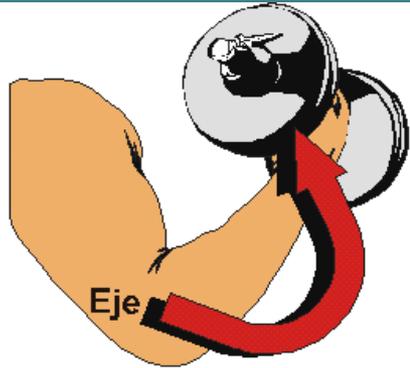
## Rotatorio o Angular



**El Objeto, Actuando como un Radio, se Mueve en un Patrón Circular Alrededor de un Punto Fijo - Describe el Movimiento del Radio Entero**



**EJEMPLO  
DE UN  
MOVIMIENTO  
ANGULAR  
DONDE EL EJE  
DE ROTACIÓN  
SE ENCUENTRA  
FUERA DEL  
CUERPO**

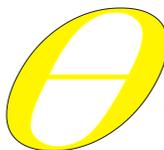


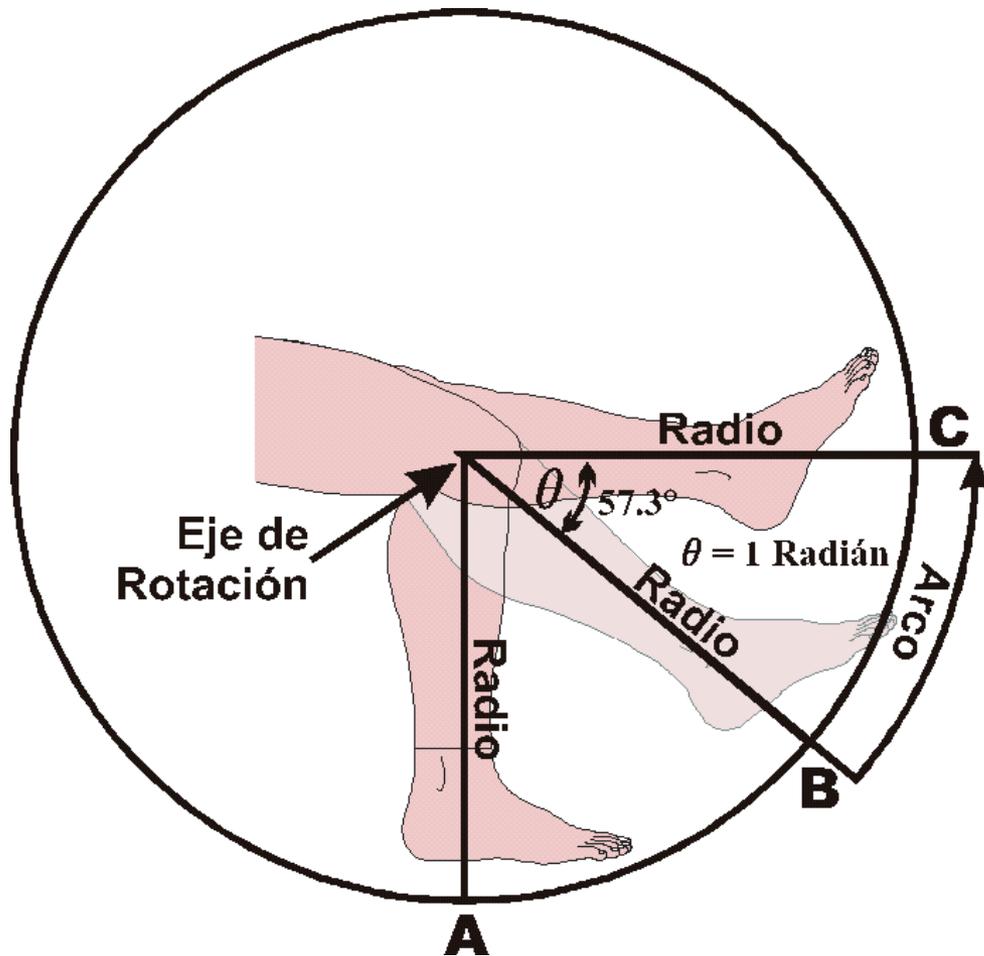
# EJEMPLOS DE MOVIMIENTOS ROTATORIOS O ANGULARES

# TIPOS DE MOVIMIENTO

## Rotatorio o Angular

### UNIDADES DE MEDIDA: Desplazamiento Angular

- **Función/Utilidad:** Medir el patrón de un cuerpo rotando.
- **Designación Simbólica:** Letra theta: 
- **Ejemplos de Unidades de Medidas:**
  - Revoluciones
  - Radianes ( $57.3^\circ$ )
  - Grados
- **Medidas Angulares - Uso:** Determinar el radio y la longitud del arco circular.



**Representación**  
**Esquemática de los**  
**Componentes del**  
**Movimiento de**  
**Rotación/Angular y de un**  
**Radián. El Arco BC es**  
**igual en Longitud al**  
**Radio de la**  
**Circunferencia. El**  
**Radián se define como el**  
**Ángulo Subtendido, en**  
**un Círculo, por un Arco**  
**de Longitud Igual al**  
**Radio del mismo y es**  
**Equivalente a 57.3°**



# TIPOS DE MOVIMIENTO

## Reciprocativo



**Denota**

**Movimientos**

**Repetitivos**





# TIPOS DE MOVIMIENTO

## General



**Combinación  
de Movimientos  
Rotatorios y  
Traslatorios**





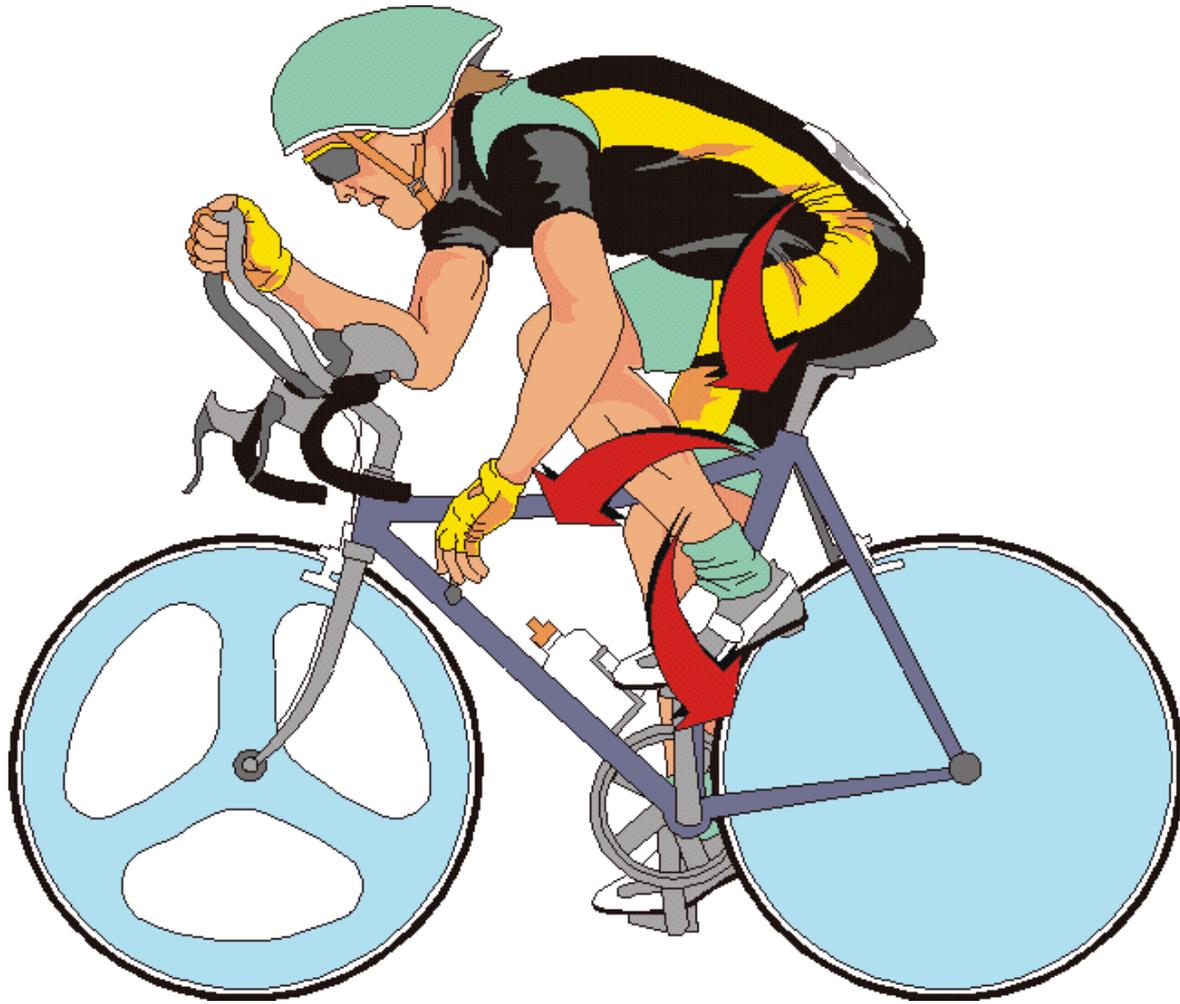
## TIPOS DE MOVIMIENTO

## General

## CLASIFICACIÓN: General Complejo



**La Combinación  
Simultánea de  
Diferentes tipos  
de Rotaciones**



# EJEMPLO DE UN MOVIMIENTO COMPLEJO GENERAL





# FACTORES QUE MODIFICAN EL MOVIMIENTO

## Factores Externos

- **Fricción**
- **Resistencia del Aire**
- **Resistencia del Agua**



# FACTORES QUE MODIFICAN EL MOVIMIENTO

## Factores Internos

- **Fricción en las Articulaciones**
- **Tensión de los Músculos Antagonistas**
- **Tensión de los Ligamentos y Aponeurosis**
- **Anomalías del Hueso y en la Estructura Articular**
- **Presión atmosférica dentro de la Cápsula Articular**
- **Interferencia de los Tejidos Blandos**



## DESCRIPCIÓN/CINEMÁTICA DEL – MOVIMIENTO HUMANO: *Cinemática Lineal - DESPLAZAMIENTO:*

### CONCEPTO

- a. Cambio en posición/localización de un objeto o cuerpo en el espacio.
- b. Se refiere/indica:
  - 1) La distancia y dirección que un objeto o cuerpo se traslada desde un punto de referencia:
    - a) La distancia entre la posición original (inicial) y la posición final:
      - La distancia es una cantidad escalar (posee solo magnitud).
      - La distancia describe la longitud del camino recorrido (representado por la longitud/largo del segmento de un vector).
      - La cantidad escalar es siempre positiva.
    - b) Dirección del movimiento:
      - La dirección es una cantidad vectorial (posee magnitud y dirección).
      - La dirección esta reflejada por el ángulo que el segmento vectorial forma con la horizontal.
      - La flecha en el extremo final del segmento representa el sentido del vector.
      - La cantidad vectorial tiene una dirección positiva o negativa.



# CINEMÁTICA LINEAL

## Desplazamiento



**La Distancia que  
un Objeto se  
Traslada desde  
un Punto de  
Referencia**

# CINEMÁTICA LINEAL

## Desplazamiento



**Indica Solamente  
el cambio Final de  
la Posición**



# CINEMÁTICA LINEAL

## Desplazamiento



**Es una Cantidad  
Vectorial que  
Posee Magnitud  
y Dirección**



## DESCRIPCIÓN/CINEMÁTICA DEL - *MOVIMIENTO HUMANO:* *Cinemática Lineal - DESPLAZAMIENTO:*

### ***INFORMACIÓN DERIVADA***

➤ **Información utilizada para determinar el estado del movimiento lineal de un objeto:**

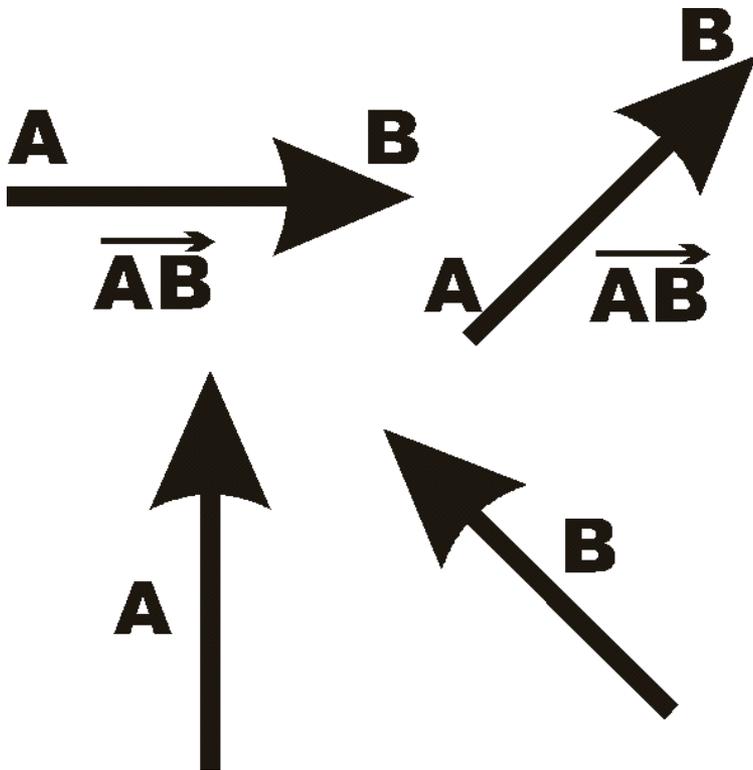
*La descripción del movimiento lineal que atañe al centro de gravedad de un sistema*





