# Prácticas de Laboratorio para Física I

## Cátedra 2014

**Laboratorio #1:** Medición del tiempo de reacción

**Laboratorio #2:** Medición de longitudes, cálculo de perímetro y superficie

**Laboratorio #3:** Medición del período de un péndulo

**Laboratorio #4:** Generación de números aleatorios usando un icosaedro

**Laboratorio #5:** Medición de velocidad media, velocidad instantánea, aceleración y tiempo de caída

**Prácticas demostrativas:**

- Simulador 3D de campo gravitatorio (fuentón, lycra, esferitas de acero, bolitas de vidrio)
- Péndulos acoplados
- Martillo y pluma cayendo al suelo

**Conceptos fundamentales de la mecánica:**

- Magnitud física
- Error de medición
- Velocidad y aceleración
- