

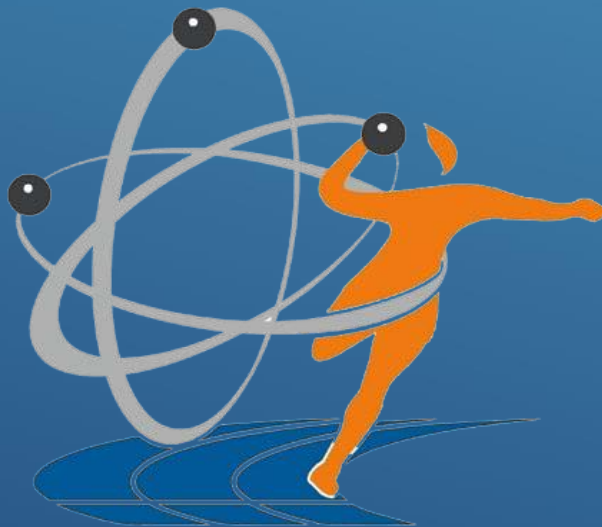
---

*Manual de la asignatura de Biomecánica  
aplicada al Deporte*

---



**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL  
ESTADO DE MORELOS**



**FACULTAD DE CIENCIAS DEL DEPORTE**

*Catedrático: Lic. Emmanuel Badillo Villalobos*



“Por una Profesionalización Académica en la Cultura Física y en el Deporte”

Contenido

Unidad de competencia ..... 4

Propósito ..... 4

Evolución Histórica de la Biomecánica ..... 5

Historia y Evolución Biomecánica Deportiva..... 13

Definición e Importancia Biomecánica Deportiva ..... 14

Introduccion ..... **Error! Bookmark not defined.**

Cinesiología..... 15

La Biomecánica es una rama de la Cinesiología. .... 15

    Objetivos y Funciones Biomecánica Deportiva ..... 16

    Ramas de la Biomecánica ..... 17

    Medición de Variables en Biomecánica..... 21

        Magnitudes ..... 22

        Magnitudes escalares y vectoriales ..... 24

        Sistemas de Unidades ..... 26

        Sistemas de Referencia..... 27

    Estructura y Análisis Del Movimiento..... 31

        Características del movimiento. (Cualitativo)..... 32

    Cinemática ..... 34

    Las características del movimiento. .... 35

    Estructuración de las fases del movimiento..... 37

Movimiento ..... 39

    Conceptos básicos..... 40

    Movimiento Rectilíneo ..... 41

    Movimiento rectilíneo uniformemente acelerado ..... 41

    Componentes de un análisis kinesiológico ..... 42



Análisis De Los Elementos Mecánicos..... 43

    Ejes y planos en el cuerpo humano ..... 44

    Tipos de Palanca..... 47

        Primer Genero o de Equilibrio..... 51

        Segundo genero..... 51

        Tercer genero ..... 52

Estructura de un análisis Kinesiológico ..... 53

    Captura de movimiento (Motion capture) ..... 54

Centro de masas y centro de gravedad..... 60

    Definición..... 60

        Masa ..... 62

        Peso ..... 62

        Centro de gravedad..... 62

        Centro de masas..... 63

Factores que determinan la posición del centro de gravedad en el cuerpo ..... 64

    Equilibrio..... 65

    Estabilidad..... 66

Concepto de trabajo, utilidad y potencia Trabajo..... 67

Potencia ..... 70

Potencia Media ..... 70

Potencia Instantánea ..... 71

Energía ..... 74

Energía Potencial..... 75

Energía Potencial Gravitacional..... 76

Energía Potencial Elástica..... 77

Energía Cinética ..... 78

Principio de conservación de la energía..... 78

Medición del gasto energético ..... 80

Bibliografía ..... 82



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL  
ESTADO DE MORELOS



Facultad de Ciencias  
del Deporte

“Por una Profesionalización Académica en la Cultura Física y en el Deporte”

Unidad de competencia.

Analiza la práctica deportiva para mejorar su rendimiento, desarrollar técnicas de entrenamiento y diseñar complementos, materiales y equipamiento de altas prestaciones. El objetivo general de la investigación biomecánica deportiva es desarrollar una comprensión detallada de los deportes mecánicos específicos y sus variables de desempeño para mejorar el rendimiento y reducir la incidencia de lesiones. Esto se traduce en la investigación de las técnicas específicas del deporte, diseñar mejor el equipo deportivo, vestuario, y de identificar las prácticas que predisponen a una lesión. Dada la creciente complejidad de la formación y el desempeño en todos los niveles del deporte de competencia, no es de extrañar que los atletas y entrenadores estén recurriendo en la literatura de investigación sobre la biomecánica aspectos de su deporte para una ventaja competitiva.

Propósito

Al término de la unidad de aprendizaje el estudiante conocerá la teoría y aplicación de la biomecánica en el deporte y principios, describiendo la técnica deportiva, así como ayudar en el entrenamiento corrigiendo defectos y buscando las técnicas más eficaces, desarrollar métodos de medida y registro permitiéndole actuar con responsabilidad, ética y disciplina.



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL  
ESTADO DE MORELOS



Facultad de Ciencias  
del Deporte

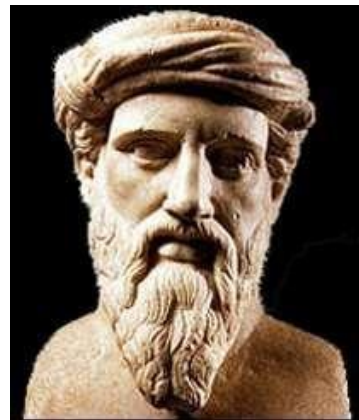
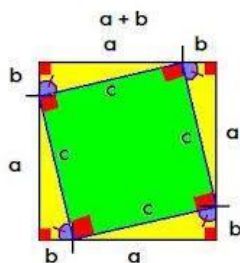
“Por una Profesionalización Académica en la Cultura Física y en el Deporte”

## Evolución Histórica de la Biomecánica

- ▶ Pitágoras ( 582 a. C.) Entre sus contribuciones más relevantes destaca el teorema de Pitágoras, formo una hermandad basada en sus ideas filosóficas y matemáticas donde hombres y mujeres participaban por igual, distribuyéndose en una jerarquía de “científicos y oyentes”

### TEOREMA DE PITÁGORAS

$$c^2 = a^2 + b^2$$





UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL  
ESTADO DE MORELOS



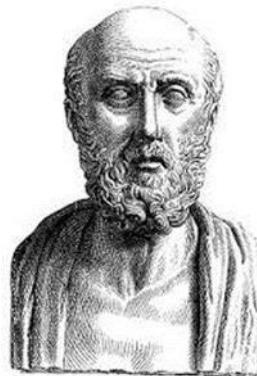
Facultad de Ciencias  
del Deporte

## FACULTAD DE CIENCIAS DEL DEPORTE

Dirección

“Por una Profesionalización Académica en la Cultura Física y en el Deporte”

- ▶ Hipócrates: (460-370 a.C.) Fue un famoso médico y profesor de medicina, Dado que no existen verdaderas fuentes bibliográficas de su vida solo cuenta con relatos de tradición oral que no son muy fiables. Estudio el cuerpo desde el raciocinio fuera del misticismo y la espiritualidad, así, su creencia en el principio de la causalidad confirma su compromiso con una ciencia racional.





UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL  
ESTADO DE MORELOS



Facultad de Ciencias  
del Deporte

## FACULTAD DE CIENCIAS DEL DEPORTE

Dirección

“Por una Profesionalización Académica en la Cultura Física y en el Deporte”

- ▶ Herófilos (-300 a.C.). Médico griego de la escuela de Alejandría fue uno de los primeros, junto con Erasistrato de Ceos en hacer disecciones anatómicas en público, lo que le permitió identificar el funcionamiento de diversos órganos, también practico vivisecciones en criminales y esclavos condenados a muerte. Sus estudios le permitieron identificar / diferenciar el tendón del nervio, la arteria de la vena, así como identificar que la inteligencia residía en el cerebro no en el corazón.





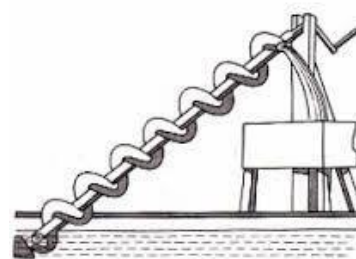
UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL  
ESTADO DE MORELOS



Facultad de Ciencias  
del Deporte

“Por una Profesionalización Académica en la Cultura Física y en el Deporte”

- ▶ Arquímedes (287-212 a.C.). Matemático, griego, físico inventor y astrónomo, algunas de las aportaciones realizadas pueden considerarse como el fundamento de la mecánica teórica, entre otras, pueden citarse las leyes de la palanca y la solución a los problemas relacionados con la determinación del centro de gravedad ( de aplicación actual en la determinación de composición de cuerpos). Es también reconocido por haber diseñado innovadoras maquinas incluyendo armas de asedio y el tornillo de Arquímedes, describe también los principios hidrostáticos, que gobiernan el comportamiento de los cuerpos en el agua y que hoy en día se siguen aplicando



Archimedes screw, invention attributed to the Greek scientist Archimedes





UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL  
ESTADO DE MORELOS



Facultad de Ciencias  
del Deporte

## FACULTAD DE CIENCIAS DEL DEPORTE

Dirección

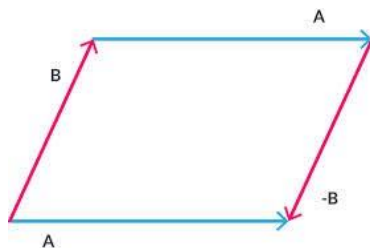
“Por una Profesionalización Académica en la Cultura Física y en el Deporte”

- ▶ Galeno (129-201). Su principal contribución estuvo orientada hacia el estudio del músculo, considerado el primer médico del deporte (con los gladiadores), su obra estableció la diferencia entre nervios motores y sensitivos.



“Por una Profesionalización Académica en la Cultura Física y en el Deporte”

- ▶ Leonardo Da Vinci (1452-1519) Artista, Ingeniero, Científico se interesó en la estructura y movimiento de cuerpo humano principalmente al centro de gravedad y equilibrio, sus principales contribuciones:
  - ▶ La descripción del Paralelogramo de fuerzas
  - ▶ Estudio la fricción o rozamiento y cuestiono la relación de Aristóteles entre la fuerza, peso y velocidad en la caída libre.
  - ▶ Preparo la tercera ley de newton en su análisis de vuelo de los pájaros (aunque la mecánica de Da Vinci no describió o conceptualizo la aceleración, inercia o masa en comparación con el peso.





UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL  
ESTADO DE MORELOS



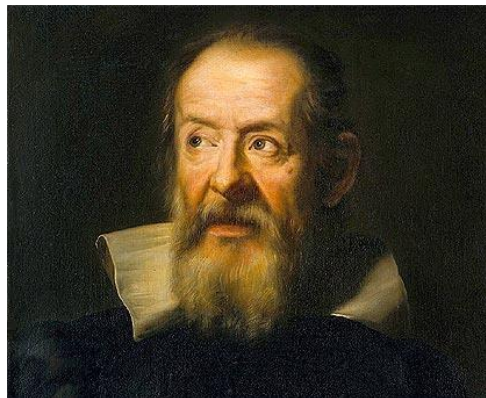
Facultad de Ciencias  
del Deporte

## FACULTAD DE CIENCIAS DEL DEPORTE

Dirección

“Por una Profesionalización Académica en la Cultura Física y en el Deporte”

- ▶ Galileo Galilei: Estudiante de medicina en la facultad de Arts. (Universidad de Pisa), finalizo dedicándose a las Matemáticas y las Física. Posteriormente fue profesor de la Universidad de Pisa y de la de Padua. Durante toda su carrera científica intento persuadir a las autoridades religiosas de que las verdades transcendentales no pueden estar en desacuerdo con las verdades de la ciencia y que, por el contrario, deberían adaptarse a estas. Él mayor problema fue cuando publico uno de los mayores logros de la literatura científica, el “Dialogo sobre los sistemas principales”, en el que criticaba las teorías de Copérnico y de Ptolomeo. La inquisición lo condeno y obligo a refugiarse, cerca de Florencia.





UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL  
ESTADO DE MORELOS



Facultad de Ciencias  
del Deporte

## FACULTAD DE CIENCIAS DEL DEPORTE

Dirección

“Por una Profesionalización Académica en la Cultura Física y en el Deporte”

- ▶ Santorio: Influido por Galileo, Fue uno de los primeros científicos en aplicar la mecánica y sus métodos a la medicina. A través de sus experimentos y experiencias fue creando las bases del metabolismo y la energética del movimiento. Destacan entre sus experimentos la medición de su peso durante 30 años, para analizar los “líquidos y sólidos que entraban y salían de su cuerpo”, la cantidad de respiración que entraba y salía de sus pulmones y piel.





“Por una Profesionalización Académica en la Cultura Física y en el Deporte”

### Historia y Evolución Biomecánica Deportiva.

En la Unión Soviética, la biomecánica deportiva se origina a consecuencia del desarrollo de la biomecánica de los ejercicios físicos, creada por P.F. Lesgaft en la segunda mitad del siglo XI

Este destacado anatomista ruso desarrolló el fundamento de la anatomía teórica, y estudió la organización de la educación física en una serie de países con el fin de crear el sistema nacional de educación física.