# CINEMÁTICA LINEAL

## Vectores



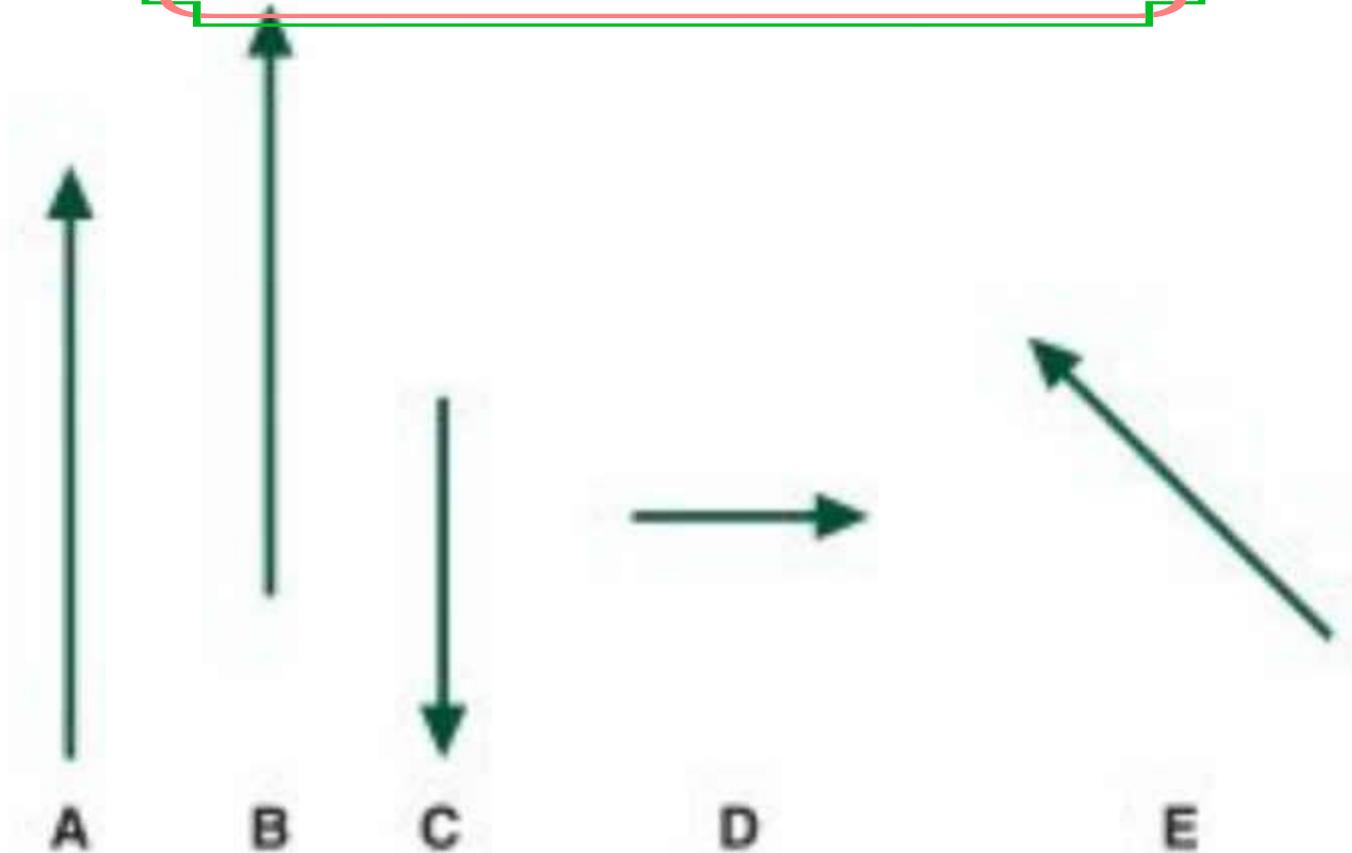
**Es una Medida de  
Cantidad que  
posee Dirección y  
Magnitud**



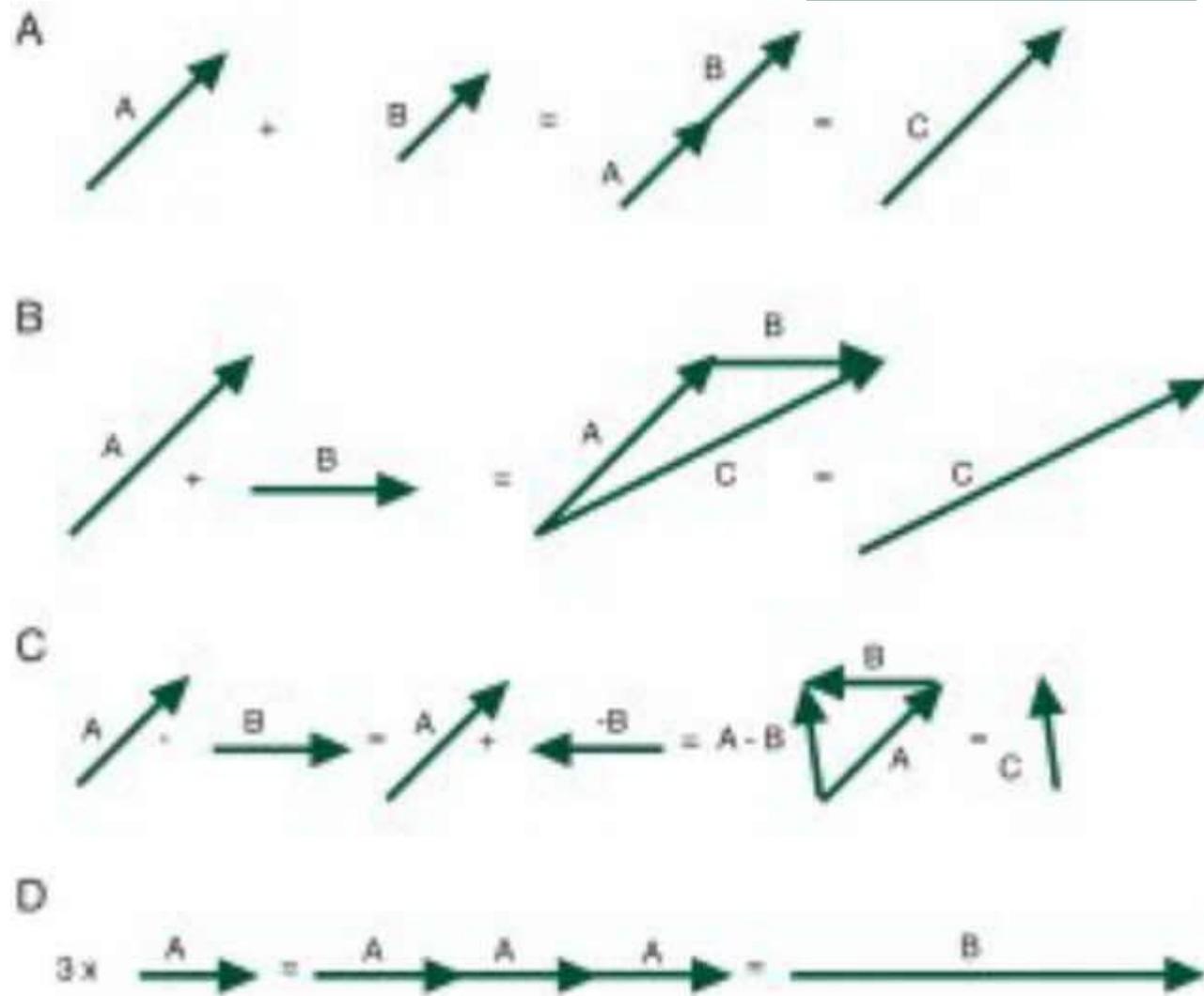
## BIOMECÁNICA: *CINEMÁTICA LINEAL*

*\* VECTORES Y ESCALAR \**

### *Vectores*



**FIGURE 8-7** Vectors. Only vectors A and B are equal because they are equivalent in magnitude and direction.



**FIGURE 8-8** Vector operations illustrated graphically: **A** and **B**. Addition. **C**. Subtraction. **D**. Multiplication by a scalar.



To illustrate, the two vectors shown in Figure 8-8*B* will be assigned values of length 10 and  $45^\circ$  for vector A and length 5 and  $0^\circ$  for vector B. The first step is to resolve each vector into vertical and horizontal components.

Vector A:



Vector A:

$$y = 10 \sin 45^\circ$$

$$\begin{aligned}y &= 10 * 0.7071 \\ &= 7.07\end{aligned}$$

$$x = 10 \cos 45^\circ$$

$$\begin{aligned}x &= 10 * 0.7071 \\ &= 7.07\end{aligned}$$

Vector B:

$$y = 5 \sin 0^\circ$$

$$\begin{aligned}y &= 5 * 0.0 \\ &= 0\end{aligned}$$

$$x = 5 \cos 0^\circ$$

$$\begin{aligned}x &= 5 * 1.000 \\ &= 5.00\end{aligned}$$



To find the magnitude of the resultant vector, the horizontal and vertical components of each vector are added and resolved using the Pythagorean theorem:

|                  | Horizontal Components | Vertical Components |
|------------------|-----------------------|---------------------|
| Vector A         | 7.07                  | 7.07                |
| Vector B         | 5.00                  | 0.00                |
| Sum ( $\Sigma$ ) | 12.07                 | 7.07                |

$$\begin{aligned}
 C &= \sqrt{x^2 + y^2} \\
 C &= \sqrt{12.7^2 + 7.07^2} \\
 &= \sqrt{145.69 + 49.99} \\
 &= \sqrt{195.68} \\
 &= 13.99
 \end{aligned}$$



To find the angle of resultant vector, the trigonometric functions the tangent and the arctangent or inverse tangent (see Appendix B) are used. In this example, these functions can be used to calculate the angle between the vectors:

$$\tan \theta = \frac{\text{y-component}}{\text{x-component}}$$

$$\theta = \arctan \left( \frac{7.07}{12.07} \right)$$

$$\begin{aligned} \theta &= \arctan(0.5857) \\ &= 30.36^\circ \end{aligned}$$



The resultant vector  $C$  has a length of 13.99 and an angle of  $30.36^\circ$ . This composition of multiple vectors can be applied to any number of vectors.



## CINEMÁTICA LINEAL – *DESPLAZAMIENTO:* Cuantificación del Desplazamiento Lineal: *Vectores y Escalas*



### c) Descripción:

- Longitud del segmento rectilíneo vectorial:  
Representa la magnitud del vector.
- El ángulo que el segmento rectilíneo forma con la horizontal:  
Representa la dirección del vector.
- La flecha en el extremo final del segmento vectorial:  
El sentido del vector.



## CINEMÁTICA LINEAL – DESPLAZAMIENTO: Cuantificación del Desplazamiento Lineal: *Vectores y Escalas*

### VECTORES

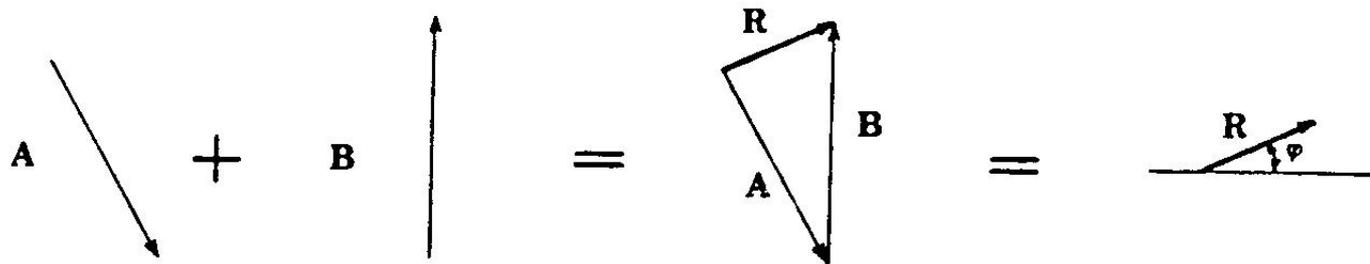
d) Vector resultante:

- Concepto:

Es aquel nuevo vector (resultante) que se halla al combinar dos o más vectores.

- Ejemplo:

En la suma de dos vectores ( $A + B$ ), el vector resultante ( $R$ ) se consigue al unir el extremo final (flecha) de un vector ( $A$ ) con el origen del otro vector ( $B$ ):





## CINEMÁTICA LINEAL – *DESPLAZAMIENTO:* Cuantificación del Desplazamiento Lineal: *Vectores y Escalas*

**CANTIDAD ESCALAR**

► **Concepto:**  
*Cantidades que expresa únicamente un valor o magnitud (Ej: longitud o distancia)*



## CINEMÁTICA LINEAL – *DESPLAZAMIENTO*: Cálculo del Desplazamiento Lineal: *Vectores y Escalas*

**CANTIDAD ESCALAR**

► **Concepto:**  
*Cantidades que expresa únicamente un valor o magnitud (Ej: longitud o distancia)*



## CINEMÁTICA LINEAL – *DESPLAZAMIENTO*: Cuantificación del Desplazamiento Lineal: *Unidades de Medida*

***LONGITUD O DISTANCIA***

➤ **Pies**

➤ **Metros**

➤ **Millas**

➤ **Kilómetros**

➤ **Otros**



## **CINEMÁTICA LINEAL – *DESPLAZAMIENTO:*** **Cálculo del Desplazamiento Lineal: *Medición y Fórmula***

***FORMA GENERAL***

**Midiendo la longitud de una línea recta, uniéndolo sus porciones iniciales y finales y notando la dirección que dicha línea toma**



## CINEMÁTICA LINEAL – *DESPLAZAMIENTO:* Cálculo del Desplazamiento Lineal: *Medición y Fórmula*

***CONREFERENTE A ALGÚN EJE x ARBITRARIO***

El desplazamiento es la diferencia entre las coordenadas terminal e inicial del objeto o cuerpo sobre la escala:

$$d = X_t - X_i$$

Donde:

$d$  = desplazamiento lineal

$X_t$  = coordenada terminal en el eje de-X

$X_i$  = coordenada inicial en el eje de-X

## BIOMECÁNICA: *CINEMÁTICA LINEAL*

*\* DESPLAZAMIENTO Y DISTANCIA \**

*Desplazamiento*

$$\Delta s = s_f - s_i$$



## CINEMÁTICA LINEAL – DESPLAZAMIENTO: Cálculo del Desplazamiento Lineal: *Medición y Fórmula*

### EJEMPLO

Una persona que camina hacia el norte recorriendo 3 kilómetros hasta un punto B y luego hacia el este a través de 4 kilómetros hasta un punto C, ha caminado una distancia de 7 kilómetros ( $3 \text{ km} + 4 \text{ km} = 7 \text{ km}$ ); pero el desplazamiento con respecto al punto inicial es solamente 5 kilómetros (según el Teorema de Pitágoras, el cual postula que en todo triángulo rectángulo el cuadrado de la longitud de la hipotenusa es igual a la suma de los cuadrados de las longitudes de los catetos [opuesto y adyacente]).

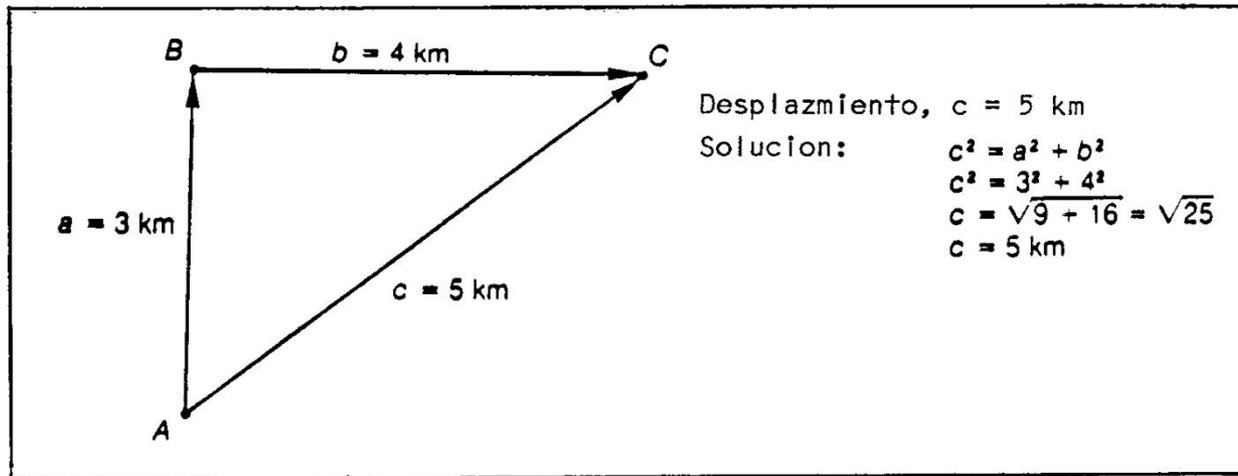
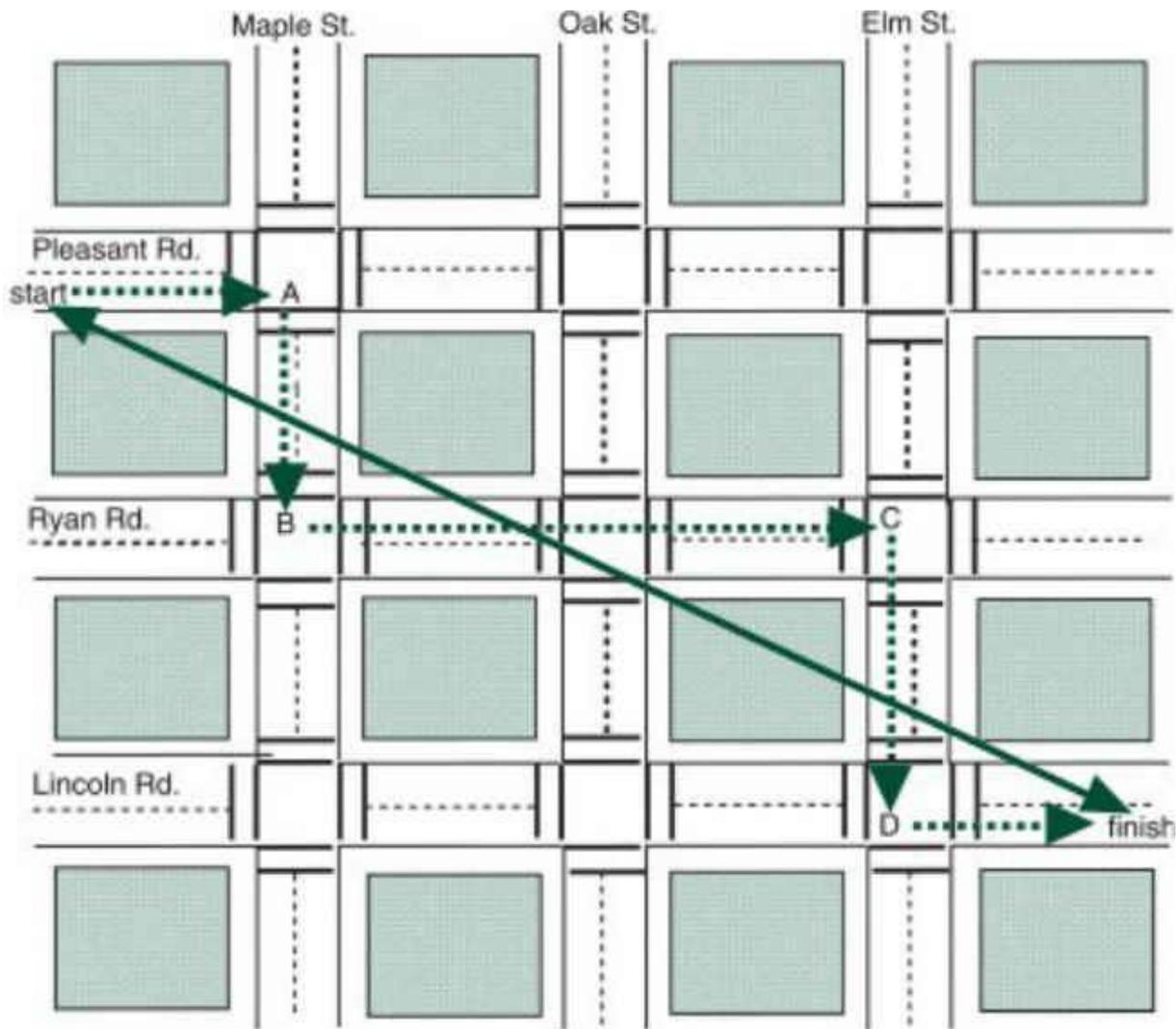


Figura 13

El Desplazamiento es la Distancia Resultante a través de la cual un Objeto o Cuerpo se Traslada desde su Posición Original.



**FIGURE 8-11** A runner moves along the path followed by the *dotted line*. The length of this path is the distance traveled. The length of the *solid line* is the displacement.



## BIOMECÁNICA: *CINEMÁTICA LINEAL*

### *\* DESPLAZAMIENTO Y DISTANCIA \**

# *Desplazamiento*

Displacement for each component of position may also be calculated as follows:

$$\Delta x = x_f - x_i$$

for horizontal displacement and

$$\Delta y = y_f - y_i$$

for vertical displacement.

The resultant displacement may also be calculated using the Pythagorean relationship as follows:

$$r = \sqrt{\Delta x^2 + \Delta y^2}$$



Consider Figure 8-12*B*. In a successive position to B, the object moved to position C (11, 3). The displacement is:

$$\begin{aligned}\Delta x &= 11 \text{ m} - 7 \text{ m} \\ &= 4 \text{ m} \\ \Delta y &= 3 \text{ m} - 7 \text{ m} \\ &= -4 \text{ m}\end{aligned}$$

The object would have been displaced 4 m horizontally and 4 m vertically, or 4 m to the right away from the y-axis and 4 m down toward the x-axis. The resultant displacement between points B and C is:

$$\begin{aligned}r &= \sqrt{4^2 \text{ m} + 4^2 \text{ m}} \\ &= 5.66 \text{ m}\end{aligned}$$

The direction of the displacement of the vector from A to B is:

$$\begin{aligned}\theta &= \arctan\left(\frac{-4}{4}\right) \\ \theta &= \arctan(-1) \\ &= -45^\circ\end{aligned}$$

The displacement from point B to C is 5.66 m to the right and down toward the x-axis from point B at an angle of 45° below the horizontal.



## DESCRIPCIÓN/CINEMÁTICA DEL – *MOVIMIENTO HUMANO:* *Cinemática Lineal - RAPIDEZ:*

### **CONCEPTO**

- ▶ Cantidad escalar (posee solo magnitud) que indica la distancia que un objeto o cuerpo recorre/viaja en un tiempo dado
- ▶ Indica solamente cuan rápido un objeto o cuerpo se mueve
- ▶ La magnitud de la velocidad



# DESCRIPCIÓN/CINEMÁTICA DEL - MOVIMIENTO HUMANO: *Cinemática Lineal - RAPIDEZ:*

## **CÁLCULO DE LA RAPIDEZ**

### ► Descripción verbal:

**Determinando la distancia total recorrida por el objeto o cuerpo y dividiéndose entre el tiempo que toma cubrir dicha distancia**



## DESCRIPCIÓN/CINEMÁTICA DEL - *MOVIMIENTO HUMANO:* *Cinemática Lineal - RAPIDEZ:*

### *DESCRIPCIÓN*

Speed is a scalar quantity and is defined as the distance traveled divided by the time it took to travel. In automobiles, for example, speed is recorded continuously by the speedometer as one travels from place to place. In the case of the automobile, speed is measured in miles per hour or kilometers per hour. Thus:

$$\text{speed} = \frac{\text{distance}}{\text{time}}$$



# DESCRIPCIÓN/CINEMÁTICA DEL - MOVIMIENTO HUMANO: *Cinemática Lineal - RAPIDEZ:*

## *ECUACIÓN/FÓRMULA*

$$\bar{r} = \frac{d}{t}$$

Donde:

$\bar{r}$  = rapidez promedio (la barra sobre la r significa el valor promedio)

d = distancia (longitud) recorrida por el objeto o cuerpo.

t = tiempo durante el cual fue cubierta la distancia.



## DESCRIPCIÓN/CINEMÁTICA DEL - *MOVIMIENTO HUMANO:* *Cinemática Lineal - RAPIDEZ:*

### *EJEMPLOS*

- Un velocista corriendo a 10 m/seg.
- Una bola lanzada a una rapidez de 100 pies/seg.
- Un auto viajando a 7 km/hr.
- El viento soplando a 60 mph.



# DESCRIPCIÓN/CINEMÁTICA DEL - *MOVIMIENTO HUMANO:* *Cinemática Lineal - VELOCIDAD:*

## **CONCEPTO**

- La proporción en el cambio de la posición del objeto o cuerpo (desplazamiento) con respecto al tiempo empleado
- La rapidez y dirección de un cuerpo



## DESCRIPCIÓN/CINEMÁTICA DEL - MOVIMIENTO HUMANO: *Cinemática Lineal - VELOCIDAD:*

### ***CARACTERÍSTICAS***

- ▶ Es una cantidad vectorial:
  - ◆ Involucra dirección así como rapidez
  - ◆ Es rapidez en una dirección dada
- ▶ La dirección de la velocidad es la misma que la del vector desplazamiento



## BIOMECÁNICA: CINEMÁTICA LINEAL: VELOCIDAD

Velocity is a vector quantity defined as the time rate of change of position. In biomechanics, velocity is generally of more interest than speed. Velocity is usually designated by the lowercase letter  $v$  and time by the lower case letter  $t$ . Velocity can be determined by:

$$v = \frac{\text{displacement}}{\text{time}}$$

Specifically, velocity is:

$$\begin{aligned} v &= \frac{\text{position}_f - \text{position}_i}{\text{time at final position} - \text{time at initial position}} \\ &= \frac{\text{change in position}}{\text{change in time}} \\ &= \frac{\Delta s}{\Delta t} \end{aligned}$$



## DESCRIPCIÓN/CINEMÁTICA DEL - MOVIMIENTO HUMANO: *Cinemática Lineal - VELOCIDAD:*

### **UNIDADES DE MEDIDA**

The most commonly used unit of velocity in biomechanics is meters per second ( $\text{m/s}$  or  $\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ ), although any unit of length divided by a unit of time is correct as long as it is appropriate to the situation. The units for velocity can be determined by using the formula for velocity and dividing the units of length by units of time.

$$\begin{aligned}\text{Velocity} &= \frac{\text{displacement(m)}}{\text{time(seconds)}} \\ &= \text{m/s or m}\cdot\text{s}^{-1}\end{aligned}$$



# DESCRIPCIÓN/CINEMÁTICA DEL - MOVIMIENTO HUMANO: *Cinemática Lineal - VELOCIDAD:*

## **UNIDADES DE MEDIDA**

► En estudios humanos:

$$\frac{\text{Centímetros}}{\text{Segundo}} = \frac{\text{cm}}{\text{seg}} \quad ;$$

$$\frac{\text{Pulgadas}}{\text{Segundo}} = \frac{\text{pulg}}{\text{seg}}$$

$$\frac{\text{Metros}}{\text{Segundo}} = \frac{\text{m}}{\text{seg}} \quad ;$$

$$\frac{\text{Pies}}{\text{Segundo}} = \frac{\text{pie}}{\text{seg}}$$

► Describiendo largas distancias:

$$\frac{\text{Kilómetros}}{\text{Hora}} = \frac{\text{km}}{\text{hr}} \quad ;$$

$$\frac{\text{Millas}}{\text{Hora}} = \frac{\text{mi}}{\text{hr}}$$



# DESCRIPCIÓN/CINEMÁTICA DEL - *MOVIMIENTO HUMANO:* *Cinemática Lineal - VELOCIDAD:*

## **CÁLCULO DE LA VELOCIDAD**

### ► Descripción verbal:

**Dividiendo el desplazamiento de un objeto o cuerpo entre la cantidad de tiempo transcurrido durante dicho desplazamiento**



# DESCRIPCIÓN/CINEMÁTICA DEL - MOVIMIENTO HUMANO: *Cinemática Lineal - VELOCIDAD:*

## *ECUACIÓN/FÓRMULA*

$$\bar{v} = \frac{d}{t}$$

Donde:

$\bar{v}$  = velocidad promedio

d = desplazamiento (cantidad vectorial)

t = intervalo de tiempo (cantidad escalar)



# DESCRIPCIÓN/CINEMÁTICA DEL - MOVIMIENTO HUMANO: *Cinemática Lineal - VELOCIDAD:*

## **EJEMPLO**

Problema: Determinar la velocidad promedio de una bola de tenis en el servicio.

Dado:

Desplazamiento de la Bola (d) = 58 pies

Tiempo Transcurrido (t) = 0.35 segundos

Conocido:

$$\bar{v} = \frac{d}{t}$$

Solución:

$$\bar{v} = \frac{58 \text{ pies}}{0.35 \text{ seg}}$$

$$\therefore \boxed{\bar{v} = 165 \text{ pies/seg}}$$



## DESCRIPCIÓN/CINEMÁTICA DEL - MOVIMIENTO HUMANO: *Cinemática Lineal - VELOCIDAD:*

### **EJEMPLO**

Consider the position of an object that is at point A (2, 4) at time 1.5 s and moved to point B (4.5, 9) at time 5 s. The horizontal velocity ( $v_x$ ) is:

$$\begin{aligned}v_x &= \frac{4.5 \text{ m} - 2 \text{ m}}{5 \text{ s} - 1.5 \text{ s}} \\ &= \frac{2.5 \text{ m}}{3.5 \text{ s}} \\ &= 0.71 \text{ m/s}\end{aligned}$$





## DESCRIPCIÓN/CINEMÁTICA DEL - *MOVIMIENTO HUMANO:* *Cinemática Lineal - VELOCIDAD:*

### **EJEMPLO**

The resultant magnitude or overall velocity can be calculated using the Pythagorean relationship as follows:

$$\begin{aligned}v &= \sqrt{0.71^2 + 1.43^2} \\ &= \sqrt{2.55} \\ &= 1.60 \text{ m/s}\end{aligned}$$



## DESCRIPCIÓN/CINEMÁTICA DEL - MOVIMIENTO HUMANO: *Cinemática Lineal - VELOCIDAD:*

### **EJEMPLO**

The resultant direction of the velocity is:

$$\tan \theta = \frac{y}{x}$$

$$\theta = \arctan\left(\frac{1.43}{0.71}\right)$$

$$\theta = \arctan(2.04) \\ = 63.92^\circ$$



## BIOMECÁNICA: CINEMÁTICA LINEAL: VELOCIDAD

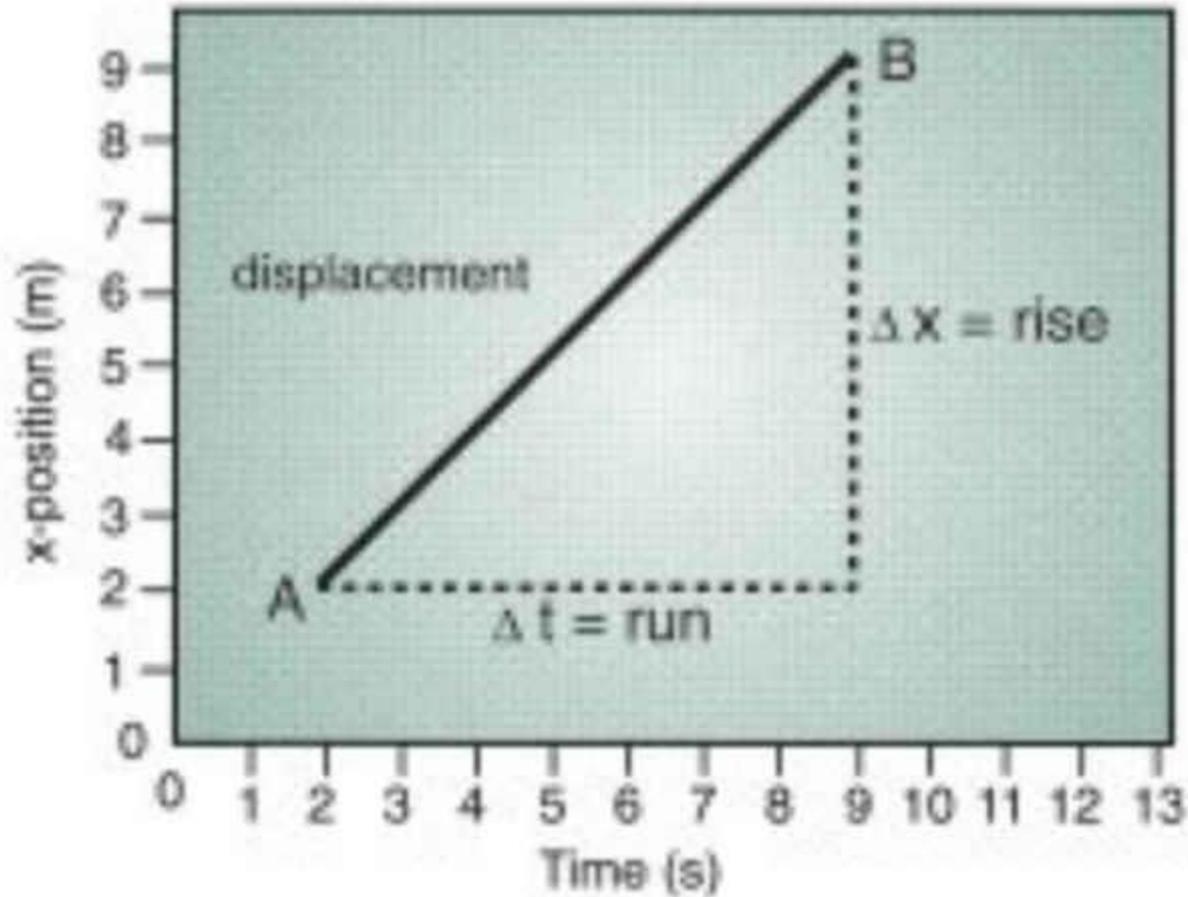
 TABLE 8-1 Sample Linear Velocity Examples

| Action   | Linear Velocity (m/s) |
|--|-----------------------|
| Golf club head forward velocity at impact (23)                         | 43                    |
| High jump approach velocity  | 7–8                   |
| High jump horizontal and vertical velocity at takeoff (8)              | 4.2, 4                |
| Long jump approach velocity (22)                                       | 9.5–10                |
| Pitching, fast ball velocity at release (10)                           | 35.1                  |
| Pitching, curve ball velocity at release (10)                          | 28.2                  |
| Vertical velocity at takeoff, squat jump and countermovement jump (11) | 3.43, 3.8             |
| Hopping vertical velocity (11)   | 1.52                  |
| Walking forward velocity   | 0.7–3                 |
| Race walking   | 4                     |
| Running, sprinting   | 4–10                  |
| Wheelchair propulsion (30)   | 1.11–2.22             |





## BIOMECÁNICA: CINEMÁTICA LINEAL: PENDIENTE



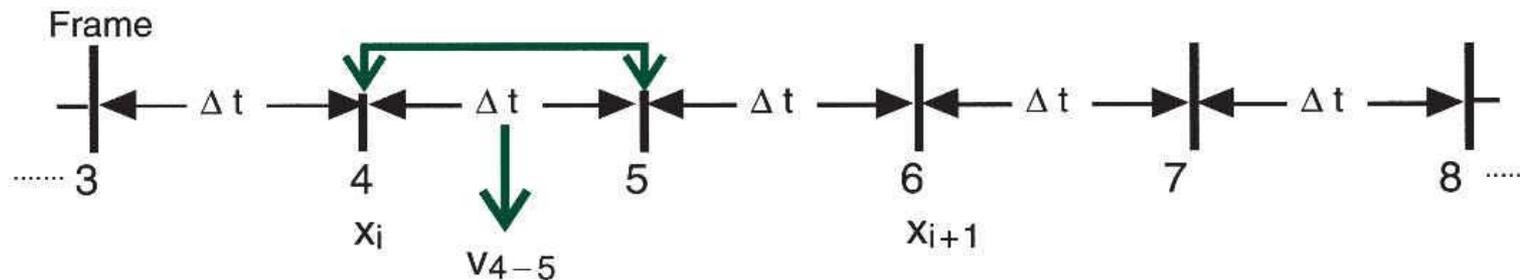
**FIGURE 8-13** Horizontal position plotted as a function of time. The slope of the line from A to B is  $\frac{\Delta x}{\Delta t}$ .



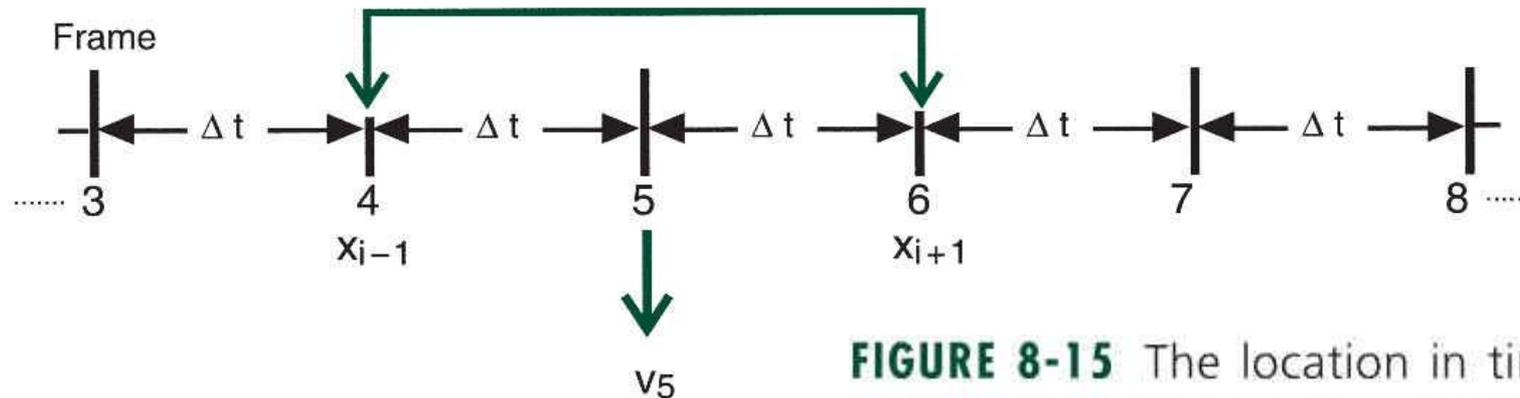


## BIOMECAÁNICA: CINEMÁTICA LINEAL: MÉTODO DE LA DISTANCIA CENTRAL PRIMERA

**A**



**B**



**FIGURE 8-15** The location in time of velocity. **A.** Using the traditional method over a single time interval. **B.** Using the first central difference method.



## BIOMECÁNICA: *CINEMÁTICA LINEAL: MÉTODO DE LA DISTANCIA CENTRAL PRIMERA*

*\* Fórmula \**

$$V_{xi} = \frac{x_{i+1} - x_{i-1}}{2\Delta t}$$

for the horizontal component and

$$V_{yi} = \frac{y_{i+1} - y_{i-1}}{2\Delta t}$$

for the vertical component.



## BIOMECÁNICA: CINEMÁTICA LINEAL: VELOCIDAD/PENDIENTE



TABLE 8-2 Calculation of Velocity From a Set of Position–Time Data

| Frame | Time (s) | Vertical Position (y) (m) | Vertical Velocity ( $v_y$ ) (m/s)           |
|-------|----------|---------------------------|---|
| 1     | 0.0000   | 0.00                      | 0.00  |
| 2     | 0.0167   | 0.15                      | $(0.22 - 0.00) / (0.0334 - 0.00) = 6.59$    |
| 3     | 0.0334   | 0.22                      | $(0.27 - 0.15) / (0.0501 - 0.0167) = 3.59$  |
| 4     | 0.0501   | 0.27                      | $(0.30 - 0.22) / (0.0668 - 0.0334) = 2.40$  |
| 5     | 0.0668   | 0.30                      | $(0.20 - 0.27) / (0.0835 - 0.0501) = 2.10$  |
| 6     | 0.0835   | 0.20                      | $(0.00 - 0.30) / (0.1002 - 0.0668) = 8.98$  |
| 7     | 0.1002   | 0.00                      | $(0.26 - 0.20) / (0.1169 - 0.0835) = 13.77$ |
| 8     | 0.1169   | 0.26                      | $(0.3 - 0.00) / (0.1336 - 0.1002) = 8.98$   |
| 9     | 0.1336   | 0.30                      | $(0.22 - 0.26) / (0.1503 - 0.1169) = 1.20$  |
| 10    | 0.1503   | 0.22                      | $(0.00 - 0.30) / (0.1670 - 0.1336) = 8.98$  |
| 11    | 0.1670   | 0.00                      | 0.00  |



## BIOMECÁNICA: CINEMÁTICA LINEAL: VELOCIDAD/PENDIENTE

### NUMERICAL EXAMPLE

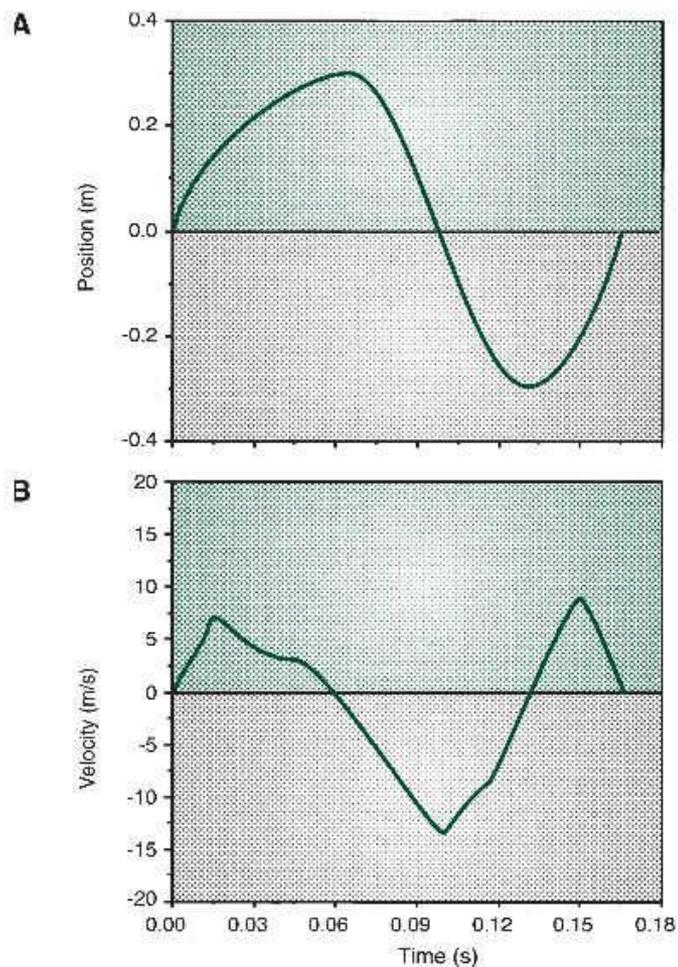
The data in Table 8-2 represents the vertical movement of an object over 0.167 s. In this set of data, the rate of the camera was 60 fps, so that  $t$  was 0.0167 s. The object starts at rest, first moves up for 0.1002 s and then moves down beyond the starting position before returning to the starting position.

To illustrate, using the formula for the first central difference method, the computation of the velocity at the time for frame 3 is as follows:

$$\begin{aligned}
 v_{y3} &= \frac{y_4 - y_2}{t_4 - t_2} \\
 &= \frac{0.27 \text{ m} - 0.15 \text{ m}}{0.0501 \text{ s} - 0.0167 \text{ s}} \\
 &= 3.59 \text{ m/s}
 \end{aligned}$$



## BIOMECÁNICA: CINEMÁTICA LINEAL: VELOCIDAD/PENDIENTE

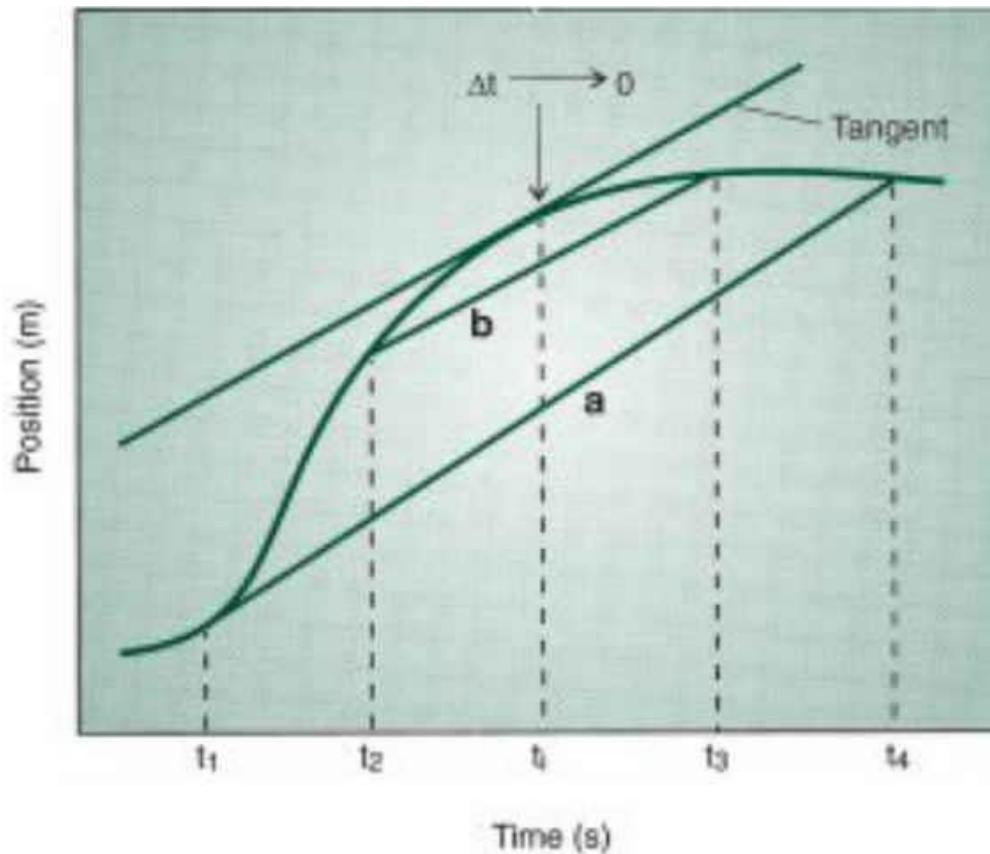


**FIGURE 8-16** Position–time profile (A) and velocity–time profile (B) of the data in Table 8-2.

**NOTA.** Reproducido de: *Biomechanical Basis of Human Movement*. 3ra. ed.; (p. 313), por J. Hamill, & K. M. Knutzen, 2009, Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins. Copyright 2009 por Lippincott Williams & Wilkins, a Wolters Kluwer business.



## BIOMECÁNICA: CINEMÁTICA LINEAL: VELOCIDAD/PENDIENTE



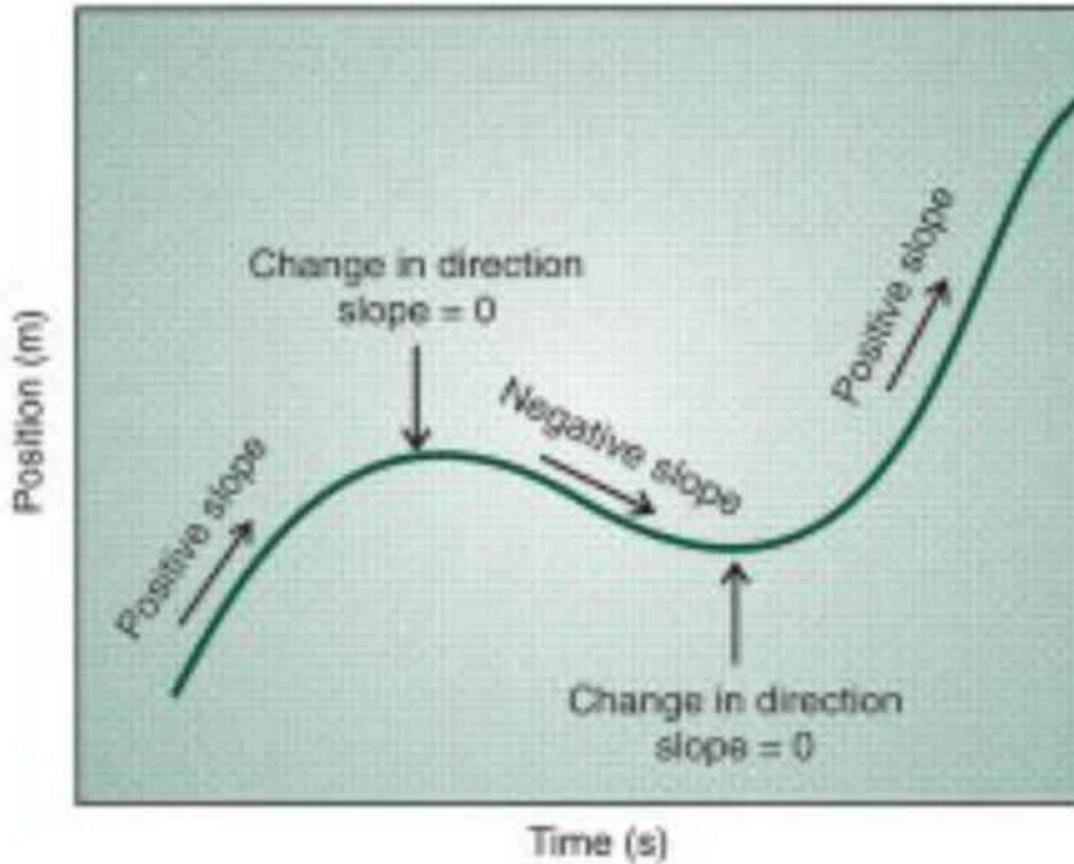
**FIGURE 8-17** The slope of the secant a is the average velocity over the time interval  $t_1$  to  $t_4$ . The slope of secant b is the average velocity over the time interval  $t_2$  to  $t_3$ . The slope of the tangent is the instantaneous velocity at the time interval  $t_i$  when the time interval is so small that in effect it is zero.



## BIOMECÁNICA: CINEMÁTICA LINEAL: VELOCIDAD INSTANTÁNEA

**Fórmula - Casos Horizontales y Verticales: Expresado como Límites:**

**\* EJEMPLO GRÁFICO \***



**FIGURE 8-18** Local extrema (slope 0) on a position–time graph.



## DESCRIPCIÓN/CINEMÁTICA DEL – *MOVIMIENTO HUMANO:* *Cinemática Lineal – VELOCIDAD INSTANTANEA:*

*Fórmula - Casos Horizontales y Verticales: Expresado como Límites*

$$\lim_{dt \rightarrow 0} v_x = \frac{dx}{dt}$$

$$dt \rightarrow 0$$

$$\lim_{dt \rightarrow 0} v_y = \frac{dy}{dt}$$

$$dt \rightarrow 0$$

For the instantaneous horizontal velocity, this is read as  $dx/dt$ , or the limit of  $v_x$  as  $dt$  approaches zero. It is also known as the derivative of  $x$  with respect to  $t$ . Similarly, the instantaneous vertical velocity,  $dy/dt$ , is the limit of  $v_y$  as  $dt$  approaches zero or the derivative of  $y$  with respect to  $t$ .





# DESCRIPCIÓN/CINEMÁTICA DEL - MOVIMIENTO HUMANO: *Cinemática Lineal - ACELERACIÓN:*

## **CONCEPTO**

- ▶ El cambio proporcional en velocidad con respecto al tiempo transcurrido
- ▶ La aceleración media/promedio:  
La razón entre el cambio de velocidad y el intervalo de tiempo



# DESCRIPCIÓN/CINEMÁTICA DEL - MOVIMIENTO HUMANO: *Cinemática Lineal - ACELERACIÓN:*

## ***CARACTERÍSTICAS***

- ▶ **La aceleración es un vector:**  
**Posee magnitud y dirección**
- ▶ **Indica:**
  - **La rapidez con la cual cambia la velocidad**
  - **Cambio de dirección**



# DESCRIPCIÓN/CINEMÁTICA DEL - MOVIMIENTO HUMANO: *Cinemática Lineal - ACELERACIÓN:*

## ***CARACTERÍSTICAS***

- c. Conforme la magnitud o dirección de la velocidad cambia, el objeto o cuerpo experimentará una "aceleración", manifestado/provocado por un:
- 1) Aumento en la velocidad.
  - 2) Reducción en la velocidad.
- } Cambio en la Velocidad
- d. La magnitud de la aceleración será grande si ocurre un cambio en velocidad considerable durante un periodo menor de tiempo.
- e. La aceleración será pequeña si un cambio amplio en velocidad acontece a través de un periodo prolongado de tiempo.





# DESCRIPCIÓN/CINEMÁTICA DEL - MOVIMIENTO HUMANO: *Cinemática Lineal - ACELERACIÓN:*

## **TIPOS DE ACELERACIÓN**

a. Aceleración positiva:

Indica un aumento de la velocidad con el tiempo.

b. Aceleración negativa (desaceleración, freno):

Indica una disminución de la velocidad con el tiempo (se rotula con un signo negativo).

c. Aceleración estable/constante (cero aceleración):

1) Se refiere a un movimiento sin acelerar:

Esto implica que la velocidad cambia a una velocidad constante/ estable, de suerte que no ocurre un aumento o disminución en la velocidad ni tampoco un cambio en la dirección (i.e., movimiento en un línea recta a una rapidez constante).



## DESCRIPCIÓN/CINEMÁTICA DEL – *MOVIMIENTO HUMANO:* ***Cinemática Lineal - ACELERACIÓN:***

### ***UNIDADES DE MEDIDA***

▶ Las unidades de aceleración serán aquellas de velocidad/tiempo o rapidez/tiempo más una dirección:

#### ● Ejemplos:

- ▶ mi/hr/seg (lee como: millas por hora por segundo)
- ▶ km/min/seg (lee como: kilómetros por minuto por segundo)



# DESCRIPCIÓN/CINEMÁTICA DEL – MOVIMIENTO HUMANO: *Cinemática Lineal - ACELERACIÓN:*

## **UNIDADES DE MEDIDA**

► Las unidades de aceleración serán aquellas de velocidad/tiempo o rapidez/tiempo más una dirección:

### ● Ejemplos:

► pie/seg/seg (lee como: pies por segundo por segundo) ó pie/seg<sup>2</sup> (lee como: pies por segundo elevado al cuadrado):

- No existe tal cosa como un segundo elevado al cuadrado o a la segunda potencia; esto es solo un tipo de taquigrafía/abreviación para los biomecánicos y físicos.
- Un estado acelerado de 10 pies/seg<sup>2</sup> es equivalente a 10 pies/seg/seg, lo cual indica que la velocidad la velocidad esta aumentando (aceleración positiva) a una proporción de 10 pies/seg cada segundo.



## DESCRIPCIÓN/CINEMÁTICA DEL - MOVIMIENTO HUMANO: *Cinemática Lineal - ACELERACIÓN:*

### *ECUACIÓN/FÓRMULA*

$$\bar{a} = \frac{v_f - v_i}{t}$$

Donde:

$\bar{a}$  = aceleración lineal promedio de un sistema

$v_f$  = velocidad final

$v_i$  = velocidad inicial

$t$  = el tiempo durante el cual la velocidad ha cambiado



# DESCRIPCIÓN/CINEMÁTICA DEL - MOVIMIENTO HUMANO: *Cinemática Lineal - ACELERACIÓN:*

## EJEMPLO

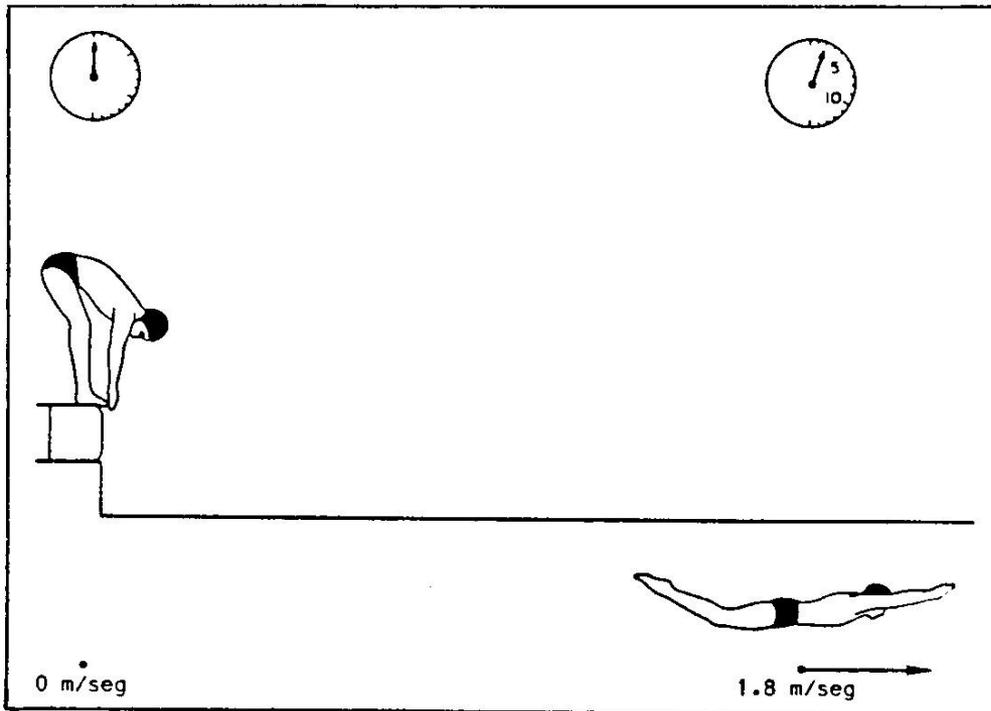


Figura 15

La Aceleración es la Proporción en el Cambio de la Velocidad. La Velocidad Delantera de este Nadador ha Cambiado 1.8 m/seg en 2 Segundos o un Promedio de 0.9 m/seg cada Segundo. Por lo tanto, su Aceleración Promedio es 0.9 m/seg<sup>2</sup>. (Reproducido de Hay, pág. 21).



# DESCRIPCIÓN/CINEMÁTICA DEL – MOVIMIENTO HUMANO: *Cinemática Lineal - ACELERACIÓN:*

## **EJEMPLO**

Problema: Calcular la aceleración lineal promedio de un nadador.

Dado:

Velocidad Inicial ( $v_i$ ) = 0 m/seg (en el momento del disparo —comienzo de la carrera)

Velocidad Final ( $v_f$ ) = 1.8 m/seg (dos segundos luego de haber comenzado la carrera)

Tiempo Transcurrido ( $t$ ) = 2 segundos

Conocido:

$$\bar{a} = \frac{v_f - v_i}{t}$$

Solución:

$$\bar{a} = \frac{0 \text{ m/seg} - 1.8 \text{ m/seg}}{2 \text{ seg}}$$

$$\bar{a} = \frac{1.8 \text{ m/seg}}{2 \text{ seg}}$$

$$\therefore \boxed{\bar{a} = 0.9 \text{ m/seg}^2}$$





## DESCRIPCIÓN/CINEMÁTICA DEL – *MOVIMIENTO HUMANO:* *Cinemática Angular – DESPLAZAMIENTO ANGULAR:*

### ***DISTANCIA ANGULAR***

- ▶ Cuando un objeto o cuerpo rotando se mueve de una posición a otra:

**La distancia angular equivale al ángulo entre sus posiciones inicial y final**

- ▶ Es una cantidad escalar:

**Posee solamente magnitud**



# DESCRIPCIÓN/CINEMÁTICA DEL – MOVIMIENTO HUMANO: *Cinemática Angular – DESPLAZAMIENTO ANGULAR:*

## **DIRECCIÓN DEL DESPLAZAMIENTO ANGULAR**

- ▶ A favor de las manecillas de reloj: **NEGATIVO**
- ▶ En contra de las manecillas de reloj: **POSITIVO**

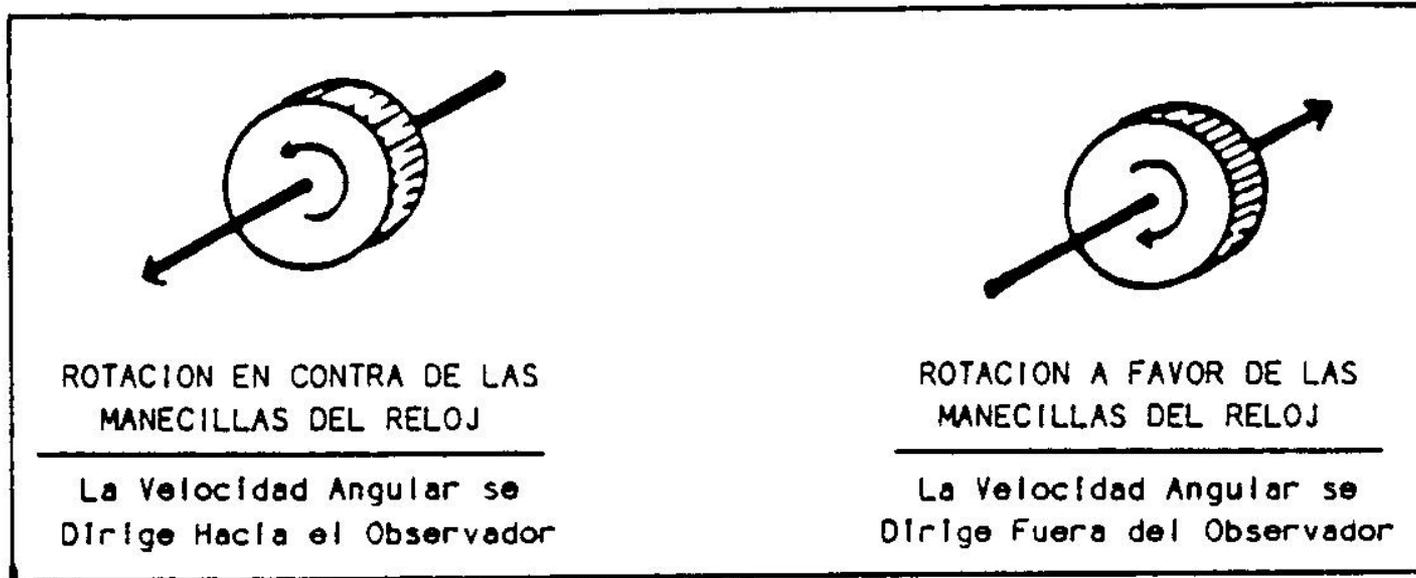


Figura 21

La Dirección de la velocidad Angular  
(Reproducido de Brancazio, pág. 40)



# DESCRIPCIÓN/CINEMÁTICA DEL – *MOVIMIENTO HUMANO:* *Cinemática Angular – DESPLAZAMIENTO ANGULAR:*

**SÍMBOLO QUE REPRESENTA EL DESPLAZAMIENTO ANGULAR**

► La Letra Griega Theta:  $\theta$





## DESCRIPCIÓN/CINEMÁTICA DEL – *MOVIMIENTO HUMANO:* *Cinemática Angular – DESPLAZAMIENTO ANGULAR:*

### ***UNIDADES DE MEDIDA***

#### ► Unidades rotatorias o angulares de desplazamiento:

##### ◆ **Revoluciones:**

##### ► **Concepto:**

##### ■ **Número de revoluciones angulares/rotatorias:**

*Se refiere a cuántas vueltas/giros completas es recorrido por un objeto o cuerpo rígido actuando como un radio (sistema) alrededor de un círculo*

##### ► **Ejemplo:**

##### ■ **Un clavadista que ejecuta un salto mortal hacia adelante con 1½ giro:**

*Lleva a cabo 1½ revolución*



# DESCRIPCIÓN/CINEMÁTICA DEL – MOVIMIENTO HUMANO: *Cinemática Lineal – DESPLAZAMIENTO ANGULAR:*

## ***UNIDADES DE MEDIDA***

### ► Unidades rotatorias o angulares de desplazamiento:

#### ◆ **Radianes:**

##### ► **Concepto:**

*Un radián es el ángulo subtendido, en el centro de un círculo, por un arco de longitud igual al radio mismo*

##### ► **Utilidad/importancia:**

- Rara vez se utiliza en conexión con técnicas deportiva
- Se utiliza ampliamente en ingeniería y en otros campos

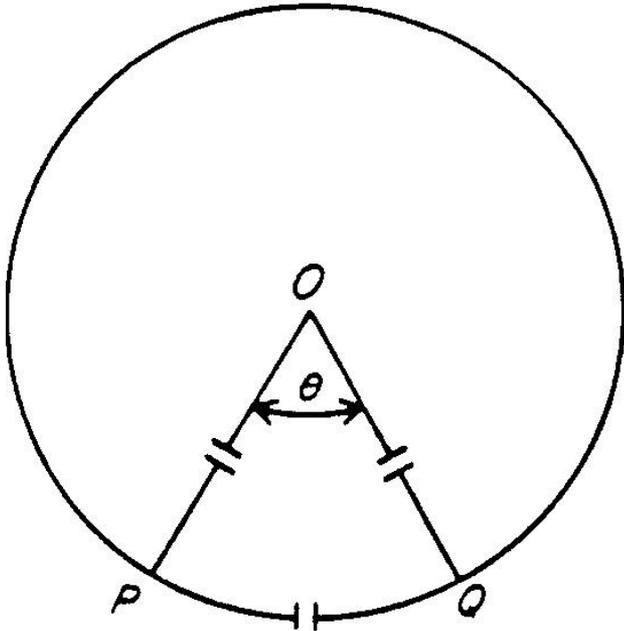


# DESCRIPCIÓN/CINEMÁTICA DEL – MOVIMIENTO HUMANO: *Cinemática Lineal – DESPLAZAMIENTO ANGULAR:*

## **UNIDADES DE MEDIDA**

► Unidades rotatorias o angulares de desplazamiento:

◆ **Radianes:**



$$\theta = 1 \text{ Radián} = 57.3^\circ$$

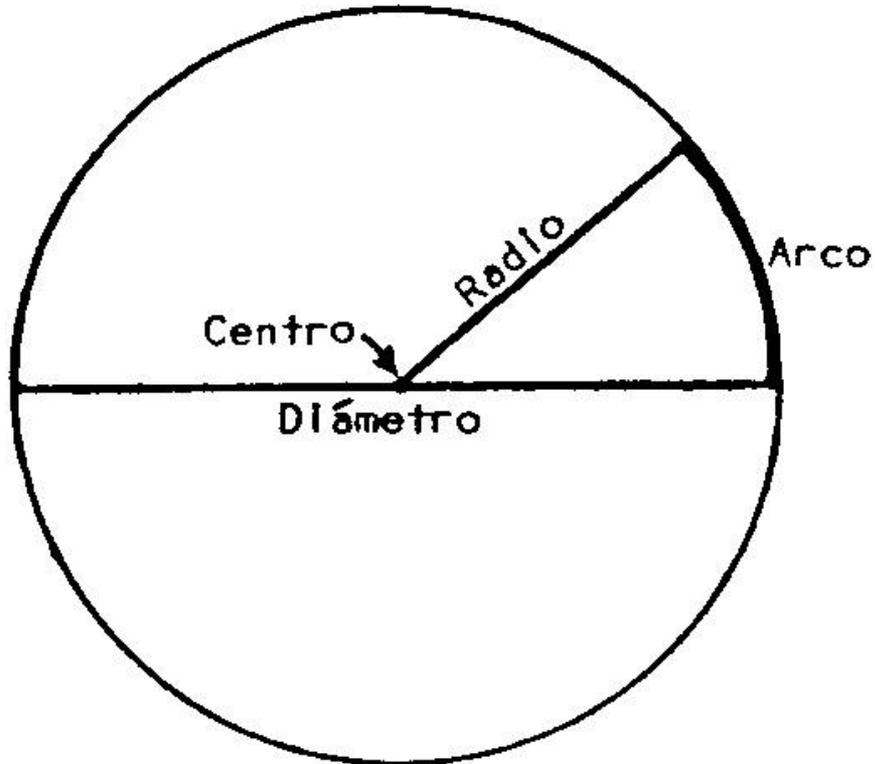
Un Angulo de 57.3 grados  
Describe un Arco de un Radián  
(Adaptado de: Hay, pág. 49; Norkin &  
Levangie, pág. 11)



# DESCRIPCIÓN/CINEMÁTICA DEL – MOVIMIENTO HUMANO: *Cinemática Angular – DESPLAZAMIENTO ANGULAR:*

## **UNIDADES DE MEDIDA**

► Circunferencia de un círculo:







## **DESCRIPCIÓN/CINEMÁTICA DEL – MOVIMIENTO HUMANO: *Cinemática Angular – DESPLAZAMIENTO ANGULAR:***

### ***UNIDADES DE MEDIDA***

#### **► Diámetro:**

- **La recta que pasando por el centro une dos puntos de la circunferencia**
- **Su longitud es igual a la de dos radios**

#### **► Arco:**

- **Una porción cualquiera de circunferencia**
- **El desplazamiento angular del radio en su extremo de la circunferencia**



## DESCRIPCIÓN/CINEMÁTICA DEL – *MOVIMIENTO HUMANO:* *Cinemática Angular – DESPLAZAMIENTO ANGULAR:*

### ***UNIDADES DE MEDIDA***

► La letra griega  $\pi$  (pi):

● Valor numérico (factor o relación invariable/constante):

***3.1416...***

● Cálculo:

***Dividiendo la longitud de la circunferencia por la del diámetro***

● ¿Qué expresa?:

***Las veces que la circunferencia contiene al diámetro***



# DESCRIPCIÓN/CINEMÁTICA DEL – *MOVIMIENTO HUMANO:* *Cinemática Angular – DESPLAZAMIENTO ANGULAR:*

## ***UNIDADES DE MEDIDA***

▶ Longitud de la circunferencia del círculo:

◆ **Cálculo:**

▶ Descripción verbal:

*Multiplicando  $\pi$  por 2, y luego el producto por la longitud del radio*

▶ Ecuación/fórmula:

$$C = 2\pi r$$



# DESCRIPCIÓN/CINEMÁTICA DEL – MOVIMIENTO HUMANO: *Cinemática Angular – DESPLAZAMIENTO ANGULAR:*

## **CIRCUNFERENCIA DE UN CÍRCULO**

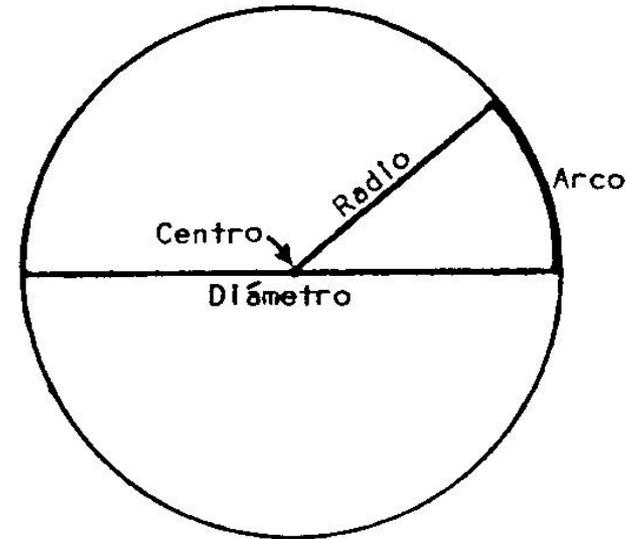
$$C = 2\pi r$$

Donde:

$C$  = longitud de la circunferencia del círculo

$\pi$  = un valor constante de 3.1416. Pi es el radio que existe entre el diámetro de un círculo y su circunferencia

$r$  = radio del círculo





## DESCRIPCIÓN/CINEMÁTICA DEL – MOVIMIENTO HUMANO: *Cinemática Angular – DESPLAZAMIENTO ANGULAR:*

### **UNIDADES DE MEDIDA**

#### ► Relaciones entre grados, radianes y revoluciones (factores de conversión):

$$360 \text{ grados} = 2\pi \text{ radianes (ó } 6.28 \text{ radianes)} = 1 \text{ revolución}$$

$$180 \text{ grados} = 1\pi \text{ radianes (ó } 3.14 \text{ radianes)} = 0.5 \text{ revolución}$$

$$90 \text{ grados} = \pi/2 \text{ radianes (ó } 1.57 \text{ radianes)} = 0.25 \text{ revolución}$$

$$1 \text{ grado} = \pi/180 \text{ radianes (ó } 0.01744 \text{ radián)} = 0.0028 \text{ revolución}$$

$$1 \text{ radián} = 57.30 \text{ grados} = 0.16 \text{ revolución}$$

$$1 \text{ revolución} = 360 \text{ grados} = 2\pi \text{ radianes (ó } 6.28 \text{ radianes)}$$



# DESCRIPCIÓN/CINEMÁTICA DEL – *MOVIMIENTO HUMANO:* *Cinemática Angular – DESPLAZAMIENTO ANGULAR:*

## ***UNIDADES DE MEDIDA***

► Conversión de un desplazamiento angular a un desplazamiento lineal:

$$d = r\theta$$

Donde:

$d$  = desplazamiento lineal (distancia lineal de un punto sobre un segmento rotando)

$r$  = radio del movimiento (radio del punto)

$\theta$  = desplazamiento angular (del punto)



## DESCRIPCIÓN/CINEMÁTICA DEL – *MOVIMIENTO HUMANO:* *Cinemática Angular – DESPLAZAMIENTO ANGULAR:*

### ***DESPLAZAMIENTO ANGULAR EN UN TIEMPO DADO***

#### ► **Concepto:**

Corresponde a un distancia lineal

#### ► **Ecuación/fórmula:**

$$\theta = \omega t$$

Donde:

$\theta$  (theta) = desplazamiento angular de un objeto o cuerpo

$\omega$  (omega) = rapidez o velocidad media de un objeto o cuerpo

$t$  = tiempo durante el cual ocurrió el desplazamiento



## DESCRIPCIÓN/CINEMÁTICA DEL – *MOVIMIENTO HUMANO:* *Cinemática Angular – RAPIDEZ ANGULAR:*

### **CONCEPTO**

- ▶ La proporción en el cambio de posición (distancia cubierta) de un objeto, cuerpo o segmento rígido (actuando como un radio) que gira/rota alrededor de un ángulo (i.e., el radio barre/recorre el ángulo) en una unidad de tiempo
- ▶ Indica cuan rápido un objeto, cuerpo o segmento rígido (actuando como un radio) se desplaza a través de un ángulo, en rotaciones
- ▶ La magnitud de la velocidad angular



## DESCRIPCIÓN/CINEMÁTICA DEL – *MOVIMIENTO HUMANO:* *Cinemática Angular – RAPIDEZ ANGULAR:*

### ***CARACTERÍSTICAS***

► Es una cantidad escalar:

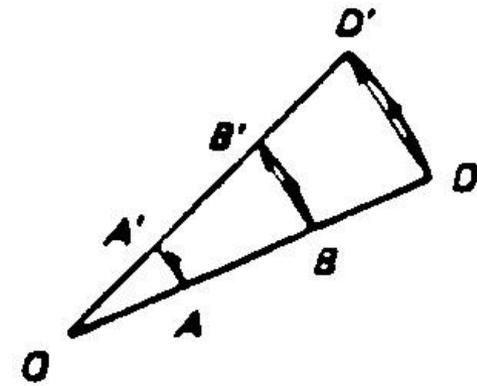
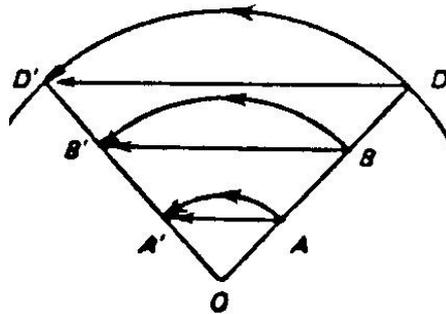
**Posee únicamente magnitudorresponde a un distancia**



## DESCRIPCIÓN/CINEMÁTICA DEL – MOVIMIENTO HUMANO: *Cinemática Angular – RAPIDEZ ANGULAR:*

### ***CARACTERÍSTICAS***

- ▶ Arco recorrido por cada punto del radio (movimiento de cada parte o punto a lo largo del objeto, cuerpo o segmento rígido desde el eje o centro rotacional):
- Cada punto a lo largo del objeto, cuerpo o segmento rígido (radio) viajan a través de diferentes distancias lineales, de manera que cada punto también poseen distintos niveles de rapidez lineal:





## DESCRIPCIÓN/CINEMÁTICA DEL – MOVIMIENTO HUMANO: *Cinemática Angular – RAPIDEZ ANGULAR:*

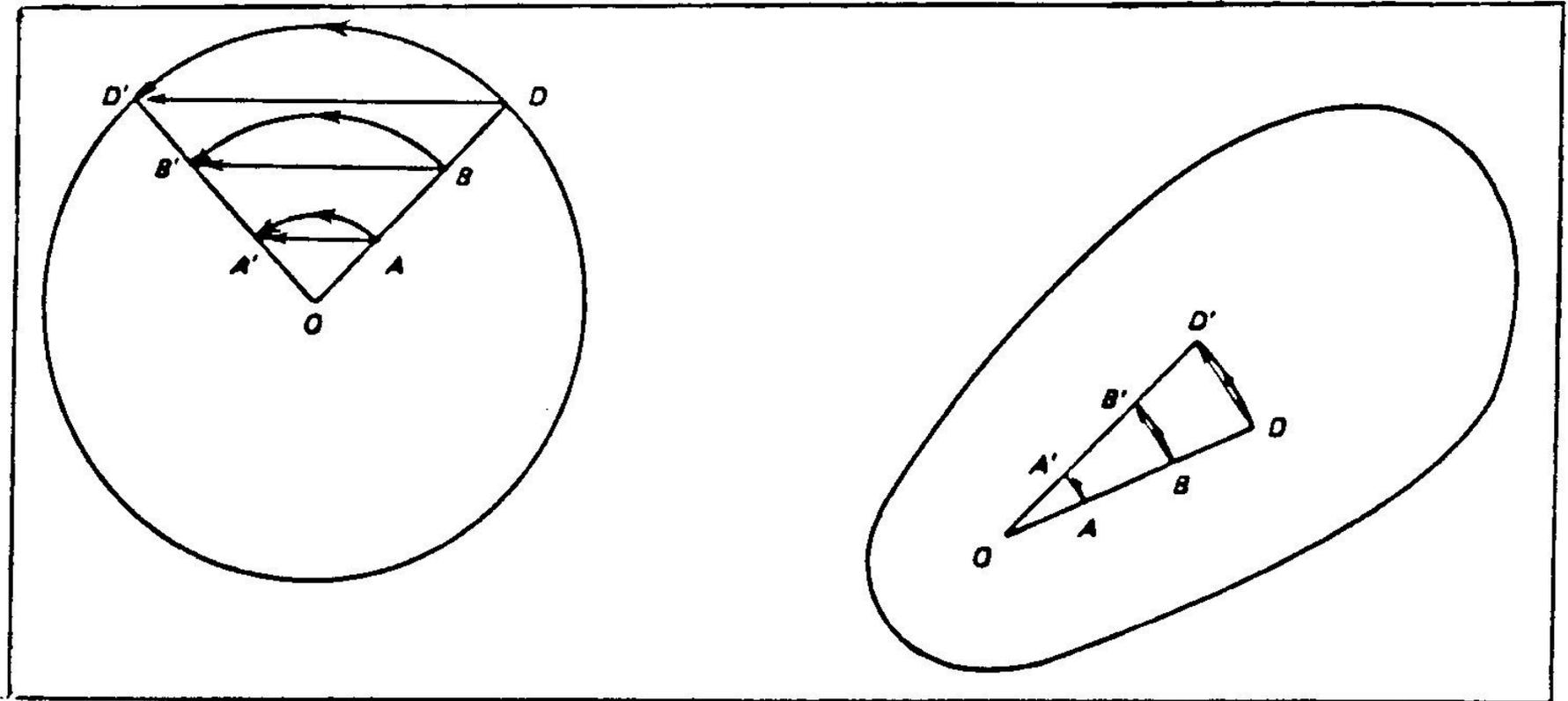


Figura 18

Movimiento Circular. Obsérvese que los Desplazamientos Lineales de los Puntos A, B, D son Diferentes y las Longitudes de los Arcos Correspondientes También son Diferentes, a pesar de que Corresponden al Mismo Angulo Central, o sea que las Líneas que Unen los Puntos A, B, D Barren el Mismo Angulo. (Reproducido de: Vicente, Muñoz & Quiroga, pág. 118).



## ► Implicación:

- Los puntos que se mueven con **mayor rapidez lineal** son los situados a **mayor distancia del eje de giro**, por tener que **recorrer una distancia mayor** en **igual intervalo de tiempo**:

*Por lo tanto, un punto en el extremo del objeto, cuerpo o segmento (donde se encuentra la **circunferencia** del círculo) posee **mayor rapidez lineal** que un punto más cerca del centro de rotación*

- En otras palabras:

*En un objeto, cuerpo o segmento rígido (radio) rotando, entre más lejos un punto de dicho radio se encuentre del centro de rotación (o eje de giro), **más rápido linealmente se moverá**, ya que **recorre una mayor distancia** en el mismo **intervalo de tiempo**, en comparación con los otros puntos del radio que se hallan más cerca del centro de giro*





## DESCRIPCIÓN/CINEMÁTICA DEL – MOVIMIENTO HUMANO: *Cinemática Angular – RAPIDEZ ANGULAR:*

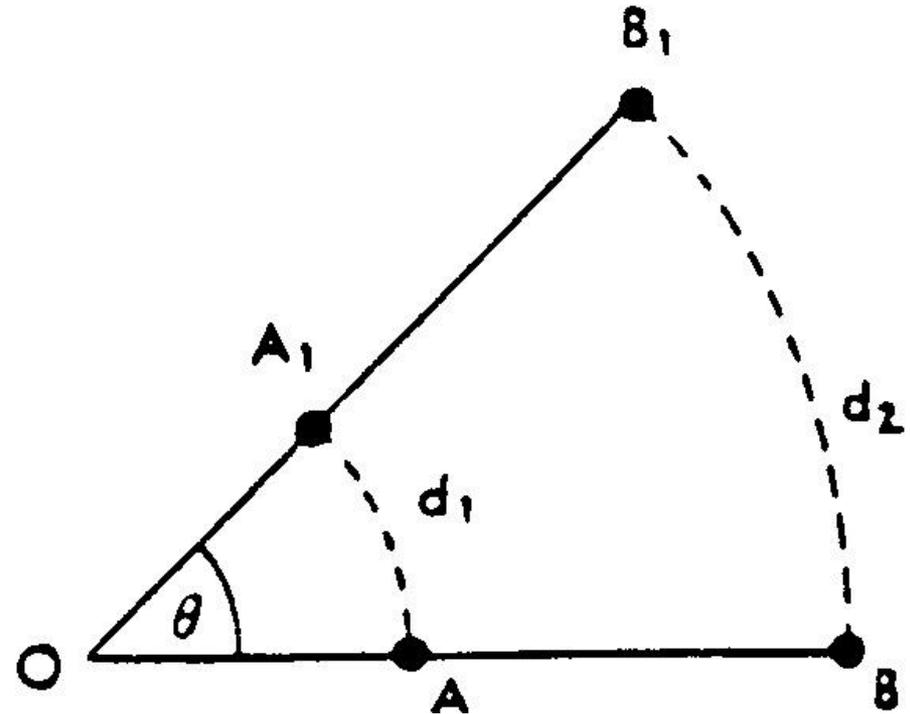
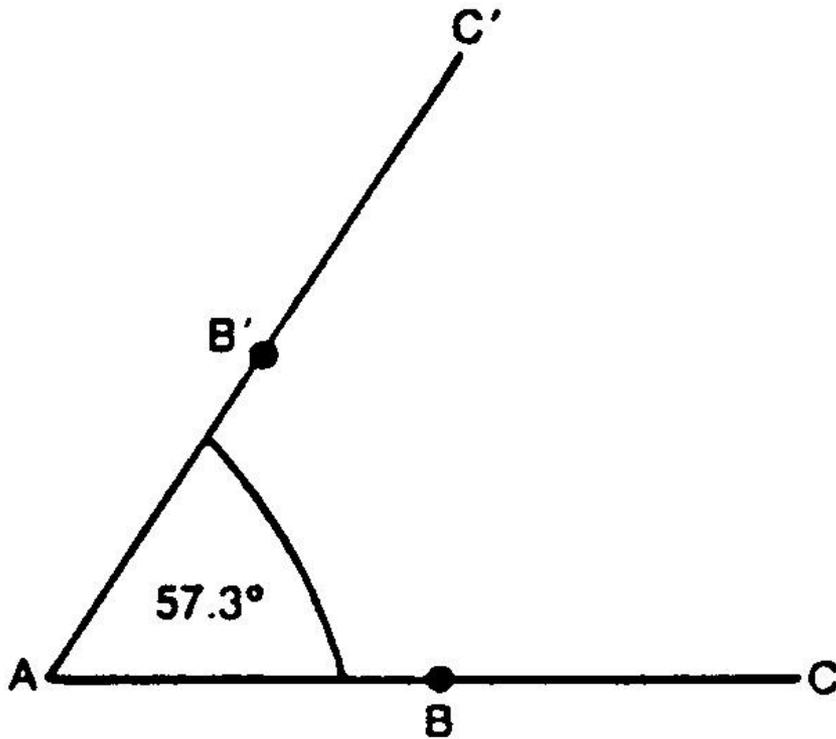
### ***CARACTERÍSTICAS***

- ▶ **Ángulo barrido por el radio (ángulo que recorren cada punto del objeto, cuerpo o segmento rígido):**
  - **Todas sus partes o puntos a lo largo de un objeto, cuerpo o segmento rígido (actuando como un radio) rotando, poseen la *misma rapidez angular* (i.e., *todos los puntos del radio* se mueven con igual desplazamiento/distancia angular o rapidez angular), ya que el *arco* recorrido por todos los puntos del radio *barren el mismo ángulo*:**



## ► Implicación:

**Cada punto del objeto, cuerpo o segmento rígido (radio) se mueve a través del mismo ángulo (un mismo ángulo barrido simultáneamente por la recta o radio que contiene los diversos puntos) y realiza el mismo número de revoluciones**



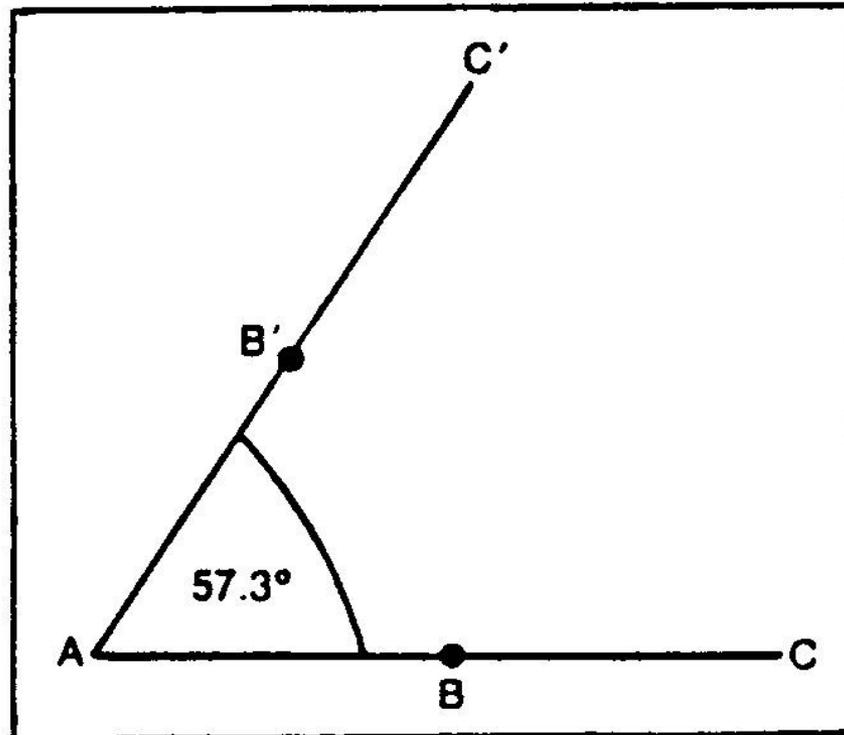


Figura 19

El Segmento AC con un Punto B Intermedio. Obsérvese que el Segmento AC se Desplaza a una Nueva Localización, Indicado por B' y C', a través de un Radián ( $57.3^\circ$ ) a la Posición AC'. Si el Segmento se ha Traslado a través de un Radián en un segundo, entonces la Rapidez Angular sería  $57.3^\circ/\text{seg.}$ , tanto para el Segmento AB como el AC (a pesar de Poseer Diferentes Longitudes), ya que Ambos Arcos del Segmento AB y AC (Formados al Desplazarse Angularmente a la Posición AB' y AC') Recorren/Barren el Mismo Angulo ( $57.3^\circ$ ). (Adaptado de: Soderberg, pág. 17).

