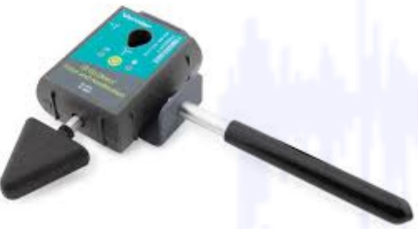


Laboratorio Biofísica
Reflejo Muscular Simple

2. Reflejos Neuromusculares Simples

2.1 Objetivos

2.1.1 General

Estudiar desde la perspectiva biomecánica y bioeléctrica, el comportamiento de un reflejo neuromuscular simple, usando los sensores de Go Direct adecuados para la práctica.

2.1.2 Específicos

- Estudiar las señales eléctricas obtenidas a partir de un reflejo como respuesta a una estimulación.
- Analizar las velocidades relativas voluntarias y la activación muscular por reflejo
- Observar el efecto de la influencia del sistema nervioso central sobre la amplitud del reflejo.
- Calcular la velocidad aproximada de un impulso nervioso.

2.2 Referentes Conceptuales y Marco Teórico

Concepto [3]

Desplazamiento.

Desplazamiento es una cantidad vectorial porque debemos decir no sólo cuánto se mueve la partícula, sino también hacia dónde. En la figura 2.1, P_1 es la posición inicial y P_2 es la posición final, si la trayectoria es cerrada, el desplazamiento es 0, sin importar la distancia recorrida.

Figura 2.1: Desplazamiento trayectoria abierta

Potencia.
Potencia es la rapidez con que se efectúa el trabajo; al igual que el trabajo y la energía, la potencia es una cantidad escalar.
Si se realiza un trabajo ΔW en un intervalo Δt, el trabajo medio efectuado por unidad de tiempo o **potencia media** (P_{med}) se define como:

$$P_{med} = \frac{\Delta W}{\Delta t} \tag{2.1}$$

Trabajo.
El trabajo total realizado sobre una partícula por todas las fuerzas que actúan sobre ella es igual al cambio en su energía cinética: una cantidad relacionada con la rapidez de la partícula.

El físico define el trabajo con base en estas observaciones. Considere un cuerpo que sufre un desplazamiento de magnitud ***s*** en línea recta. (Por ahora, supondremos que todo cuerpo puede tratarse como partícula y despreciaremos cualquier rotación o cambio en la forma del cuerpo.) Mientras el cuerpo se mueve, una fuerza constante $\vec{F}$ actúa sobre él en la dirección del desplazamiento $\vec{s}$. Definimos el trabajo **W** realizado por esta fuerza constante en dichas condiciones como el producto de la magnitud **F** de la fuerza y la magnitud **s** del desplazamiento:

$$W = Fs \quad (fuerzaconstanteendireccindeldesplazamientorectilneo) \tag{2.2}$$

Energía. *La energía es una cantidad que se puede convertir de una forma a otra, pero no puede crearse ni destruirse*

Reflejos Neuromusculares

La kinesiología es la disciplina en la ciencia de la salud que se encarga de estudiar y analizar la actividad muscular del cuerpo humano, para esto se toman conceptos fundamentales de la biomecánica como: La Fuerza, movimiento, desplazamiento, potencia, trabajo y distintos tipos de energía. En esta práctica haremos énfasis sobre el arco de reflejos simples.[1]

[1]REPETTO, A. *"Bases de Biomecánica para Análisis del Movimiento Humano"*. 2005. Recuperado de: `http://weblog.maimonides.edu/deportes/archives/basesbiomecanicas.pdf`

El reflejo es la respuesta automática ante un estímulo especifico. Algunos reflejos surgen reacciones profundas de contracción muscular con el fin de crear la protección contra impactos. El comportamiento del reflejo puede verse en la imagen 2.3.

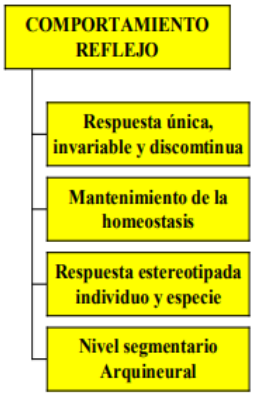


Figura 2.2: Comportamiento del Reflejo[2]

En un ámbito más técnico los reflejos son circuitos con una retroalimentación negativa que buscan minimizar la diferencia entre una respuesta del sistema nervioso y la respuesta deseada. Existen tres tipos de reflejos. [3]

1. Reflejo miotático
2. Miotático inverso o inhibición autógena
3. Inhibición reciproca

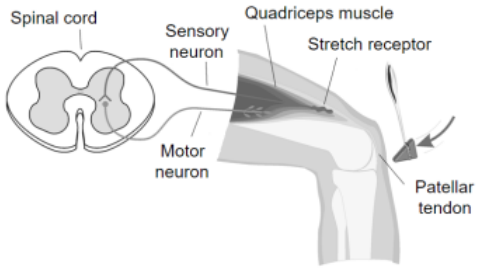


Figura 2.3: Desarrollo de un reflejo primario

Al activar un reflejo se genera movimiento, el movimiento es una de las funciones principales en el

[2]REPETTO, A. *"Bases de Biomecánica para Análisis del Movimiento Humano"*. 2005. Recuperado de: `http://weblog.maimonides.edu/deportes/archives/basesbiomecanicas.pdf`

[3]LABRONE, M. *"Ejemplo de análisis sensomotor y metabólico en un ejercicio neuromuscular aplicado al básquet femenino."* Recuperado de: `https://www.efdeportes.com/efd185/analisis-metabolico-en-un-ejercicio-neuromuscular.htm`

aparato muscular, por medio de este se logran generar condiciones físicas como diferentes tipos de fuerzas, control de posiciones, velocidades, control de palancas, entre otros como la tensión que es el grado de stress mecánico producido en el eje longitudinal del músculo cuando las fuerzas internas tienden a estirar o separar las moléculas que constituyen las estructuras musculares y tendinosas. (Wilmore y Costill, 2004)[4]

2.3 Actividades Previas al Laboratorio

Use sus apuntes de clase, lecturas adicionales, referencias bibliográficas propuestas en esta guía y/o adicionales, para contestar en forma adecuada las situaciones relacionadas con los Reflejos Neuromusculares Simples:

1. ¿Qué es el movimiento? Nombre las Leyes del Movimiento
2. ¿Qué explica la Ley de Hill?
3. Defina la "*Frecuencia de impulso nervioso de la unidad motora*"
4. Defina en un concepto físico las palancas y las poleas. Mencione al menos 6 puntos del cuerpo humano donde estos conceptos sean aplicables.

2.4 Materiales

Para la práctica de laboratorio se necesitan los siguientes elementos:

1. Dispositivo móvil que soporte la aplicación de Vernier Graphical Analysis 4.
2. Fuerza y Aceleración-Go Direct (Go Direct Force and Acceleration)
3. EKG Go Direct
4. Electrodos superficiales.
5. Martillo de Reflejos del Kit de Accesorios
6. Cinta Métrica
7. Lápiz
8. Alcohol
9. Algodón

2.5 Procedimiento: Análisis Cuantitativo y Cualitativo

Parte I. Activación voluntaria del músculo cuádriceps

Seleccione una persona de su grupo para esta experiencia.

NOTA IMPORTANTE: *No intente este experimento si sufre de artritis u otras afecciones en la mano, muñeca, antebrazo o codo.*

[4]LABRONE, M. *"Ejemplo de análisis sensomotor y metabólico en un ejercicio neuromuscular aplicado al básquet femenino."* Recuperado de: `https://www.efdeportes.com/efd185/analisis-metabolico-en-un-ejercicio-neuromuscular.htm`

1. Conecte el ***Go Direct Force and Acceleration*** con el kit de accesorios del Martillo, como se muestra en la figura 2.4

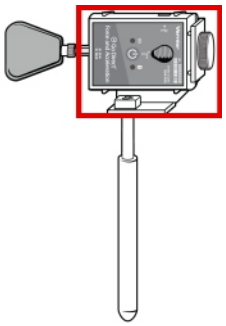
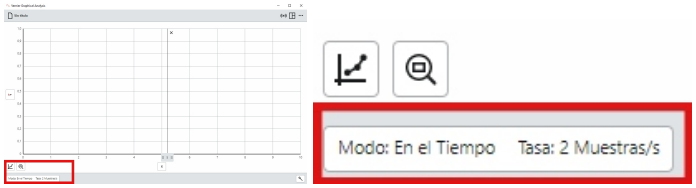


Figura 2.4: Conexión del Martillo de Reflejos

2. Conecte y configure los sensores.
   a) Inicie la aplicación de **Graphycal Analysis**.
   b) Conecte ***Go Direct EKG*** a el dispositivo donde se encuentra instalada la aplicación. Tenga en cuenta que estos sensores pueden ser conectados por cable USB o vía Bluetooth.
   c) Haga click sobre la opción canales del sensor. Anule la selección del canal EKG y seleccione el canal EMG rectificado.
   d) Conecte el ***Go Direct Force and Acceleration*** a el dispositivo movil. El canal predeterminado es el correcto para este equipo.
   e) Haga click en la opción ***Hecho*** o ***Done*** .
   f) En la aplicación haga click sobre el *medidor de fuerza* y habilite *invertir*. Ocultar el menú; esto cambiará el sistema de coordenadas de modo que una presión en el gancho del sensor de fuerza generará valores de fuerza positivos.
3. Configure el modo de recopilación de datos.
4. En la parte inferior de la ventana. Haga click sobre ***Modo***.Ver figura 2.5



(a) Graphical Analysis (b) Modo

Figura 2.5: Opción Modo: En el Tiempo

Se abrirá una ventana para la ***Configuración de recopilación de datos***, ver ver figura 2.6. Cambie la *velocidad o tasa* a 100 muestras/s y en la sección textitFinalice la Toma de Datos cambie los 60s a 30s. Haga click sobre **Hecho**.

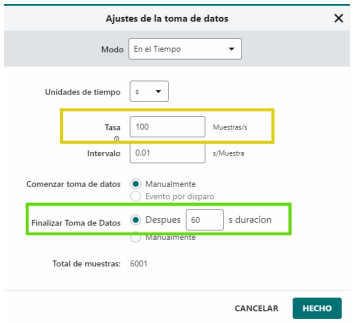


Figura 2.6: Configuración de recopilación de datos

5. Haga que la persona se siente cómodamente, en una silla lo suficientemente alta como para permitir que sus piernas cuelguen libremente sobre el piso.
6. Antes de ubicar los electrodos, asegúrese de pasar un algodón humedecido con alcohol por la zona. Evite dejar humedad.

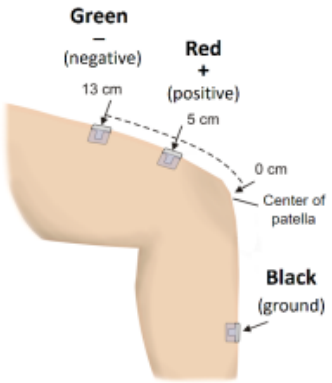


Figura 2.7: Ubicación Electrodos

7. Coloque dos lengüetas de electrodos por encima de una rodilla, a lo largo de la línea del músculo cuádriceps entre la rodilla y la cadera (consulte la Figura 2.7). Las pestañas deben estar a 5cm y 13cm del centro de la rótula. Coloque una tercera lengüeta de electrodo en la parte inferior de la pierna.
8. Conecte los cables de EKG rojo y verde a las lengüetas de los electrodos por encima de la rodilla, con el electrodo rojo más cercano a la rodilla. Conecte el cable negro (tierra) a la pestaña del electrodo en la parte inferior de la pierna.
9. Haga click sobre **Tomar Datos** para iniciar la recopilación de los mismos. Si el gráfico tiene una *línea de base estable* como se muestra en la Figura 2.8, haga click sobre **Detener** para interrumpir la recopilación de datos y continúe con el Paso 8.
   Si su gráfico tiene una línea de base inestable, haga click sobre **Detener** y recopile un nuevo conjunto de datos haciendo click sobre **Tomar Datos**. Repita la recopilación de datos hasta

que haya obtenido una línea de base estable durante 5s.
Nota: El conjunto de datos anterior se guarda automáticamente cada vez.

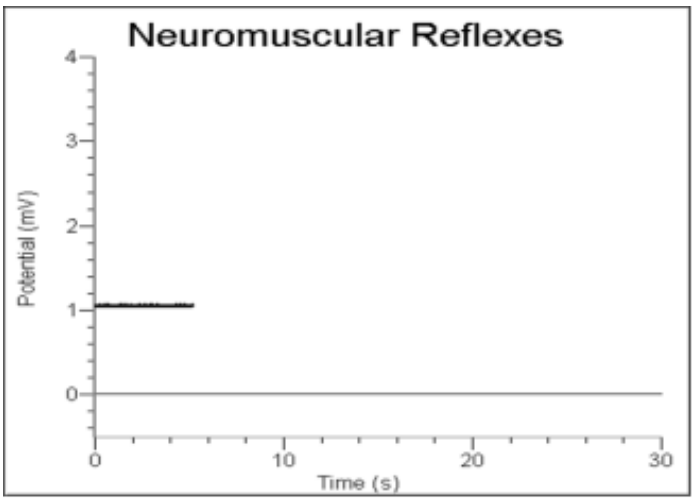


Figura 2.8: Linea de Base Estable

10. Recopile datos de activación muscular voluntaria.
    Nota: Lea todo el paso antes de recopilar datos para familiarizarse con el procedimiento.
    a) Haga que el sujeto cierre los ojos o evite que vea la pantalla.
    b) Haga click sobre **Tomar Datos** para iniciar la recopilación de los mismos.
    c) Después de grabar 5s de *línea de base estable*, mueva el martillo de reflejos rápidamente para hacer contacto con la mesa u otra superficie que genere un sonido.
    d) El sujeto debe patear su pierna inmediatamente después de escuchar el sonido.
    e) Continúe obteniendo reflejos (repita las partes **c** y **d** de este paso) para que registre de 5 a 10 patadas durante el período de recolección de datos.
11. Determine el tiempo transcurrido, entre el golpe en la superficie de la mesa con el martillo de reflejos y la contracción del músculo cuádriceps.
    a) En el gráfico de fuerza, haga click o toque el primer pico (que corresponde a la primera patada). Este pico indica el momento en que se golpeó la superficie de la mesa. Registre este tiempo en la Tabla 1.
    b) En el gráfico de EMG, haga click o toque el primer pico alto (Patada 1). Este pico indica el momento en el que se contrajo el músculo cuádriceps. Registre este tiempo en la Tabla 1.
    c) Repita este proceso para determinar el tiempo del golpe de martillo y el reflejo para un total de cinco pares de estímulo-patada.
    d) Calcule el cambio en el tiempo entre el golpe de martillo y el reflejo para los cinco pares de estímulo-patada y luego calcule el cambio promedio en el tiempo para los cinco pares. Registre los valores en la Tabla 1.

Parte II. Reflejo rotuliano

12. Localice el tendón rotuliano del sujeto palpando la banda estrecha de tejido que conecta la cara inferior de la rótula con la tibia. Utilice un bolígrafo para marcar una línea horizontal en el centro del tendón (consulte la Figura 2.9). El tendón se puede identificar por su suavidad en comparación con los huesos de arriba y de abajo.

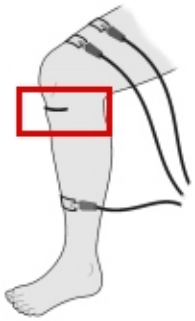


Figura 2.9: Tendón Rotuliano

13. Haga click sobre **Tomar Datos** para iniciar la recopilación. Si su gráfico tiene una línea de base estable como se muestra en la Figura 2.8, haga click sobre **Detener** y continúe con el Paso 12. Si su gráfico tiene una línea de base inestable, haga click sobre **Detener** y repita la recopilación de datos hasta que haya obtenido una línea de base estable durante 5s.
14. Recopile datos sobre el reflejo rotuliano.
    Nota: Lea el paso completo antes de recopilar datos para familiarizarse con el procedimiento.
    a) Haga que el sujeto cierre los ojos o evite que vea la pantalla.
    b) Haga click sobre **Tomar Datos** para iniciar la recopilación de los mismos.
    c) Después de grabar 5s de *línea de base estable*, mueva el martillo de reflejos rápidamente para hacer contacto con la marca en el tendón de la persona. Si esto no da como resultado un reflejo visible, apunte hacia otras áreas del tendón hasta obtener el reflejo.
    d) Continúe obteniendo reflejos para que registre de 5 a 10 reflejos durante el período de recolección. Si es necesario, repita este paso hasta que tenga un conjunto de datos con 5–10 reflejos.
15. Determine el tiempo transcurrido entre el golpe del tendón rotuliano con el martillo de reflejos y la contracción del músculo cuádriceps.
    a) En el gráfico de fuerza, haga click sobre el primer pico (que corresponde a la primera patada). Este pico indica el momento en el que se golpeó el tendón. Registre este tiempo en la Tabla 2.
    b) En el gráfico de EMG, haga click en el primer pico alto (Patada 1). Este pico indica el momento en el que se contrajo el músculo cuádriceps. Registre este tiempo en la Tabla 2.
    c) Repita este proceso para determinar el tiempo del golpe de martillo y el reflejo para un total de cinco pares de estímulo-patada.
    d) Calcule el cambio en el tiempo entre el golpe de martillo y el reflejo para los cinco pares

de estímulo-patada y luego calcule el cambio promedio en el tiempo para los cinco pares. Registre los valores en la Tabla 2.

Parte III Reflex Reflex

16. Haga click sobre **Tomar Datos** para iniciar la recopilación de los mismos. Si el gráfico tiene una *línea de base estable* como se muestra en la Figura 2.8, haga click sobre **Detener** para interrumpir la recopilación de datos y continúe con el Paso 8.
    Si su gráfico tiene una línea de base inestable, haga click sobre **Detener** y recopile un nuevo conjunto de datos haciendo click sobre **Tomar Datos**. Repita la recopilación de datos hasta que haya obtenido una línea de base estable durante 5s.
17. Recolecte los datos del reflejo rotuliano sin y con refuerzo. **Nota:** lea el paso completo antes de recopilar datos para familiarizarse con el procedimiento.
    a) Haga que el sujeto cierre los ojos o evite que vea la pantalla.
    b) Haga click sobre **Tomar Datos** para iniciar la recopilación de los mismos.
    c) Después de registrar una línea de base estable durante 5s, mueva el martillo de reflejos rápidamente para hacer contacto con la marca en el tendón del sujeto. Si esto no da como resultado un reflejo visible, apunte hacia otras áreas del tendón hasta obtener el reflejo.
    d) Después de que se hayan obtenido 5 o 6 reflejos exitosos, haga que el sujeto refuerce el reflejo juntando los dedos flexionados y separándolos a la altura del pecho, con los codos extendidos hacia afuera (ver Figura 2.10).

Figura 2.10: Refuerzo de Reflejos

    e) Continúe obteniendo reflejos hasta que la recopilación de datos se complete a los 30s. Un total de 10 a 15 reflejos deben aparecer en el gráfico.
18. Determine el mínimo, el máximo y Δy para los eventos de despolarización.
    a) Seleccione la primera área de mayor amplitud (despolarización) en el gráfico EMG (consulte la Figura 2.11).

    b) Activando la tabla de datos como en la figura 2.12
    c) Registre el mínimo y el máximo para este despolarización en la Tabla 3, redondeando al 0.01 mV más cercano.
    d) Determine y registre el valor de Δy (amplitud) como ΔmV.

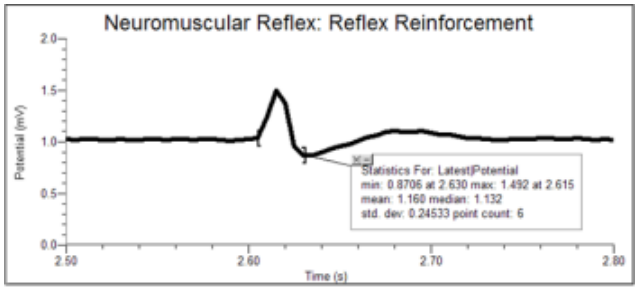


Figura 2.11: Gráfico de Reflejo Neuromuscular Reforzado

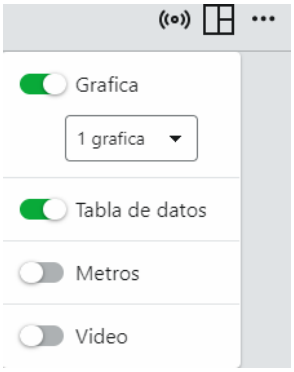


Figura 2.12: Activación Tabla de Datos

19. Repita este proceso para cada uno de los cinco eventos de despolarización reforzada y no reforzada, utilizando el gráfico EMG y la tabla de datos para identificar cada reflejo primario. Ignore las respuestas de rebote. Registre los valores apropiados en la Tabla 3.
20. Determine la amplitud promedio de los eventos de despolarización reforzados y no reforzados examinados. Registre estos valores en la Tabla 3.