En 1877, P.F. Lesgaft comenzó a impartir esta asignatura en los cursos de Educación Física. Posteriormente, sus alumnos continuaron impartiendo y perfeccionando la teoría de los movimientos corporales.

En 1927, comenzó a impartirse como disciplina autónoma bajo el nombre de Teoría del movimiento y en 1931 se cambió su denominación por la de Biomecánica de los ejercicios físicos.

A partir de la década del treinta, en los institutos de cultura física de Moscú y otras ciudades, se fue desarrollando el trabajo científico y docente en la biomecánica deportiva.

Después que salió a la luz, en 1939, el manual Biomecánica de los ejercicios físicos (cuya redactora jefa fue E.A. Kotikova), el fundamento biomecánico de la técnica deportiva comenzó a introducirse en todos los manuales de deportes.

Por su parte, el desarrollo del deporte en la URSS y, principalmente, la participación de los deportistas soviéticos en los juegos olímpicos, fueron un potente estímulo para el desarrollo de la biomecánica deportiva.



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL  
ESTADO DE MORELOS



Facultad de Ciencias  
del Deporte

FACULTAD DE CIENCIAS DEL DEPORTE

Dirección

---

“Por una Profesionalización Académica en la Cultura Física y en el Deporte”

Desde 1958, en todos los institutos de cultura física, la biomecánica es una asignatura obligatoria; además, se crearon cátedras de biomecánica, se elaboraron programas, se editaron manuales y libros de texto, se prepararon cuadros docentes. Surgió la necesidad de sistematizar los conocimientos durante la formación y el perfeccionamiento de la disciplina docente, lo que ejerció influencia sobre el desarrollo de la teoría de la biomecánica no solo en el deporte, sino también en otras esferas de la actividad humana.

### Definición e Importancia Biomecánica Deportiva

Área de la Biomecánica que se encarga de evaluar una actividad deportiva con el fin de mejorar el gesto motor y así evitar lesiones. La biomecánica nos ayuda analizar efectivamente las destrezas motoras, de manera que evalúe eficientemente una técnica y corrija si existe alguna falla.



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL  
ESTADO DE MORELOS



Facultad de Ciencias  
del Deporte

---

“Por una Profesionalización Académica en la Cultura Física y en el Deporte”

## Introducción

### Cinesiología

La Biomecánica es una rama de la Cinesiología.

La Cinesiología se dedica principalmente al estudio del movimiento humano desde el punto de vista de las ciencias físicas.

La Cinesiología puede subdividirse en las siguientes áreas: biomecánica, anatomía músculo-esqueleto y fisiología neuromuscular.

Biomecánica es:

La ciencia que trata con las fuerzas internas y externas que actúan sobre el cuerpo humano y los efectos producidos por estas fuerzas

La Ciencia que utiliza los principios y métodos de la mecánica (que forma parte de la física) para el estudio de los movimientos del cuerpo humano

Si consideramos que un gesto deportivo implica movimiento se puede tratar utilizando las leyes de la Mecánica y por tanto será objeto de estudio de la Biomecánica Deportiva.



---

“Por una Profesionalización Académica en la Cultura Física y en el Deporte”

## Objetivos y Funciones Biomecánica Deportiva

Analizar cada ejercicio o actividad deportiva y señalar después los grupos musculares que básicamente intervienen en la actividad y que, por ende, se desarrollan.

Examinar y evaluar la calidad de los movimientos involucrados en las actividades físicas y destrezas deportivas.

Evaluar las diferentes técnicas que pueden ser utilizadas en un caso dado, es decir, determinar la calidad de un movimiento.

Mejorar la ejecución de cualquier patrón de movimiento y desarrollar nuevas técnicas, es decir, perfeccionar las ejecuciones de las destrezas motoras con el fin de contribuir a la participación exitosa en las diferentes actividades físicas.

Localizar y corregir los defectos en la ejecución del atleta. Escoger técnicas apropiadas para el desempeño óptimo atlético. Descubrir los principios fundamentales de los movimientos corporales, Descubrir las bases anatómicas y mecánicas para el entrenamiento en el área de la educación y terapia física. Deducir las implicaciones del movimiento para los huesos, articulaciones, y músculos.

Reconocer actividades potencialmente peligrosas. Establecer los principios biomecánicos que deben ser utilizados en la guía inicial para la enseñanza de destrezas.



“Por una Profesionalización Académica en la Cultura Física y en el Deporte”

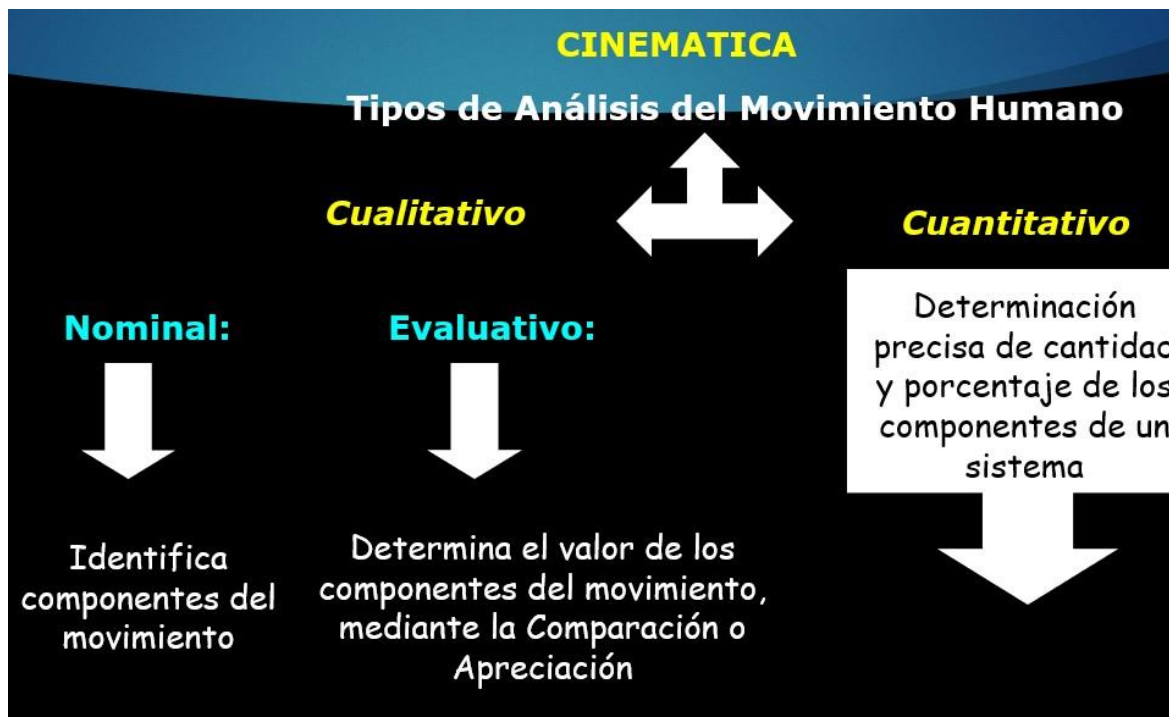
### Ramas de la Biomecánica

Cinemática. Estudio o análisis descriptivo de los factores de tiempo y espacio del movimiento de un sistema, es decir, describe el movimiento de los cuerpos en términos de tiempo, desplazamiento, velocidad, y aceleración.

El análisis cinemático puede ser de tipo lineal o angular.

El estudio de la cinemática lineal involucra la descripción de un movimiento en línea recta.

La cinemática angular se refiere a la descripción de un movimiento alrededor de un ángulo fijo.





---

“Por una Profesionalización Académica en la Cultura Física y en el Deporte”

Cinética: Estudio causal o análisis de las fuerzas que provocan que un sistema se mueva, es decir, que produzcan o cambien el movimiento de un objeto.

El estudio de las fuerzas que inducen el movimiento parte desde un movimiento lineal o angular.

La cinética lineal estudia las fuerzas que provocan el movimiento lineal.

La cinética angular estudia las fuerzas que causan el movimiento angular.

Subdivisiones de la cinética:

Estática: Estudio de los factores asociados con sistemas inmóviles; es decir, se estudian situaciones en la cual todas las fuerzas que actúan sobre un cuerpo están balanceadas, lo cual ocasiona que el cuerpo se encuentre en equilibrio. Dinámica: El estudio de los factores asociados con sistemas en movimiento; es decir, se estudian los cuerpos sujetos a fuerzas desbalanceadas, lo cual provoca cambios en movimiento

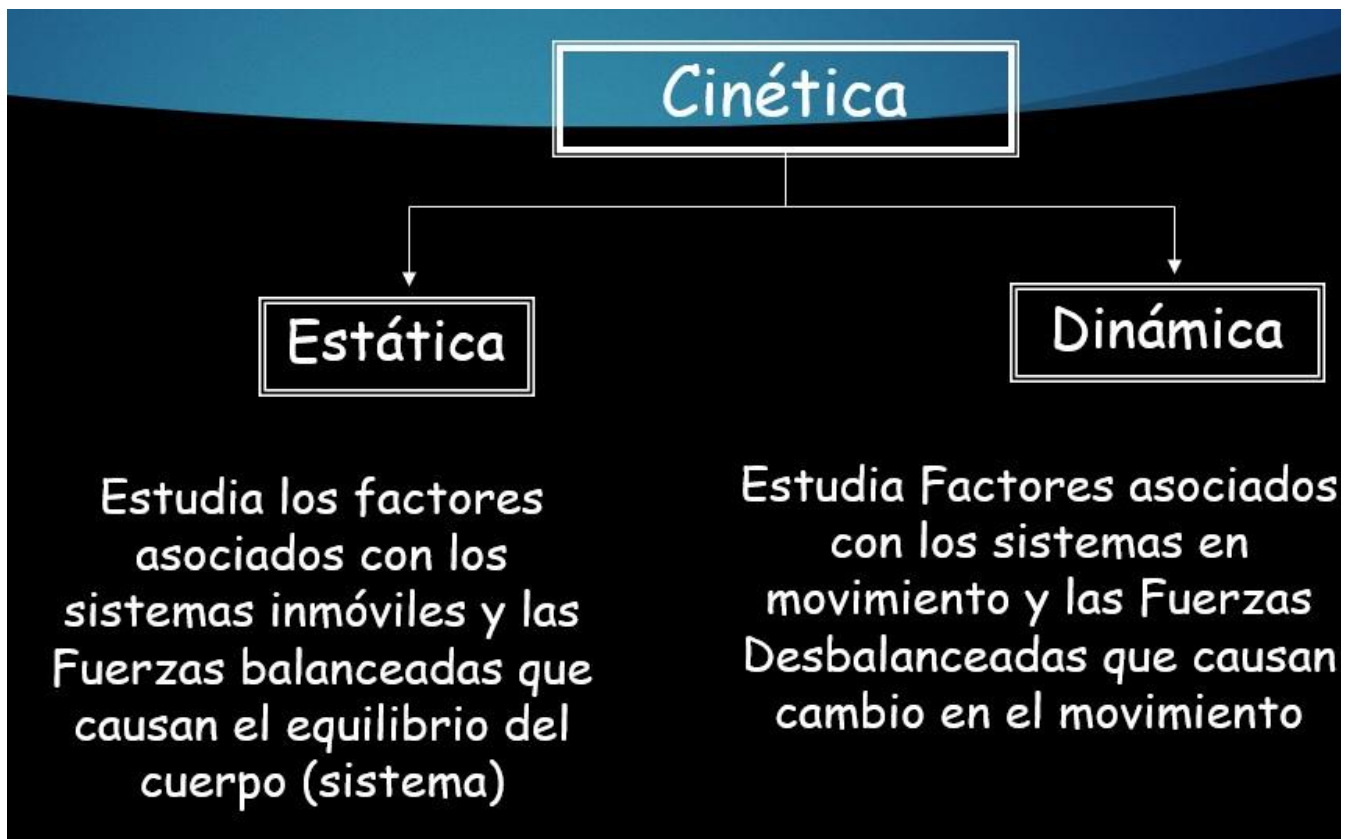


UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL  
ESTADO DE MORELOS



Facultad de Ciencias  
del Deporte

“Por una Profesionalización Académica en la Cultura Física y en el Deporte”





UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL  
ESTADO DE MORELOS



Facultad de Ciencias  
del Deporte

FACULTAD DE CIENCIAS DEL DEPORTE

Dirección

“Por una Profesionalización Académica en la Cultura Física y en el Deporte”

## CINETICA

Estudia las Fuerzas Que Causan,  
Modifican o Detienen los  
Movimientos u Objetos.  
Incorpora los Conceptos de

Masa    Fuerza    Momentum    Energía

En su Relación con los Movimientos



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MORELOS



Facultad de Ciencias del Deporte

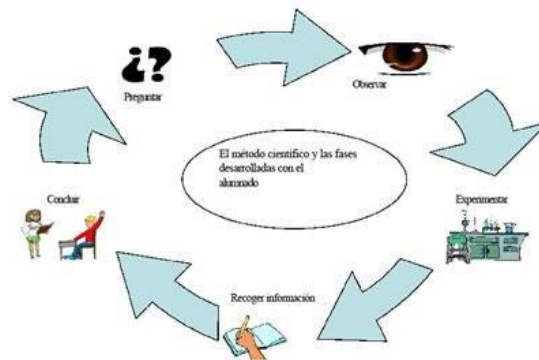
“Por una Profesionalización Académica en la Cultura Física y en el Deporte”

### Medición de Variables en Biomecánica

La observación y descripción en el método científico.

El método científico son el conjunto de acciones que le son propias a las ciencias.

La observación es la descripción de lo que está sucediendo o ha sucedido de forma cuantitativa o cualitativa que se vincula con la acción de medir



### Principios de las mediciones

Medir” significa atribuir un valor que expresa el número de veces que aparece la unidad de medida utilizada. Por ejemplo, si medimos una pista de balonmano de 40 metros, estaremos midiendo la magnitud “distancia” y aportando un valor numérico (40) correspondiente con cuántas veces aparece la unidad de medida (metros). Sin embargo, esta medición debe cumplir unas condiciones o características básicas:



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL  
ESTADO DE MORELOS



Facultad de Ciencias  
del Deporte

---

“Por una Profesionalización Académica en la Cultura Física y en el Deporte”

Las magnitudes de medición deben expresarse en función de unos patrones básicos que se llaman “unidades de medida”, que no son más que convenios acerca de cómo deben ser las mediciones.

Para especificar el valor de una magnitud, es necesario aportar la unidad de medida junto con el número que relaciona ambos valores.

Es muy importante, aunque no imprescindible, que las unidades sean universales, en el sentido de que su valor sea independiente de la variación de otras magnitudes externas, es decir, que la duración del día sea la misma para todos los días, que la longitud de cada metro sea siempre igual,...

### Magnitudes

Es cualquier propiedad física (longitud, masa, tiempo) que se puede medir, lo que implica realizar un experimento de cuantificación, normalmente con un instrumento especial (cronómetro, balanza, termómetro), desde el punto de vista de las matemáticas magnitud también indica cantidad. (Badillo-Izquierdo 2008)



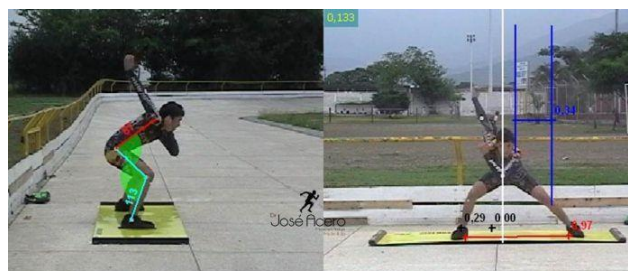
“Por una Profesionalización Académica en la Cultura Física y en el Deporte”

Según Aguado (1993), una magnitud es todo aquello que puede ser medido.



Algunas son directamente apreciables por nuestros sentidos (ej: tamaño, peso,) y otras son más indirectas (ej: aceleraciones, energía,). González-Badillo e Izquierdo (2008), por su parte, definen magnitud como cualquier propiedad física que se puede medir, hecho que implica realizar un experimento de cuantificación, normalmente con un instrumento determinado (cronómetro, báscula,).

Podemos diferenciar entre magnitudes fundamentales y derivadas. Las primeras o fundamentales poseen un patrón de medida propio (ej: la longitud o espacio, que se mide en metros). Las magnitudes derivadas son aquellas que carecen de un patrón de medida y, en consecuencia, efectúan sus mediciones en función de la relación con otros patrones (ej: la velocidad se define en función de la longitud y el tiempo, medidas en metros y segundos respectivamente).





UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL  
ESTADO DE MORELOS



Facultad de Ciencias  
del Deporte

FACULTAD DE CIENCIAS DEL DEPORTE

Dirección

“Por una Profesionalización Académica en la Cultura Física y en el Deporte”

## Magnitudes escalares y vectoriales

Las magnitudes escalares quedan definidas simplemente con un número (ej: volumen de kilómetros de un nadador en un microciclo). Las magnitudes vectoriales precisan de varios elementos para ser definidas, entre ellos un punto de aplicación, una dirección, un sentido, y un módulo (ej: la velocidad, la fuerza, la aceleración,).





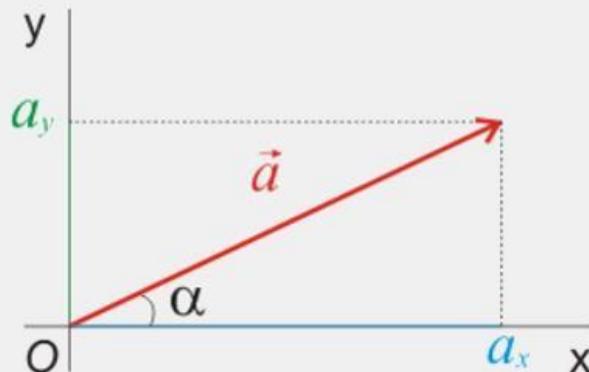
“Por una Profesionalización Académica en la Cultura Física y en el Deporte”

Un vector en el espacio tridimensional está caracterizado por tres números que se denominan **componentes o coordenadas del vector**.

Las componentes de un vector serán en general diferentes dependiendo del **sistema de coordenadas** que utilicemos para expresarlas, pero siempre es posible relacionarlas de una manera sistemática.

### Sistemas de coordenadas

El sistema de coordenadas cartesianas está constituido por tres ejes (dos si trabajamos en dos dimensiones) perpendiculares entre sí que se cortan en un punto llamado **origen**.



Componentes cartesianas

$$\vec{a} = (a_x, a_y)$$

En tres dimensiones:

$$\vec{a} = (a_x, a_y, a_z)$$



“Por una Profesionalización Académica en la Cultura Física y en el Deporte”

## Sistemas de Unidades

Un sistema de unidades es un convenio que determina los patrones de unidades que deben ser utilizados juntos para medir magnitudes derivadas (Aguado 1993). Si no existiesen estos convenios, a partir de unos pocos patrones de medida para las magnitudes fundamentales, aparecerían cientos de patrones diferentes para las derivadas, lo que sería un caos para la interpretación de las medidas.

En la actualidad, el sistema de unidades más utilizado es el sistema internacional (SI), también denominado MKS o sistema de Giorgi. Una de las mayores ventajas de utilizar un sistema coherente de unidades como el SI, además de homogeneizar las transacciones científicas, técnicas y comerciales, es facilitar la comparación de valores dispares de una misma magnitud (ej distancias microscópicas y astronómicas) y las relaciones entre diferentes magnitudes.

UNIDADES DE MEDIDA EN DIFERENTES SISTEMAS					
MAGNITUD	SÍMBOLO	C.G.S	TÉCNICO	M.K.S (Giorgi o Internacional)	INGLÉS
DISTANCIA (ESPACIO)	e	centímetro	metro	metro	pie
MASA	m	gramo	u.t.m.	kilogramo	slug
TIEMPO	t	segundo	segundo	segundo	segundo
VELOCIDAD	v	centímetro/segundo	metro/segundo	metro/segundo	pie/segundo
ACELERACIÓN	a	centímetro/segundo <sup>2</sup>	metro/segundo <sup>2</sup>	metro/segundo <sup>2</sup>	pie/segundo <sup>2</sup>
FUERZA	F	dina	kilopond	newton	libra
SUPERFICIE (ÁREA)	S	centímetro <sup>2</sup>	metro <sup>2</sup>	metro <sup>2</sup>	pie <sup>2</sup>
VOLUMEN	V	centímetro <sup>3</sup>	metro <sup>3</sup>	metro <sup>3</sup>	pie <sup>3</sup>
DENSIDAD	D	gramo/centímetro <sup>3</sup>	U.T.M./metro <sup>3</sup>	Kilogramo/metro <sup>3</sup>	slug/pie <sup>3</sup>
PRESIÓN	P	dina/centímetro	kilopond/metro	newton/metro <sup>2</sup>	libra/pie <sup>2</sup>
TRABAJO	w	ergio	kilopondímetro	julio	
ENERGÍA	E.	ergio	kilopondímetro	julio	
POTENCIA	P.	ergio/segundo	kilopondímetro/segundo	watio	

## Sistemas de Referencia

Identificar si el movimiento es lineal, angular o general (combinación de las dos anteriores) es a menudo el primer paso a la hora de describir dicho movimiento (Hall 1991). Para ello debemos identificar el lugar o marco de referencia (sistema de referencia) donde tiene lugar el movimiento. Un sistema de referencia será el lugar desde el que se llevará a cabo la medición. El sistema de referencia será necesario para especificar la posición del cuerpo, de un segmento o de un objeto, así como para describir si ocurren cambios en su posición. El sistema de referencia puede ser fijo o móvil. Al primero se le denomina sistema de referencia absoluto, los ejes (x, y, z) se cruzan en el eje articular de movimiento y los cambios de posición del segmento se describen respecto a este eje articular.

Mientras que, al segundo, se le denomina sistema de referencia relativo, en los cuales la posición de un segmento se describe en función de la posición de su segmento adyacente. Dentro de este tipo de sistema podemos diferenciar:

- Velocidad constante; sistemas inerciales.
- Velocidad variable; sistemas acelerados.



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL  
ESTADO DE MORELOS



Facultad de Ciencias  
del Deporte

## FACULTAD DE CIENCIAS DEL DEPORTE

Dirección

“Por una Profesionalización Académica en la Cultura Física y en el Deporte”

Podemos definir un sistema de referencia como un sistema de coordenadas respecto del cual estudiamos el movimiento de un cuerpo. Supone la posición del observador respecto al fenómeno observado.





UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL  
ESTADO DE MORELOS



Facultad de Ciencias  
del Deporte

---

“Por una Profesionalización Académica en la Cultura Física y en el Deporte”

Sin movimiento, podemos considerar el sistema de referencia como absoluto, en caso de existir movimiento, por ejemplo, en el coche, el sistema de referencia sería relativo para un observador que estuviese fuera del coche y en estático o moviéndose a una velocidad diferente a la de este. Si el mismo coche se desplazase a una velocidad constante de 50 km/h, en relación al observador el sistema de referencia se definiría como relativo e inercial.

Generalmente se toma el cuerpo como un punto (centro de masas, cdm) en movimientos generales complejos, como saltos en trampolín u otro tipo de movimientos combinados, es en estos casos cuando podemos comprobar que el sistema de referencia se desplaza hacia fuera del cuerpo. En dicho caso, sería un sistema de referencia relativo, dado que depende de las posiciones del resto de segmentos corporales.



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL  
ESTADO DE MORELOS



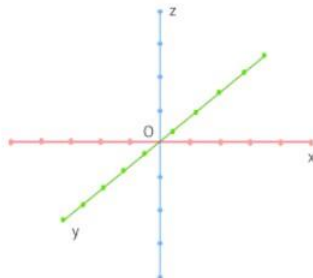
Facultad de Ciencias  
del Deporte

“Por una Profesionalización Académica en la Cultura Física y en el Deporte”

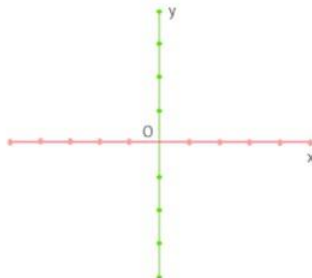
Hasta ahora han aparecido dos conceptos clave para entender el movimiento de un cuerpo

- Su posición
- El sistema de referencia

El **sistema de referencia** en Física es muy importante a la hora de estudiar los movimientos: Te resultará fundamental a la hora de establecer la posición del cuerpo estudiado. Normalmente en Física usamos el sistema formado por los **ejes cartesianos** y las **coordenadas cartesianas** como sistema de referencia. Dicho sistema está formado por 3 ejes perpendiculares (**OX**, **OY** y **OZ**) llamado **espacio** o **3 dimensiones**, aunque también es posible utilizar únicamente 2 ejes (**OX**, **OY**) llamados **2 dimensiones** o **plano** e incluso, un único eje (**OX**) conocido como **1 dimensión** o **recta**.



Eje OXYZ  
3 dimensiones  
espacio



Eje OXY  
2 dimensiones  
plano



Eje OX  
1 dimensión  
recta



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL  
ESTADO DE MORELOS

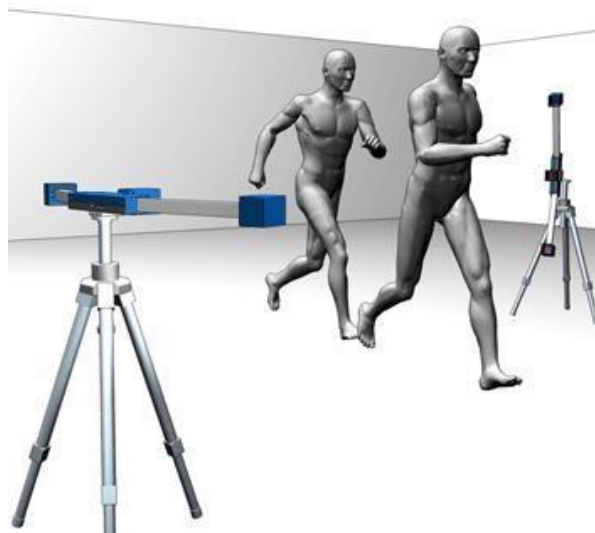


Facultad de Ciencias  
del Deporte

“Por una Profesionalización Académica en la Cultura Física y en el Deporte”

### Estructura y Análisis Del Movimiento.

Como requisito previo a una observación estructurada y sistematizada del movimiento, es necesario conocer el modelo de ejecución técnica de la habilidad motriz que se realiza. Se ha de tener en cuenta toda una serie de factores que lo condicionan, como los de tipo antropométrico, la condición física y factores relacionados con el entorno y la ejecución, como las limitaciones espacio temporales impuestas por el reglamento, el tipo de movimiento realizado o el equipamiento utilizado (Izquierdo, Echevarría y Morante 2008).



Características del movimiento. (Cualitativo).

El análisis cualitativo se caracteriza por la interpretación subjetiva del movimiento. Knudson y Morrison (1997) lo definieron como la observación sistemática y juicio introspectivo de la cualidad del movimiento humano con el propósito de proporcionar la intervención más apropiada para mejorar el rendimiento. Esta definición contiene la declaración básica del método de análisis cualitativo, así como su objetivo e identifica los tres principales pasos de dicho proceso (Observación, evaluación e intervención) (Lees 2002).

El análisis de las características cualitativas sirve para indicar la calidad y la coordinación en la ejecución (Meinel y Schnabel, 1988). Según Izquierdo, Echevarría y Morante (2008) se pueden distinguir tres tipos de características:

1. Las de tipo dinámico, relacionadas con la alternancia de los procesos de contracción relación muscular del movimiento.
2. Las de tipo figurativo, en las que se observa desarrollo superficial y coordinación global.
3. Las de tipo psicovolitivo, donde se contemplan aspectos de actitud y concentración.

Este tipo de análisis sirve al entrenador para:

- - Determinar la calidad de ejecución técnica.
- - Definir el movimiento con mayor exactitud.
- - Detectar y corregir errores.



---

“Por una Profesionalización Académica en la Cultura Física y en el Deporte”

- - Adaptar el proceso metodológico de enseñanza-aprendizaje al nivel de dominio técnico de los deportistas.

Según Lees (2002), el análisis cualitativo requiere un gran conocimiento y una amplia experiencia tanto sobre la ejecución de la habilidad como de los principios biomecánicos subyacentes.

Dentro de este análisis podemos destacar varios puntos a tener en consideración (Adaptado de, Izquierdo y Echeverría, Apuntes MARD):

- Fluidez del movimiento: se considera el grado de continuidad temporal, espacial y dinámica del gesto. Se puede valorar utilizando los trazados en función del tiempo de variables como el recorrido de un segmento corporal o de un implemento, por comparación con otros atletas o bien el mismo deportista en distintas fases. En especialidades como la que nos interesa, de resistencia principalmente es interesante que los niveles y las variaciones de fuerza en función del tiempo no sean muchos.
- Acoplamiento de los movimientos y el ritmo: la evaluación de las características estructurales complejas ya descritas normalmente se realiza cualitativamente por medio de la observación del sujeto, incluso filmando.

---

“Por una Profesionalización Académica en la Cultura Física y en el Deporte”

- Hoy es posible mejorar la actitud de la evaluación utilizando métodos cuantitativos.
- El acoplamiento de los movimientos y el ritmo son características que tienen en común el hecho de que toman en consideración al mismo tiempo varios parámetros y los relacionen entre sí en función del tiempo.

### Cinemática

Parte de la mecánica que trata del movimiento en sus condiciones de espacio y tiempo, sin tener en cuenta las causas que lo producen.

La cinemática describe el movimiento en sus trayectorias, velocidades y aceleraciones, tanto si son lineales, angulares o combinadas. A veces solo se analiza una sola dimensión del movimiento, como por ejemplo los cambios de altura del centro de gravedad cuando se realiza un test de salto, pero otras lo analizan desde un plano por ejemplo, cuando se estudian los metros y velocidades recorridas sobre una cancha. Finalmente, se estudian los recorridos en tres dimensiones ejemplo al estudiar minuciosamente los desplazamientos del centro de gravedad durante la carrera, no se preocupa por las causas que lo provocan simplemente estudia cómo es (lo describe).

---

“Por una Profesionalización Académica en la Cultura Física y en el Deporte”

Las características del movimiento.

Hacen referencia a parámetros que se pueden medir en el gesto técnico y pueden ser de tipo cinemático y dinámico. Las de tipo cinemático describen el movimiento determinando la posición del cuerpo y cómo evoluciona en el transcurso del tiempo. Por su parte las de tipo cinético dan idea de las causas que producen en movimiento, es decir de las fuerzas que lo provocan.

Este tipo de análisis permite:

- Una descripción objetiva de un modelo o gesto técnico concreto.
- Determinar con exactitud el rendimiento de las disciplinas deportivas con un final mensurable.
- Comparar varias ejecuciones entre sí o la ejecución de un deportista con un modelo técnico ideal.
- Detectar deficiencias y errores.
- Objetivar las características cualitativas.

Según Lees (2002), los métodos cuantitativos, como métodos para la recolección de datos, se han convertido en los más empleados y los más prácticos para la evaluación de la técnica. Lo que no quiere decir que el análisis cualitativo no se haya empleado con éxito en la cuantificación de variables, como muestran los

“Por una Profesionalización Académica en la Cultura Física y en el Deporte”

estudios de Douwes y Dul (1991), Runeson y Frykholm (1981) o Cutting y Kozlowski (1977). La aproximación al análisis cuantitativo necesita de instrumentación o herramientas para poder llevarlo a cabo.

Es por ello que la mayoría de los textos sobre biomecánica describen una gran variedad de métodos para recoger datos con instrumentación y así cuantificar la capacidad de rendimiento. Entre ellos cabe destacar el análisis de movimiento (videografía), análisis de fuerza o electromiografía. No obstante, de la mayor parte de las investigaciones se pueden extraer los siguientes ítems importantes (Lees 2002):

CONCEPTO	FÓRMULA	EJEMPLOS
Velocidad	$V = \frac{s}{t}$	Velocidad media de nado, carrera o bici.
Aceleración	$a = \frac{\Delta v}{t}$	Salida en atletismo, ciclismo o natación.
Fuerza	$F = m \times a$	La que es capaz de aplicar el deportista contra un objeto.
Momento lineal	$ML = masa \times V$	El conjunto ciclista- bicicleta en movimiento.
Impulso	$I = F \times t$	Cualquier salto.
Energía cinética	$Ec = \frac{1}{2} m v^2$	La que lleva el corredor o el conjunto ciclista-bicicleta.
Velocidad angular	$Va = \frac{\text{desplazamiento ang}}{\text{tiempo}}$	La que lleva el pedal.
Velocidad lineal de un punto en rotación	$Vl = \text{radioRot} \times Vang$	Lanzamiento de una bola o balón.
Desplazamiento lineal de un punto en rotación.	$D = \text{radio} \times \text{desplazamiento ang}$	Patada en taekwondo.
Aceleración angular.	$AG = \frac{\Delta Vang}{\text{tiempo}}$	El inicio de la pedalada en ciclismo.
Momento de inercia	$MI = Masa \times \text{radio}^2$	El que tiene la rueda, catalina o piñones.
Momento angular	$Ma = MI \times Vangular$	
Fuerza de arrastre (Hidrodinámica)	$Fa = \frac{1}{2} \text{coefic Arrastre} \times \text{area} \times \text{densidad} \times FI \times V^2$	Natación y ciclismo.

Estructuración de las fases del movimiento.

Siguiendo a Meinel y Schnabel (2004) los actos motores deportivos muestran una estructura básica trifásica para la cual es determinante la función de las fases. Los elementos básicos se denominan fase preparatoria, fase principal y fase final.

La fase preparatoria sirve de introducción para la fase principal, por lo general mediante un movimiento de recobro en algunas formas motoras por intermedio de una carrera, un balanceo o un paso de impulso.

La fase principal representa la solución inmediata del problema motor propuesto. Si el objetivo es la propia locomoción, la fase principal se compone de los impulsos acelerativos esenciales y su aprovechamiento racional y en parte de las fases de vuelo o desplazamiento; si el objetivo principal es proporcionar una cantidad de movimiento a un implemento o un adversario, entonces la fase principal comprende esa acción.

La fase final resulta casi siempre obligatoriamente de la cantidad de movimiento todavía existente al culminar la fase principal y del estado de equilibrio. Ella conduce a un estado estático o representa una preparación inespecífica a otros actos motores. En algunos casos tiene un carácter pasivo-terminal y en otros un carácter predominantemente activo-decelerativo.

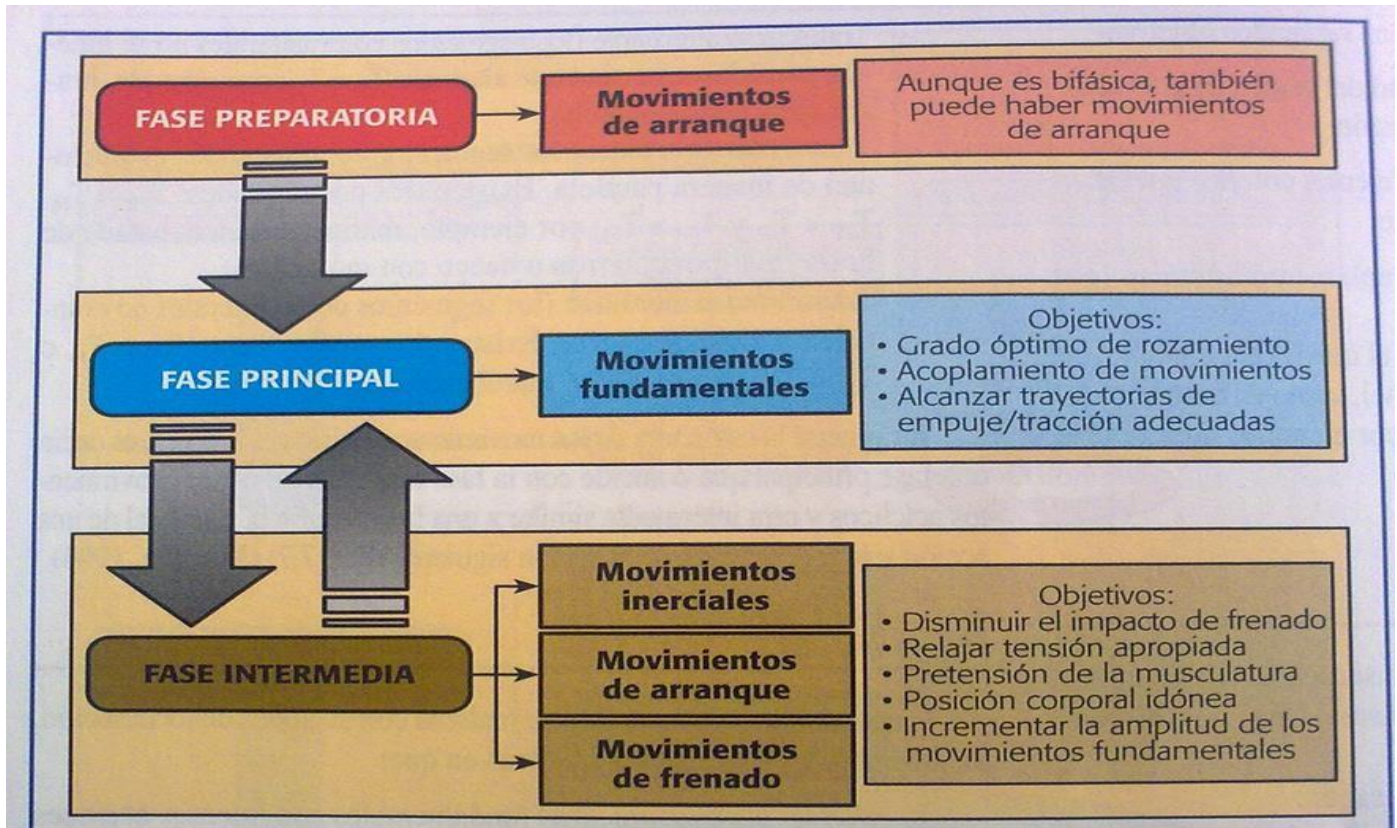


UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MORELOS



Facultad de Ciencias del Deporte

“Por una Profesionalización Académica en la Cultura Física y en el Deporte”





UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL  
ESTADO DE MORELOS



Facultad de Ciencias  
del Deporte

“Por una Profesionalización Académica en la Cultura Física y en el Deporte”

## Movimiento

La rama de la Física que se encarga del estudio de este fenómeno es la cinemática. Esta estudia las leyes del movimiento sin tener en cuenta las causas que lo han producido. utilizando para ello aritmética, álgebra y vectores a un nivel básico

Cuando viajamos en un tren con un compañero de viaje en el asiento de al lado, no tenemos dudas en afirmar que éste permanece quieto. A la vez, podemos afirmar que la azafata que pasa a repartir comida se encuentra en movimiento. Desde nuestro punto de vista o sistema de referencia la azafata se mueve, nuestro compañero y nosotros mismos estamos en reposo.