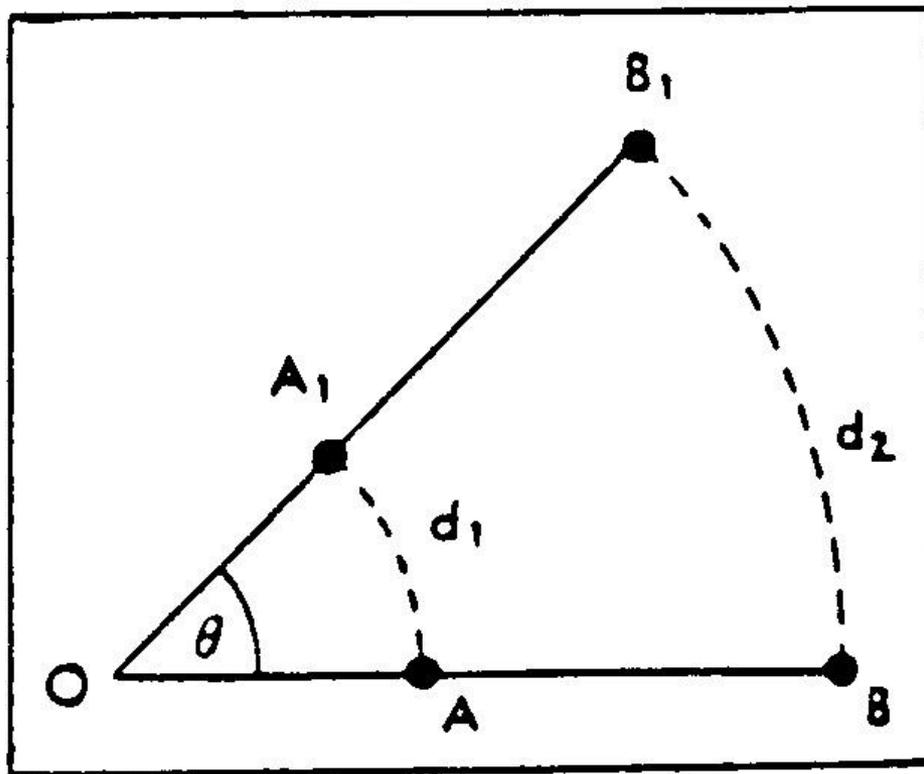


Figura 20

Dos Palancas (OA y OB) de Longitudes Diferentes, Desplazándose Angularmente ( $\theta$ ) a través del mismo Número de Radianes por Unidad de Tiempo, i.e., la Rapidez Angular es la misma para Ambas Palancas. Obsérvese También que el Desplazamiento Lineal ( $d$ ) y, por ende, la Rapidez Lineal son Diferentes (i.e.,  $d_2$  es mayor que  $d_1$ ). (Adaptado de: Barham, pág. 206).



## DESCRIPCIÓN/CINEMÁTICA DEL – *MOVIMIENTO HUMANO:* *Cinemática Angular – RAPIDEZ ANGULAR:*

### ***UNIDADES DE MEDIDA***

► Unidades de ángulo dividido por tiempo:

grados/hr

grados/seg

radianes/hr

radianes/seg

► Frecuencia angular o rotatoria:

◆ **Concepto:**

► **Medida de la proporción rotatoria:**

*El número de revoluciones completas (veces en que se recorre o se le da vuelta a 360 grados) calculadas alrededor de un patrón circular durante un intervalo de tiempo dado a una rapidez periférica (angular) constante*



## DESCRIPCIÓN/CINEMÁTICA DEL – MOVIMIENTO HUMANO: *Cinemática Angular – RAPIDEZ ANGULAR:*

### ***UNIDADES DE MEDIDA***

#### ► Frecuencia angular o rotatoria:

##### ◆ Utilidad/importancia:

*Es útil cuando en movimientos rotatorios, la rapidez periférica (angular) es constante*

##### ◆ Unidades:

► Revoluciones por minuto (rev/min o rpm)

► Revoluciones por segundo (rev/seg)

► Hertz (Hz);

$$1 \text{ Hz} = \frac{1 \text{ rev}}{\text{seg}}$$



## DESCRIPCIÓN/CINEMÁTICA DEL – *MOVIMIENTO HUMANO:* *Cinemática Angular – RAPIDEZ ANGULAR:*

### ***UNIDADES DE MEDIDA***

► Frecuencia angular o rotatoria:

◆ Ecuación/fórmula:

$$f = \frac{\# \text{ rev}}{t}$$

Donde:

f = frecuencia angular

# rev = número de revoluciones

t = intervalo/duración de tiempo





## DESCRIPCIÓN/CINEMÁTICA DEL – MOVIMIENTO HUMANO: *Cinemática Angular – RAPIDEZ ANGULAR:*

### **EJEMPLO**

Problema: Determinar la rapidez angular del planeta tierra.

Dado:

Desplazamiento Angular de la tierra ( $\phi$ ) =  $360^\circ$

Tiempo Transcurrido ( $t$ ) = 24 hr

Conocido:

$$\bar{\sigma} = \frac{\phi}{t}$$

Solución:

$$\bar{\sigma} = \frac{360^\circ}{24 \text{ hr}}$$

$$\therefore \boxed{\bar{\sigma} = 15^\circ/\text{hr}}$$



## DESCRIPCIÓN/CINEMÁTICA DEL – *MOVIMIENTO HUMANO:* *Cinemática Angular – VELOCIDAD ANGULAR:*

### **CONCEPTO**

- ▶ La proporción del desplazamiento angular/rotatorio por el radio, en una dirección específica, durante un tiempo dado
- ▶ Variación del ángulo sobrepasado/recorrido por el objeto, cuerpo o segmento actuando como una barra rígida (radio), el cual se mueve alrededor de un eje/centro giratorio/rotatorio, en una dirección específica y durante un periodo de tiempo particular
- ▶ Rapidez angular en una dirección dada



## DESCRIPCIÓN/CINEMÁTICA DEL – *MOVIMIENTO HUMANO:* *Cinemática Angular – VELOCIDAD ANGULAR:*

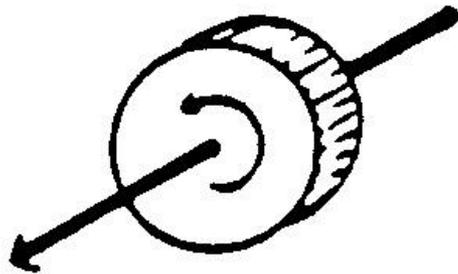
### ***CARACTERÍSTICAS***

- ▶ Es una cantidad vectorial que especifica:
  - ⊕ Rapidez (***magnitud***) de la rotación alrededor de su eje
  - ⊕ ***Dirección*** espacial (a favor o en contra de las agujas del reloj) de su eje de rotación
- ▶ Factor de dirección en la velocidad angular:
  - ⊕ Posibles direcciones angulares del eje giratorio:
    - ▶ A favor de las manecillas/agujas del reloj (***dirección negativa***)
    - ▶ En contra de las manecillas/agujas del reloj (***dirección positiva***)



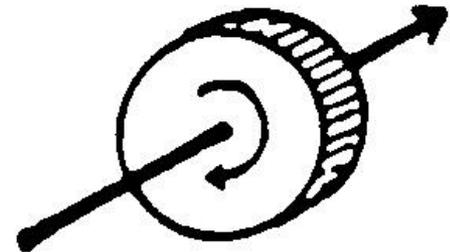
## DESCRIPCIÓN/CINEMÁTICA DEL – MOVIMIENTO HUMANO: *Cinemática Angular – VELOCIDAD ANGULAR:*

### ***CARACTERÍSTICAS: Direcciones***



ROTACION EN CONTRA DE LAS  
MANECILLAS DEL RELOJ

La Velocidad Angular se  
Dirige Hacia el Observador



ROTACION A FAVOR DE LAS  
MANECILLAS DEL RELOJ

La Velocidad Angular se  
Dirige Fuera del Observador

Figura 21

La Dirección de la velocidad Angular  
(Reproducido de Brancazio, pág. 40)



## DESCRIPCIÓN/CINEMÁTICA DEL – *MOVIMIENTO HUMANO:* *Cinemática Angular – VELOCIDAD ANGULAR:*

### ***CARACTERÍSTICAS***

#### ► Factor de dirección en la velocidad angular:

- Una misma rotación puede aparecer a favor de las manecillas del reloj cuando se observa desde una dirección o en contra de las manecillas del reloj cuando ha sido vista desde otra dirección:

#### ► Ejemplo:

*La curva de una bola se observa a favor de las manecillas del reloj para el lanzador (en beisbol), pero en contra de las manecillas del reloj para el bateador y receptor*



## DESCRIPCIÓN/CINEMÁTICA DEL – *MOVIMIENTO HUMANO:* *Cinemática Angular – VELOCIDAD ANGULAR:*

### ***CARACTERÍSTICAS***

#### ► Factor de dirección en la velocidad angular:

- Una misma rotación puede aparecer a favor de las manecillas del reloj cuando se observa desde una dirección o en contra de las manecillas del reloj cuando ha sido vista desde otra dirección:

#### ► Implicación:

- Se debe especificar el punto de observación

#### ■ Ejemplo:

- "A favor de la manecillas del reloj, según se observa desde arriba"
- "En contra de la manecillas del reloj, según se observa desde la derecha"



## DESCRIPCIÓN/CINEMÁTICA DEL – MOVIMIENTO HUMANO: *Cinemática Angular – VELOCIDAD ANGULAR:*

### **CARACTERÍSTICAS**

► Relación entre la velocidad angular y la velocidad lineal:

● La velocidad lineal en el extremo de la palanca de un objeto o cuerpo es el producto del largo de dicha palanca (i.e., la longitud del radio de rotación) y la velocidad angular:

► Ecuación/fórmula:  $V = r\omega$ , donde:

$V$  = velocidad lineal (de un punto sobre un segmento/palanca rotando)

$r$  = radio de rotación (radio del punto)

$\omega$  = velocidad angular (del segmento o palanca)



## DESCRIPCIÓN/CINEMÁTICA DEL – *MOVIMIENTO HUMANO:* *Cinemática Angular – VELOCIDAD ANGULAR:*

### ***CARACTERÍSTICAS***

► **Relación entre la velocidad angular y la velocidad lineal:**

● **La velocidad lineal en el extremo de la palanca de un objeto o cuerpo es el producto del largo de dicha palanca (i.e., la longitud del radio de rotación) y la velocidad angular:**

► **Implicación:**

*Entre más grande sea la velocidad angular y mayor sea la longitud de la palanca (radio), mayor será la velocidad lineal en el extremo de la palanca (radio)*



## DESCRIPCIÓN/CINEMÁTICA DEL – *MOVIMIENTO HUMANO:* *Cinemática Angular – VELOCIDAD ANGULAR:*

### ***CARACTERÍSTICAS***

- ▶ La distancia angular recorrida por todos los puntos del radio, sin importar donde se localizan en relación al eje, es la misma



## DESCRIPCIÓN/CINEMÁTICA DEL – MOVIMIENTO HUMANO: *Cinemática Angular – VELOCIDAD ANGULAR:*

### *EFFECTOS DE VARIAR LA LONGITUD DEL RADIO DE ROTACIÓN SOBRE LA VELOCIDAD ANGULAR*

#### ► Principios:

🌀 Cuando la velocidad angular de un cuerpo es constante, su **velocidad lineal** es **directamente proporcional** a la longitud de su radio de rotación:

#### ► Implicación:

- Entre **mayor sea el largo del radio** de rotación, **mayor** será la **velocidad lineal**, siempre que la velocidad angular sea constante
- Entre **menor sea el largo del radio** de rotación, **menor** será la **velocidad lineal**, siempre que la velocidad angular sea constante



## DESCRIPCIÓN/CINEMÁTICA DEL – MOVIMIENTO HUMANO: *Cinemática Angular – VELOCIDAD ANGULAR:*

### ***EFFECTOS DE VARIAR LA LONGITUD DEL RADIO DE ROTACIÓN SOBRE LA VELOCIDAD ANGULAR***

#### ► Principios:

- ◉ Cuando la velocidad angular de un cuerpo es constante, su **velocidad lineal** es **directamente proporcional** a la longitud de su radio de rotación:

#### ► Ecuación/fórmula:

$$v = r\omega$$



## DESCRIPCIÓN/CINEMÁTICA DEL – MOVIMIENTO HUMANO: *Cinemática Angular – VELOCIDAD ANGULAR:*

### *EFFECTOS DE VARIAR LA LONGITUD DEL RADIO DE ROTACIÓN SOBRE LA VELOCIDAD ANGULAR*

#### ► Principios:

◉ Cuando la velocidad lineal de un cuerpo en rotación es constante, su **velocidad angular** es **inversamente proporcional** a la longitud de su radio de rotación:

#### ► Implicaciones:

- Entre **mayor sea el largo del radio** de rotación, **menor** será la **velocidad angular**, siempre que la velocidad lineal se mantenga constante
- Entre **menor sea el largo del radio** de rotación, **mayor** será la **velocidad angular**, siempre que la velocidad angular sea constante



## DESCRIPCIÓN/CINEMÁTICA DEL – MOVIMIENTO HUMANO: *Cinemática Angular – VELOCIDAD ANGULAR:*

### ***EFFECTOS DE VARIAR LA LONGITUD DEL RADIO DE ROTACIÓN SOBRE LA VELOCIDAD ANGULAR***

#### ► Principios:

- ◉ Cuando la velocidad lineal de un cuerpo en rotación es constante, su ***velocidad angular*** es ***inversamente proporcional*** a la longitud de su radio de rotación:

#### ► Ecuación/Fórmula:

$$\omega = \frac{v}{r}$$



## DESCRIPCIÓN/CINEMÁTICA DEL – MOVIMIENTO HUMANO: *Cinemática Angular – VELOCIDAD ANGULAR:*

### *EFFECTOS DE VARIAR LA LONGITUD DEL RADIO DE ROTACIÓN SOBRE LA VELOCIDAD ANGULAR*

► Situaciones en las cuales el *alargamiento del radio es deseado*:

🟣 Pateando en balonpie:

*La velocidad lineal del pie será mayor si desde una posición flexionada de la rodilla, el pateador **endereza la rodilla** (lo cual produce un **radio de rotación mayor**)*





## DESCRIPCIÓN/CINEMÁTICA DEL – MOVIMIENTO HUMANO: *Cinemática Angular – VELOCIDAD ANGULAR:*

### *EFFECTOS DE VARIAR LA LONGITUD DEL RADIO DE ROTACIÓN SOBRE LA VELOCIDAD ANGULAR*

► Situaciones en las cuales el *alargamiento del radio es deseado*:

🎯 En “golf”:

Se deben mantener los **brazos rectos** en el momento que el palo de “golf” golpee la bola, con el fin de **augmentar el radio de rotación** y así también la **velocidad lineal** en el extremo del radio





# ¿PREGUNTAS?