Para Comparar

21. Realice el experimento con el sujeto mirando el martillo de reflejos cuando golpea el tendón rotuliano. Compare estos datos con los datos recopilados mientras el sujeto se enfoca en un objeto en otra parte de la habitación.
22. Explore el tendón de Aquiles y los reflejos braquiorradial.

Tabla 1						
	Patada 1	**Patada 2**	**Patada 3**	**Patada 4**	**Patada 5**	**Promedio**
Tiempo Contracción Muscular (s)						
Tiempo Estimulación (s)						
Δt (s)						

Tabla 2						
	Reflejo 1	**Reflejo 2**	**Reflejo 3**	**Reflejo 4**	**Reflejo 5**	**Promedio**
Tiempo Contracción Muscular (s)						
Tiempo Estimulación (s)						
Δt (s)						

Tabla 3						
Respuesta de Reflejo	**Reflejo con sin reforzamiento**			**Reflejo con reforzamiento**		
	Max (mV)	**Min (mV)**	**ΔmV**	**Max (mV)**	**Min (mV)**	**ΔmV**
1						
2						
3						
4						
5						
Valores Promedio						

2.5.1 Análisis Datos Registrados

Luego de haber trabajado sobre el marco teórico expuesto y haber realizado el laboratorio:

1. Compare los tiempos de reacción entre la activación voluntaria e involuntaria del músculo cuádriceps. ¿Qué podría explicar las diferencias observadas en los tiempos de reacción?
2. Utilizando los datos de la Tabla 2, calcule la velocidad a la que un estímulo viajó desde el músculo cuádriceps hasta la médula espinal y de regreso al músculo cuádriceps (un arco reflejo completo). Para hacer esto, debes estimar la distancia recorrida. Con una cinta métrica de tela, mida la distancia en centímetros (cm) desde la marca en el tendón rotuliano hasta la médula espinal al nivel de la cintura (en línea recta desde la espina ilíaca anterosuperior; consulte la Figura 2.13). Multiplique la distancia por dos para obtener la distancia total aproximada recorrida en el arco reflejo. Una vez obtenido este valor, dividir por el Δt promedio de la Tabla 2 y dividir por 100 para obtener la velocidad, en m/s, a la que viajó el estímulo.

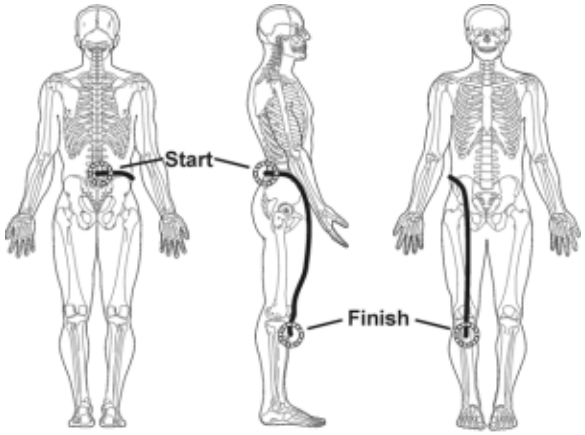


Figura 2.13: Guía de Medición

3. Se ha descubierto que los impulsos nerviosos viajan tan rápido como 100 m/s. ¿Qué podría explicar la diferencia entre su respuesta a la Pregunta 2 y este valor obtenido por los investigadores?
4. Suponga que la velocidad de un impulso nervioso es de 100 m/s. ¿Cómo se compara esto con la velocidad de la electricidad en un alambre de cobre (aproximadamente 3,00 $\times$ 108 m/s)?
5. Compare los datos que obtuvo en este experimento con otros miembros de su grupo / clase. ¿Se pueden atribuir las diferencias individuales a diferencias físicas (por ejemplo, forma / tamaño corporal, masa muscular, nivel de condición física)?

2.6 Conclusiones

¿Qué puede concluir de este laboratorio?

2.7 Referencias

1. Gutiérrez, Carlos (2005). «1». Introducción a la Metodología Experimental (1 edición). Editorial Limusa. p. 15. ISBN 968-18-5500-0.
2. Tipler, P.A. Física Vol 1. Ed Reverté, México, (1985)
3. Sears, F.- Zemansky, M.Física Universitaria I. Ed Pearson, México (1999)
4. Serway, R. Física I para ciencias e ingeniería. Ed Thomson, México (2005)