Imaginemos por un momento que un observador externo, situado fuera del tren, viera pasar al mismo y lo siguiera por unos segundos con la mirada. Para él, todos los elementos del tren estarían en movimiento: El tren, nuestro compañero, la azafata y nosotros mismos.

Para poder decir que un cuerpo se mueve, hemos de tomar un sistema de referencia y observar la posición del cuerpo respecto de él. Si su posición cambia con el tiempo, decimos que ese objeto se mueve respecto del sistema de referencia tomado.

En definitiva, el movimiento es el cambio de posición de los cuerpos a lo largo del tiempo respecto a un sistema de referencia dado.



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL  
ESTADO DE MORELOS



Facultad de Ciencias  
del Deporte

“Por una Profesionalización Académica en la Cultura Física y en el Deporte”

### Conceptos básicos

- Trayectoria: es la línea geométrica que un cuerpo describe en su movimiento
- Celeridad o rapidez: es un cuerpo que se mueve entre dos puntos P1 y P2 como el cociente entre el espacio recorrido y el intervalo de tiempo en que transcurre el movimiento.
- Velocidad: está asociado al cambio de posición de un cuerpo a lo largo del tiempo. Cuando necesitamos información sobre la dirección y el sentido del movimiento, así como su rapidez recurrimos a la velocidad, es una magnitud vectorial y, como tal, se representa mediante flechas que indican
- la dirección y sentido del movimiento que sigue un cuerpo y cuya longitud representa el valor numérico o módulo de la misma.
- Aceleración: cuando un cuerpo varía su velocidad en el transcurso del tiempo ya sea en modulo o dirección.





UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL  
ESTADO DE MORELOS

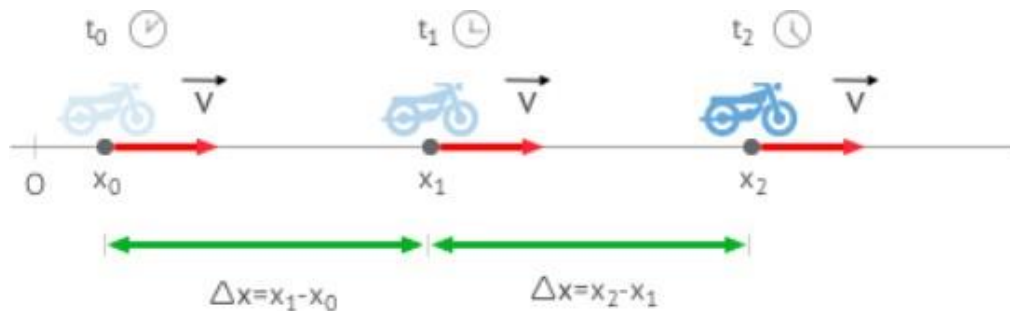


Facultad de Ciencias  
del Deporte

“Por una Profesionalización Académica en la Cultura Física y en el Deporte”

## Movimiento Rectilíneo

El movimiento es uno de los fenómenos físicos más evidentes, al ser fácilmente observable, ya que posee velocidad constante y su trayectoria es una línea recta.



## Movimiento rectilíneo uniformemente acelerado

Su trayectoria es una línea recta y su aceleración es constante. Esto implica que la velocidad aumenta o disminuye su módulo de manera uniforme.

la aceleración responsable de que cambie el módulo de la velocidad (también llamado celeridad o rapidez).



“Por una Profesionalización Académica en la Cultura Física y en el Deporte”

### Componentes de un análisis kinesiológico

La kinesiólogía estructural es el estudio de los músculos cuando estos están implicados en la ciencia del movimiento, tanto esqueleto como las estructuras musculares están implicadas. (Thompson 2007).

Movimiento: ejecución motriz sin un significado inmediato desde el punto de vista gimnástico. Ejemplos: comer, abrocharse zapatos.

Ejercicio Físico: combinación de movimiento más aplicación. Según Muska Mosston “El ejercicio físico es un acto motor voluntario aceptado libremente con intención de mejora personal. Es fundamentalmente controlado cualitativamente y tiene intencionalidad.

Sistemática del Ejercicio Físico: concepto amplio que hace referencia al análisis, ordenación y clasificación del ejercicio físico.

La estructura biológica comprende básicamente tres elementos esenciales:

- Los huesos.
- Las articulaciones.
- Los músculos.



---

“Por una Profesionalización Académica en la Cultura Física y en el Deporte”

Los huesos, al articularse unos con otros, forman un conjunto de palancas que van a poder ser movilizadas por los músculos en diferentes direcciones según las posibilidades de movimiento de las articulaciones con respecto a los diversos ejes y planos.

#### Análisis De Los Elementos Mecánicos.

Para analizar los aspectos mecánicos que intervienen en el movimiento, consideramos el cuerpo humano como un sistema de palancas y estudiamos los tipos de palancas, los ejes y planos en los que se mueven estas palancas y los tipos de movimiento que se pueden dar tomando como referencia los ejes y planos corporales.

El análisis del movimiento humano requiere la descripción detallada de los cambios de posición del cuerpo o de sus segmentos (cinemática) así como a la identificación de causas que lo producen (Mikel Izquierdo 2010).

Identificar el cuerpo o grupos de cuerpos segmentos o grupos de cuerpos que se quiere analizar. Entre estos podemos analizar el movimiento de un segmento, una pierna o el de todo el cuerpo Técnica deportiva, u los cambios de posición en relación a un objeto u otra persona.



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL  
ESTADO DE MORELOS



Facultad de Ciencias  
del Deporte

“Por una Profesionalización Académica en la Cultura Física y en el Deporte”

### Ejes y planos en el cuerpo humano

Los planos básicos de referencia derivan de las 3 dimensiones del espacio y se disponen formados ángulos rectos entre sí, los ejes son líneas imaginarias alrededor de las cuales tiene lugar el movimiento, se describen 3 planos



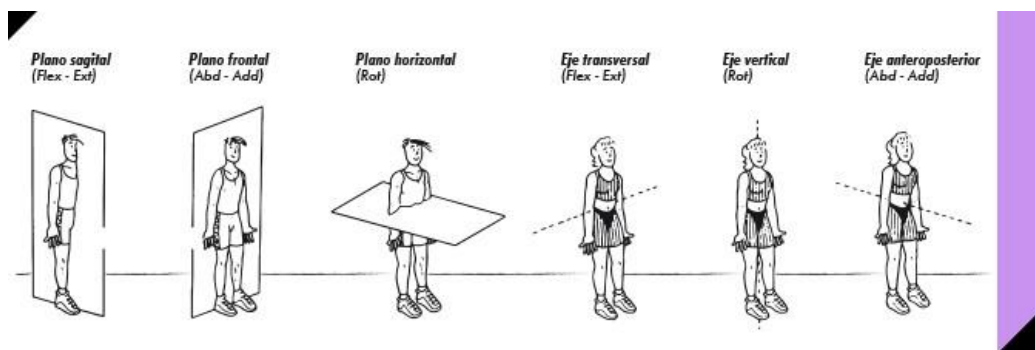
Plano sagital o anteroposterior: es vertical se extiende de delante atrás dividiendo el cuerpo en las mitades derecha e izquierda, los movimientos de flexión y extensión tienen lugar en este plano y en torno al eje de las X o transversal.

“Por una Profesionalización Académica en la Cultura Física y en el Deporte”

Plano frontal o coronal: es vertical y se extiende de uno a otro lado dividiendo el cuerpo en porción anterior y otra posterior los movimientos de aducción o aproximación y abducción o separación se dan en este plano en torno al eje de la Z.

Plano transversal u Horizontal: es horizontal y divide al cuerpo en las porciones superior e inferior, los movimientos de rotación tienen lugar en este plano y en torno al eje Y o longitudinal.

Los ejes se definen por la intersección entre los planos XYZ.



## Sistema Muscular

Según Gómez 2004 las principales funciones del sistema muscular son:

- ▶ Contractilidad
- ▶ Excitabilidad
- ▶ Extensibilidad
- ▶ Elasticidad

Estas 4 implicadas en la generación y modificación de movimiento.

## Clasificación de las acciones Musculares

- ▶ Agonistas: protagonistas en la acción de movimiento.
- ▶ Antagonistas: actúan en oposición directa a los agonistas o contraponen el movimiento.
- ▶ Estabilizadores: son los que como su nombre lo indica estabilizan el movimiento
- ▶ Auxiliares: ayudan a la ejecución del movimiento no de forma directa o tan solo en porciones mínimas.

## Tipos De Contracciones Musculares

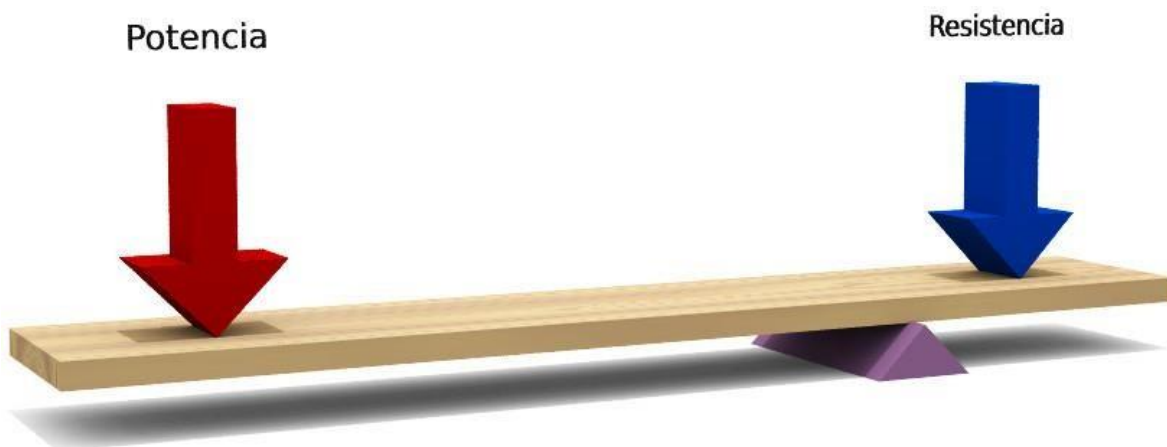
- ▶ Concéntrico, acortamiento muscular.
- ▶ Excéntrico, alongamiento muscular.
- ▶ Isotónico. Prefijo iso que significa igual, habla de una tensión muscular constante, (auxotonico), que conlleva cambios en la tensión y longitudes musculares.

“Por una Profesionalización Académica en la Cultura Física y en el Deporte”

- ▶ Isométrico significa literalmente longitud igual, con una constante en el Angulo articular (acortamiento en ese Angulo) en oposición de una resistencia o sin ella.
- ▶ Isocinética velocidad de movimiento constante.

## Tipos de Palanca

Las palancas son máquinas simples que tienen por objeto equilibrar o desplazar una fuerza que debe ser vencida, llamada resistencia, por medio de otra fuerza que es aplicada con este objetivo, llamada potencia. Se trata de una barra rígida que gira gracias a un fulcro y vence una cierta resistencia por medio de potencia.





UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL  
ESTADO DE MORELOS

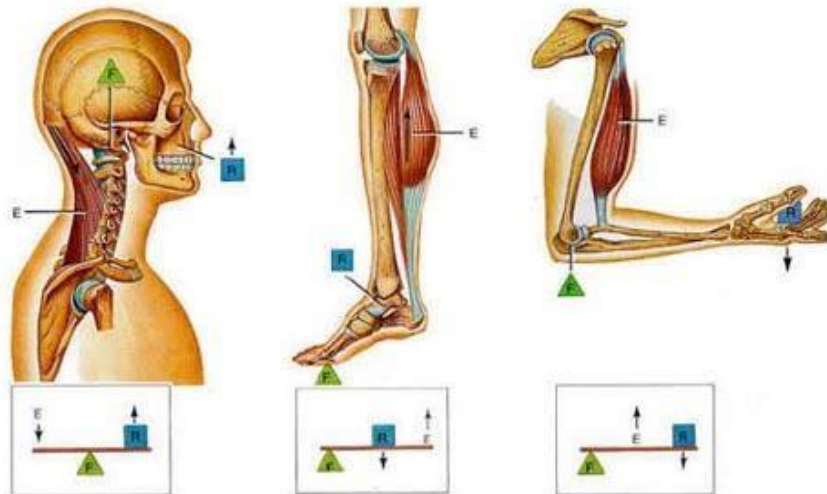


Facultad de Ciencias  
del Deporte

“Por una Profesionalización Académica en la Cultura Física y en el Deporte”

## Tipos

Visto desde el punto de vista del cuerpo humano, las barras pasan a ser los huesos; los fulcros las articulaciones; y los músculos, los motores que crean y transmiten las fuerzas a los puntos de anclaje.







UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL  
ESTADO DE MORELOS



Facultad de Ciencias  
del Deporte

---

“Por una Profesionalización Académica en la Cultura Física y en el Deporte”

### Potencia

La potencia pasa a ser representada por la fuerza que ejercen los músculos protagonistas.

### Resistencia

La resistencia que vencen estas palancas humanas puede ser el propio peso de los diferentes segmentos o cualquier otra carga exterior.

### Fulcro

Punto de reacción de las palancas destinado a permanecer en posición fija; puede realizarse tanto con un simple apoyo como con una articulación.

Según la posición del fulcro, el lugar de aplicación de la potencia y el lugar de aplicación de la resistencia, las palancas se clasifican en tres géneros que cumplen diferentes funciones.” (Aguado. 1993).



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL  
ESTADO DE MORELOS



Facultad de Ciencias  
del Deporte

## FACULTAD DE CIENCIAS DEL DEPORTE

Dirección

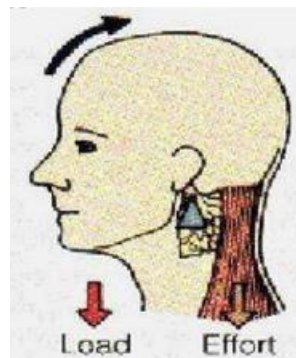
“Por una Profesionalización Académica en la Cultura Física y en el Deporte”

GENERO	SEGÚN SU DESCRIPCIÓN GEOMETRICA. DISPOCISION EN EL LUGAR CENTRAL DE.	SEGÚN SU FUNCION PRINCIPAL.	NO APTAS PARA.	POR EJEMPLO.
Primer genero.	El fulcro.	Equilibrio.		Articulación del atlas.
Segundo genero.	La resistencia.	Vencer importantes resistencias (fuerza).	Velocidad.	Flexión plantar del pie con el gastrocnemio.
Tercer genero.	La potencia.	Velocidad.	Fuerza.	Flexión del brazo con el bíceps.

Figura 4.1. Características y ejemplos de los tres géneros de palancas. (Aguado.

### Primer Genero o de Equilibrio

El cráneo, que descansa sobre el atlas por medio de sus cóndilos occipitales y que debe mantener un cierto equilibrio postural, conforma un buen ejemplo de palanca de primer género; éstas, tienen el fulcro en el centro, son consideradas como palanca de equilibrio. Para representar la palanca se asignará como resistencia el peso de la cabeza, colocándolo en el centro de gravedad de ésta; el fulcro será la articulación del atlas; y la potencia vendrá representada por la fuerza ejercida por los extensores de la cabeza. (Aguado. 1993).



### Segundo genero

La posición de bipedestación, cuando se contrae el gastrocnemio hasta que la persona quede apoyada por el ante pie, es un buen ejemplo de palanca del segundo género, llamada también de fuerza porque en ellas se potencia la fuerza empleada en vencer una resistencia. En este ejemplo, la potencia se aplica en el calcáneo, en el lugar de inserción del tendón calcáneo (tendón de Aquiles); el fulcro estaría colocado en el lugar de apoyo del pie en el suelo; y la resistencia, que correspondería al peso de la persona, se colocaría en la línea de prolongación vertical del centro de gravedad de la persona.



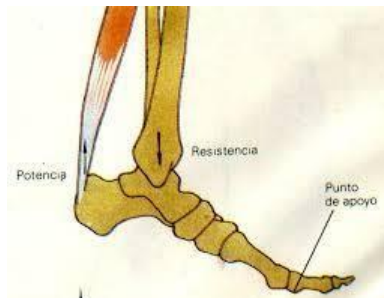
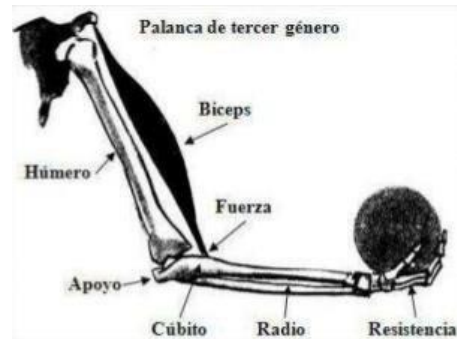
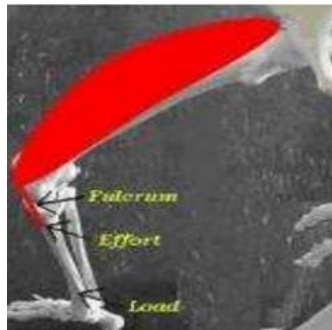
UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MORELOS



“Por una Profesionalización Académica en la Cultura Física y en el Deporte”

### Tercer genero

El bíceps, respecto a la articulación del codo, es una palanca de tercer género o de velocidad. El fulcro, representado por la articulación del codo, permanece a un lado, mientras que el centro se encuentra la potencia, en la tuberosidad bicipital del radio –punto de inserción del bíceps-, y, en el otro extremo, la resistencia del conjunto de brazo y mano-. En estas palancas se comprueba como un pequeño desplazamiento en el lugar de aplicación de la resistencia, es por ello por lo que reciben el nombre de palancas de velocidad





UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL  
ESTADO DE MORELOS



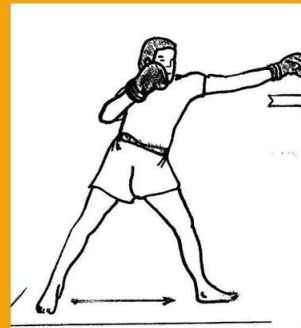
Facultad de Ciencias  
del Deporte

“Por una Profesionalización Académica en la Cultura Física y en el Deporte”

### Estructura de un análisis Kinesiológico

- ▶ Principales músculos involucrados en la acción y que tipo de acción refieren.
- ▶ Principales movimientos articulares que se realizan.
- ▶ Tipos de articulaciones involucradas.

TÉCNICA DE JAB		
Fase	Principales músculos involucrados	Movimientos articulares
Inicio, parte del parado de combate hacia adelante	Cuádriceps bíceps, deltoides anterior	Flexión del codo antero versión pélvica
fase de máxima extensión	Tríceps pectorales, cuádriceps Rotadores de la cadera	Protracción de la escapula Extensión del codo, extensión de la rodilla Flexión del hombro



### Captura de movimiento (Motion capture)

La captura de movimiento es una técnica para almacenar los movimientos digitalmente, e basa en las técnicas de fotogrametría, es usado principalmente en la industria del entretenimiento, deportes o con fines médicos.

En el contexto la biomecánica deportiva se refiere, a la técnica de almacenar las acciones de deportistas y usar esa información para animar modelos digitales en animación de 2 D y 3 D.



Nos permite por medio de diferentes técnicas obtener los datos cinemáticos (velocidades aceleraciones, tiempos y distancias), así como los biomecánicos (ángulos, velocidades angulares, trayectorias del CDG, posición y trayectoria de los segmentos, etc.). Con el fin de obtener parámetros cuantitativos para evaluar un gesto técnico dado.

“Por una Profesionalización Académica en la Cultura Física y en el Deporte”

Se analiza el gesto técnico en 2 dimensiones en los plano X, Y se pueden obtener parámetros cuantitativos de diversas variables, tanto como cinemáticos como biomecánicos.

La captura de movimiento, en nuestros días se ha vuelto un boom de tecnología ya que su uso y aplicación en películas y videojuegos le ha dado un empuje al desarrollo tecnológico, volviéndose cada vez más ligera y portátil. El deporte es un área que no se ha quedado atrás, especialmente en el estudio de la técnica deportiva y la biomecánica deportiva.



“Por una Profesionalización Académica en la Cultura Física y en el Deporte”

Para poder realizar MOCAP las tecnologías son diversas, y su utilidad- costo varía ampliamente, a continuación, mostraremos algunas de nuestro conocimiento.

SISTEMA	FUNCIONAMIENTO	COSTO	PROS	CONTRAS
VICON	Procesamiento de reflexión de luz infra roja, se utilizan 6 camaras, un procesador de señal y mínimo 40 marcadores	De 12,000 a 24,000 euros.	Muy utilizado en investigación, adquisición de datos precisa.	Precio elevado, tiempo de calibración largo, necesidades de iluminación especiales.
MVN	Traje de digitalización, tiene 17 dispositivos que son giroscopio, electrogoniómetro y acelerómetro integrados.	1.5 millones de pesos	No necesita condiciones especiales de luz, hasta 150 m de alcance	Precio elevado, difícil de utilizar, la exportación de datos es muy complicada.
APAS	Software dedicado a análisis de video en 3D.	Sin datos	Análisis en 3D, sin hardware complicado, genera reportes y graficas	Uso de marcadores, software de pago, mucho tiempo invertido en digitalizar





UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL  
ESTADO DE MORELOS



Facultad de Ciencias  
del Deporte

FACULTAD DE CIENCIAS DEL DEPORTE

Dirección

“Por una Profesionalización Académica en la Cultura Física y en el Deporte”

Quintic	Software dedicado a análisis de video en 2D.	4000 dólares americanos.	Analisis en 2D, sin hardware complicado, genera reportes y graficas, automatic tracking, Fácil exportación de los datos a excel	No realiza análisis en 3D, alto costo, mucho tiempo invertido en digitalizar
Dartfish	Software dedicado a análisis de video en 2D.	6000 dolares americanos	Analisis en 2D, sin hardware complicado, montaje de videos y edición	No realiza análisis en 3D, se tiene que tener muchisimo cuidado con el sistema de referencias



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL  
ESTADO DE MORELOS



Facultad de Ciencias  
del Deporte

## FACULTAD DE CIENCIAS DEL DEPORTE

Dirección

“Por una Profesionalización Académica en la Cultura Física y en el Deporte”

<b>ATD</b>	<b>Software dedicado a análisis de video en 2D.</b>	<b>Gratuito</b>	<b>Análisis en 2D, sin hardware complicado, exporta datos y graficas</b>	<b>Difícil de usar, mucho tiempo invertido en digitalización</b>
ImageJ	Software desarrollado a la medicina, pero con capacidad de analizar video.	Gratuito	Análisis en 2D, sin hardware complicado, exporta datos y graficas, extensa aplicación de plugins	Difícil de usar, mucho tiempo invertido en digitalización



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL  
ESTADO DE MORELOS



Facultad de Ciencias  
del Deporte

---

“Por una Profesionalización Académica en la Cultura Física y en el Deporte”

### Ventajas y necesidades

- Datos en dos dimensiones confiables,
- Se requiere de una cámara, un trípode, y adaptar las condiciones para la toma de datos.
- Software de análisis.
- Análisis profundo y manipulación de muchas variables.
- Múltiples ángulos de visión en un solo análisis

### Desventajas

- Costo elevado.
- Sistema complejo
- Libertad de movimiento limitada
- La mayoría no son sumergibles.



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL  
ESTADO DE MORELOS



Facultad de Ciencias  
del Deporte

“Por una Profesionalización Académica en la Cultura Física y en el Deporte”

Centro de masas y centro de gravedad.

El análisis de los centros de gravedad adquiere gran importancia en la interpretación de las posturas corporales humanas tanto estáticas como dinámicas, así como en la discusión de los movimientos del cuerpo considerado como una partícula donde se supone que se concentra todo el peso del sistema. Estudiando la trayectoria de dicha partícula representativa donde se ubica el centro de gravedad, es posible realizar análisis cinemáticos lineales de los movimientos rectilíneos y curvilíneos y, análisis cinemáticos angulares de los movimientos rotatorios.

Definición

Fuerza de atracción que la tierra ejerce sobre sobre todos los cuerpos hacia su centro

- Valor
- $9.81 \text{ m/s}^2$
- Variaciones
- Mayor en polos
- Menor en ecuador



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL  
ESTADO DE MORELOS

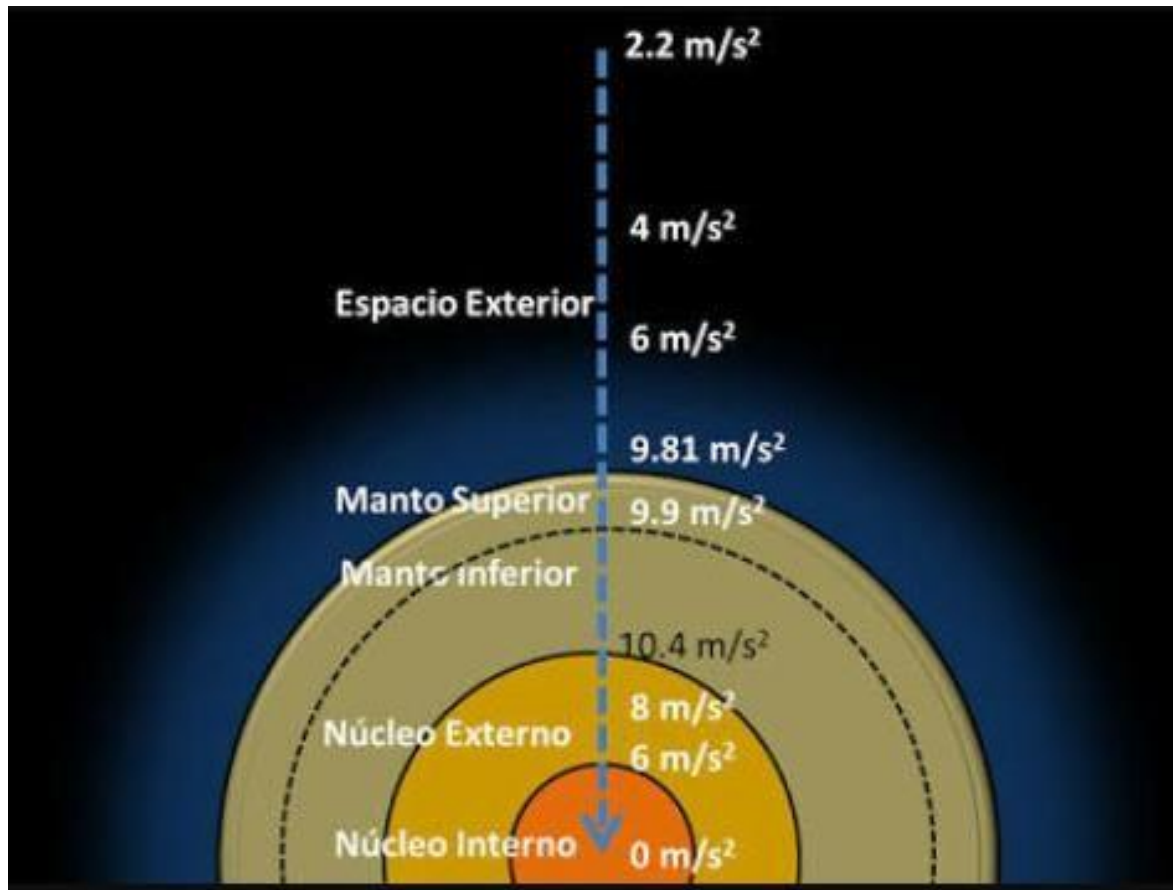


Facultad de Ciencias  
del Deporte

## FACULTAD DE CIENCIAS DEL DEPORTE

Dirección

“Por una Profesionalización Académica en la Cultura Física y en el Deporte”





## Masa

Es la cantidad de materia que posee un cuerpo, es una magnitud. Y por lo tanto es una unidad escalar

## Peso

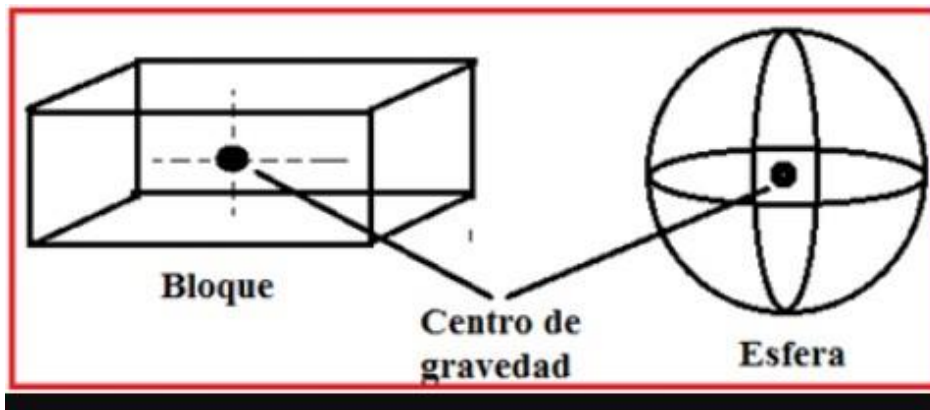
Es una fuerza, es decir un vector, ya que tiene magnitud, dirección y sentido.

$$P=(m)(g)$$

## Centro de gravedad

Un punto donde se resume todo el peso de un cuerpo el punto en el que se encuentran aplicadas las fuerzas gravitatorias de un objeto.

el centro de gravedad del cuerpo humano total es aquel punto imaginario donde se aplica la resultante de acumular el efecto de los pesos de un número finito de segmentos corporales.





UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL  
ESTADO DE MORELOS



Facultad de Ciencias  
del Deporte

---

“Por una Profesionalización Académica en la Cultura Física y en el Deporte”

## Centro de masas

El punto donde se concentran las masas del cuerpo

¿Dónde está Ubicado el CDG en el Cuerpo Humano?

En el cuerpo humano (estático) según Miralles (2007) se encuentra por delante de la vértebra lumbar L5. Pero Según otros autores se encuentra anterior a la Vértebra Sacra S2 (F1), y cada segmento corporal tiene su centro de Gravedad (Dempster 1955)(12). Por delante de la segunda vértebra sacra en hombres y, 3 cm más abajo en mujeres (Viladot, 2001). las mujeres poseen una cintura pélvica más amplia y una pelvis más ancha, sus extremidades son más cortas y, su índice de masa magra/masa adiposa es menor; los hombres poseen una cintura escapular más amplia, sus extremidades son más largas y su índice de masa magra/masa adiposa es mayor.



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL  
ESTADO DE MORELOS

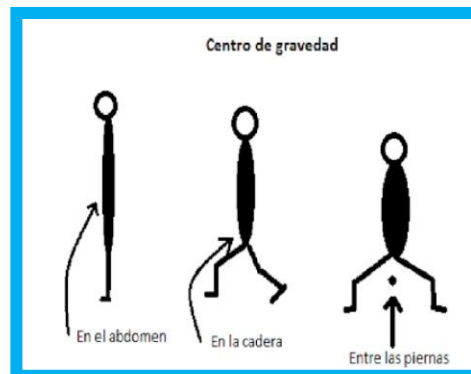
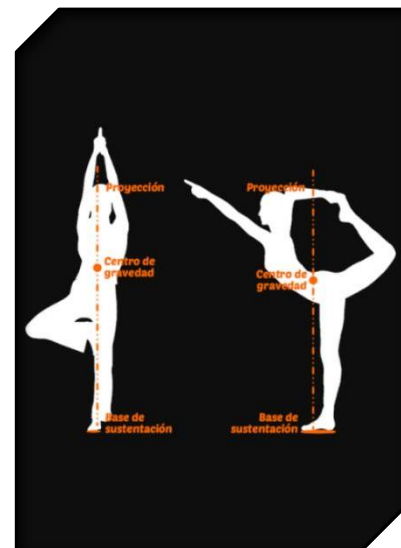


Facultad de Ciencias  
del Deporte

“Por una Profesionalización Académica en la Cultura Física y en el Deporte”

### Factores que determinan la posición del centro de gravedad en el cuerpo

- Estructura anatómica individual,
- Las posturas habituales de pie
- Las posiciones actuales
- El hecho de sostener pesos externos
- Edad
- Género
- Movimientos







UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL  
ESTADO DE MORELOS



Facultad de Ciencias  
del Deporte

“Por una Profesionalización Académica en la Cultura Física y en el Deporte”

La postura consiste en la distribución de la masa corporal en relación con la gravedad sobre una base de sostén o sustentación (Kuchera 1997) (3).,

La Postura es el conjunto de posiciones que adoptan todas las articulaciones del cuerpo en un momento determinado (Kendall's) en cambio la base de sustentación Se define cómo el área de superficie delimitada por los extremos de los segmentos apoyados en el piso o la superficie de soporte, en el cuerpo humano los pies forman un polígono llamado polígono de sustentación.



## Equilibrio

Cuando se habla de movimiento corporal humano hace referencia a mantener la postura así Winter (1995) desde un punto biomecánico define equilibrio como "un término que define la dinámica de la postura corporal para prevenir las caídas, relacionado con las fuerzas que actúan sobre el cuerpo y la inercia de los segmentos corporales".



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL  
ESTADO DE MORELOS



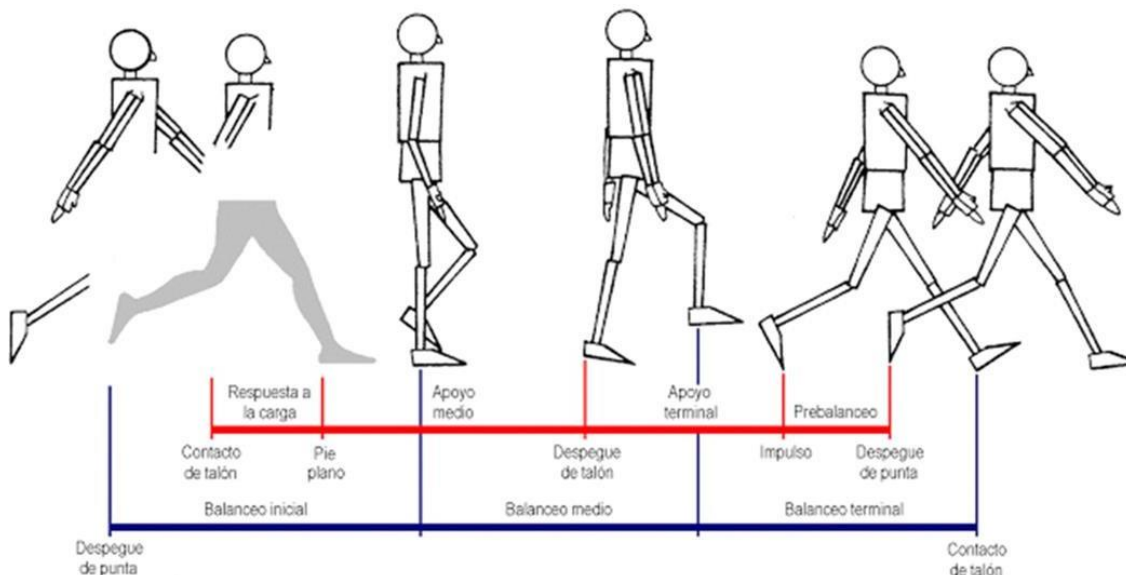
Facultad de Ciencias  
del Deporte

“Por una Profesionalización Académica en la Cultura Física y en el Deporte”

## Estabilidad

Como la capacidad de un cuerpo de mantener el equilibrio, es decir de evitar ser desequilibrado. También se ha descrito a la estabilidad como la propiedad de volver a un estado inicial luego de una perturbación, sus factores son:

- Mayor área de estabilidad posea
- Mayor peso posea
- Mayor sea la altura del CDG a la base de sustentación
- Mayor sea el ángulo de estabilidad
- Cuando la proyección de la línea de gravedad sobre la base de sustentación caiga más al centro de esta.



---

“Por una Profesionalización Académica en la Cultura Física y en el Deporte”

Cuando el sistema corporal se desplaza en el aire y despreciamos las fuerzas disipativas como resistencia del aire, de tal forma que sobre él actúe solamente la fuerza conservativa gravitacional, su centro de gravedad describe una trayectoria parabólica que combina un movimiento rectilíneo uniforme horizontal y un movimiento rectilíneo uniformemente variado vertical, donde la aceleración es  $-g$  cuando asciende y es  $+g$  cuando desciende. Los saltadores más eficaces son aquellos que mejor manejan su centro de gravedad corporal. Los gimnastas más armoniosos ajustan sus ejes de giro cruzando por su centro de gravedad, de tal forma que este sea el centro de giro del sistema.

### Concepto de trabajo, utilidad y potencia Trabajo

Del punto de vista de la mecánica; el trabajo se define como: el producto de la fuerza que se ejerce sobre un objeto y la distancia que este recorre al verse sometido a la acción de esa fuerza.

Se calcula teniendo en cuenta la potencia desarrollada y el tiempo durante el que se ejerce.



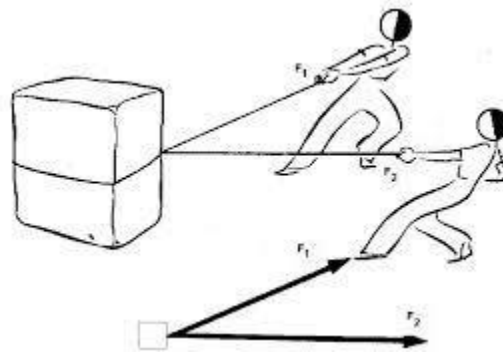
UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL  
ESTADO DE MORELOS



Facultad de Ciencias  
del Deporte

“Por una Profesionalización Académica en la Cultura Física y en el Deporte”

Es una magnitud escalar, no tiene dirección, depende de la dirección de la fuerza ejercida, su unidad de medida es el julio (J).



Si la fuerza se aplica en la misma dirección del desplazamiento el trabajo se representa de manera algebraica como:

$$W = F \cdot d$$

W: es el trabajo mecánico medido, al igual que la energía, en julios (j).

F: es la fuerza ejercida medida en Newtons (N).

d: es la distancia recorrida en metros (m)

El trabajo puede ser positivo y negativo

Si la fuerza que actúa sobre un objeto se aplica en la misma dirección y sentido que su desplazamiento, el trabajo mecánico realizado será positivo, dicho de otra

---

“Por una Profesionalización Académica en la Cultura Física y en el Deporte”

manera, si el desplazamiento forma un ángulo mayor de  $0^\circ$  y menor de  $90^\circ$  el trabajo es positivo.

De esta manera, cuando la musculatura trabaja de manera concéntrica (fase propulsiva) se genera un trabajo positivo. Por lo contrario, cuando la musculatura trabaja extrentricamente (fase de frenado) se genera un trabajo negativo.

Ejemplo: cuando el atleta levanta las pesas esta realizado un trabajo positivo, mientras que cuando las baja el trabajo es negativo.

### Trabajo angular

El trabajo realizado por una fuerza que genera un movimiento angular también puede ser calculado.

Para calcular la longitud del arco que genera el objeto al moverse es necesario conocer el radio del giro y el ángulo que se describe al pasar de la posición inicial a la posición final.

$$W = F \cdot r \cdot \Theta = \text{torque} \cdot \Theta$$

r: es el radio del giro medido en metros.

$\Theta$ : es el ángulo medido en radianes (rad). Torques:

es el momento de fuerza medido en N·m.

Si durante un movimiento angular la fuerza o el torque varia a lo largo del movimiento, es necesario integrar la función que recoge la variación de la fuerza-torque a través del desplazamiento para calcular el trabajo angular desarrollado.



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL  
ESTADO DE MORELOS



Facultad de Ciencias  
del Deporte

“Por una Profesionalización Académica en la Cultura Física y en el Deporte”

## Potencia

Se refiere a la rapidez con la que se efectúa un trabajo (Es una magnitud escalar), La cantidad de energía o trabajo gastada por unidad de tiempo.

- $P=U/t$
- $U = \text{trabajo}$
- $T= \text{tiempo que se demora el movimiento}$



## Potencia Media

Para medir la rapidez o eficacia con que una determinada fuerza realiza un trabajo se introduce la magnitud llamada potencia  $\Rightarrow$  Definimos potencia media.

$$P_m = W_{mt}$$

---

“Por una Profesionalización Académica en la Cultura Física y en el Deporte”

Si se realiza un trabajo mecánico sobre un cuerpo en un intervalo de tiempo.

### Potencia Instantánea

Es una magnitud escalar y tiene unidades de trabajo por unidad de tiempo. Más interesante el conocer el trabajo realizado por una fuerza por unidad de tiempo en un instante (Es la proporción de energía absorbida por un elemento).

La potencia y capacidad de salto puede evaluarse de acuerdo a las leyes del movimiento, midiendo el tiempo de vuelo de saltos verticales mediante un dispositivo (Plataforma de contactos) y estimar la potencia mecánica máxima de los músculos extensores de la pierna.

Es la capacidad de la musculatura de contraerse venciendo una resistencia que se opone al acercamiento de sus puntos de inserción.

Su fórmula es la siguiente:  $Potencia = Peso \times Distancia$



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL  
ESTADO DE MORELOS



Facultad de Ciencias  
del Deporte

“Por una Profesionalización Académica en la Cultura Física y en el Deporte”

Por lo contrario, si la fuerza actúa en sentido opuesto al desplazamiento del objeto, el trabajo realizado será negativo.

Si el ángulo formado es mayor de  $90^\circ$  y menor de  $180^\circ$  el trabajo es negativo.

Vencer una resistencia a la mayor velocidad posible (saltos, lanzamientos).

El movimiento debe vencer relativamente grandes resistencias que lo dificulten, deben alcanzarse relativamente grandes aceleraciones, en cambio la potencia Muscular es fuerza pura, la coordinación, la velocidad de contracción de la

musculatura y el respeto de los principios biomecánicos que rigen el movimiento.

Entrenamiento:  
aumento de la fuerza pura y perfeccionamiento de la coordinación.





“Por una Profesionalización Académica en la Cultura Física y en el Deporte”

Decisivo en sprint, deportes-juego, fases de arranque y aceleración en remo, canotaje y esquí de velocidad, carreras ciclísticas en pista.

Prerrequisitos: movilidad de los procesos nerviosos, rendimiento en fuerza rápida, flexibilidad, elasticidad y relajación, la técnica deportiva, y los mecanismos bioquímicos.

Puede ser cuantitativa: trabajo producido en un tiempo determinado. (aeróbica), o cualitativa: grupo muscular en un esfuerzo físico determinado, como en el caso de un remate en voley o el lanzamiento de la jabalina. Se le debe imprimir a un gesto deportivo, o a cualquier conducta motriz, en este caso para que resulte ser más potente (calidad de trabajo). Por tal razón, la distinguimos como “potencia cualitativa”.





UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL  
ESTADO DE MORELOS



Facultad de Ciencias  
del Deporte

“Por una Profesionalización Académica en la Cultura Física y en el Deporte”

## Energía

Capacidad que tiene la materia de producir trabajo en forma de movimiento, hay 6: química, mecánica, térmica, luminosa, eléctrica y nuclear.





UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL  
ESTADO DE MORELOS

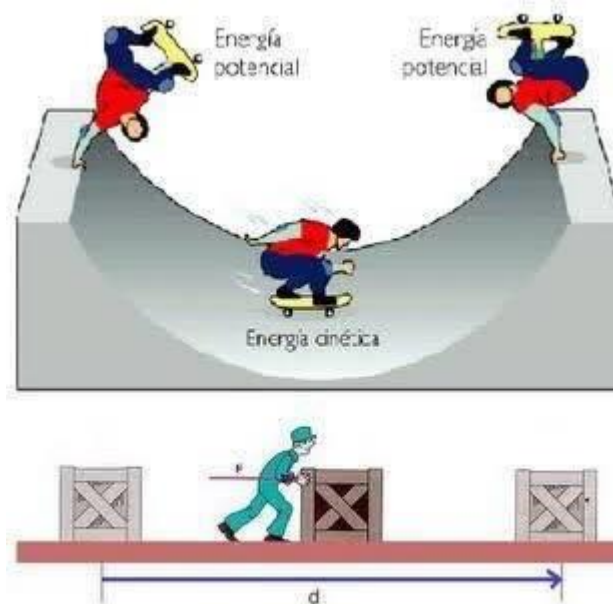


Facultad de Ciencias  
del Deporte

“Por una Profesionalización Académica en la Cultura Física y en el Deporte”

## Energía Potencial

Es la capacidad que tienen los objetos de realizar un trabajo en función de la posición que ocupan.





UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL  
ESTADO DE MORELOS

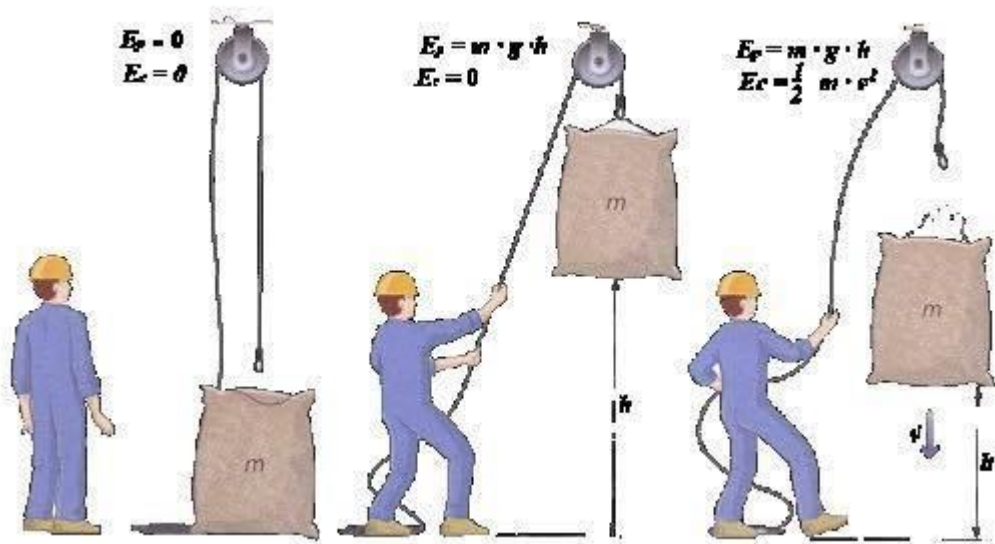


Facultad de Ciencias  
del Deporte

“Por una Profesionalización Académica en la Cultura Física y en el Deporte”

## Energía Potencial Gravitacional

Se define como el potencial que tienen los objetos de generar trabajo debido a la altura relativa de su centro de gravedad.





UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL  
ESTADO DE MORELOS



Facultad de Ciencias  
del Deporte

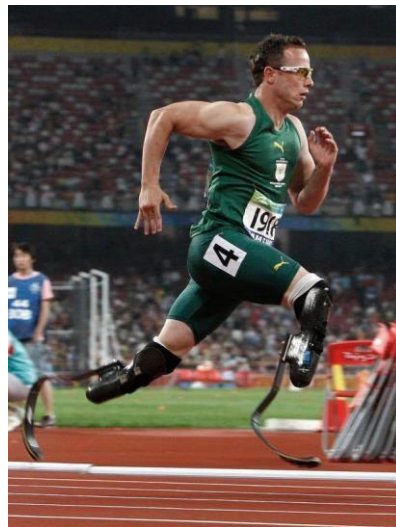
FACULTAD DE CIENCIAS DEL DEPORTE

Dirección

“Por una Profesionalización Académica en la Cultura Física y en el Deporte”

### Energía Potencial Elástica

Es la capacidad de que tienen los cuerpos de generar un trabajo cuando previamente han sido deformados gracias a la tendencia que tienen de recuperar su forma inicial.





UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL  
ESTADO DE MORELOS



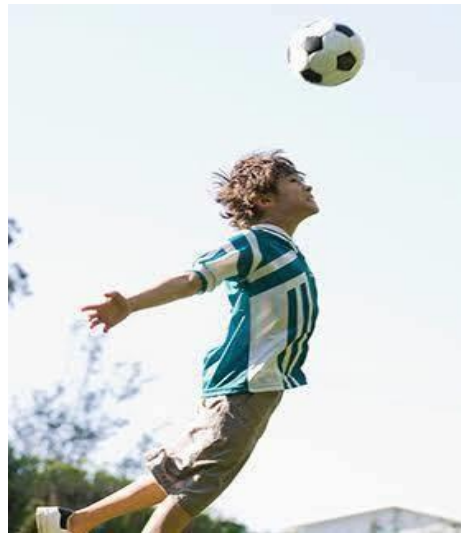
Facultad de Ciencias  
del Deporte

“Por una Profesionalización Académica en la Cultura Física y en el Deporte”

## Energía Cinética

La capacidad que tienen los objetos de generar trabajo por estar en movimiento.

La cantidad de energía cinética que un objeto posee viene determinada por su masa y la velocidad a la que se mueve



Principio de conservación de la energía

Teniendo presente los diferentes tipos de energía mecánica analizados. La energía mecánica total (ET) es la suma de los diferentes tipos de energía:

$$ET = E_c + E_p$$



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL  
ESTADO DE MORELOS



Facultad de Ciencias  
del Deporte

“Por una Profesionalización Académica en la Cultura Física y en el Deporte”

Según la ley de conservación de la energía, la energía mecánica total de un sistema aislado permanece constante, ni se crea ni se destruye únicamente cambia de una forma a otra.

Por ejemplo:

Si tenemos un objeto que se mueve de una posición A hasta una posición B, la energía mecánica total en cada una de las posiciones es la misma.

$$E_{ca}+E_{pa}=E_{cb}+E_{pb}$$

Sin embargo, cuando sobre un sistema actúan fuerzas externas (ej. Fricción, arrastre, disipación, vibración), se produce una transformación de energía.

Ejemplo 2:

A medida que el gimnasta coge altura gana energía potencial y pierde energía cinética obteniendo la mayor energía potencial en el momento que alcanza la máxima altura.

Cuando el gimnasta comienza a perder su cuerpo comienza a ganar cinética, siendo máxima antes del contacto con la cama elástica, a medida que pierde altura pierde energía potencial.



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL  
ESTADO DE MORELOS



Facultad de Ciencias  
del Deporte

“Por una Profesionalización Académica en la Cultura Física y en el Deporte”

De acuerdo con la ley de conservación de la energía, en cualquiera de las posiciones por las que pasa el gimnasta la energía mecánica total es la misma. Así incrementos de energía potencial conllevan pérdidas de energía cinética o viceversa; hay una continua transformación de formas de energía a otras.

#### Medición del gasto energético

La unidad de medida utilizada para expresar la energía química y calorífica es la caloría (cal) o kilocaloría (Kcal).

La caloría se define como la cantidad de energía calorífica necesaria para aumentar un grado centígrado la temperatura de un gramo de agua.

$$1\text{J} = 0.239\text{cal}$$

$$1\text{Kcal} = 1000\text{cal} = 4.184\text{kJ (kilojulio)} = 4184\text{J}$$

Para el análisis cinético de la actividad física es imprescindible la utilización de instrumentos de medida que cuantifiquen las fuerzas que causan el movimiento.





UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL  
ESTADO DE MORELOS



Facultad de Ciencias  
del Deporte

“Por una Profesionalización Académica en la Cultura Física y en el Deporte”

Tomando como referencia esas fuerzas y conociendo el movimiento permiten calcular: el trabajo, la energía y potencia.

Estos dispositivos nos van a permitir monitorizar directa o indirectamente variables fuerza angular o lineal

Así como variables de movimiento: velocidad y aceleración angular y lineal.

Plataforma De Fuerzas

Análisis biomecánico de la marcha, carrera y salto.

Registro de fuerzas en 3 ejes: vertical, anteroposterior, medio-lateral.



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL  
ESTADO DE MORELOS



Facultad de Ciencias  
del Deporte

---

“Por una Profesionalización Académica en la Cultura Física y en el Deporte”

### Bibliografía

- Kinesiología y anatomía aplicada a la actividad física (Ahonen, lahtinen, Sandström, Pogliani y Wirhed)
- Biomecánica y gimnasia; Paidotribo, Tom Smith.
- Biomecánica de los ejercicios físicos (Donskoi y Zatsiorski)
- Eficacia y técnica en el deporte (Xavierr Aguado)
- Kinesiología y anatomía aplicada a la actividad física (Ahonen, lahtinen, Sandström, Pogliani y Wirhed).
- manual de kinesiología estructural de Thomson, Paidotribo.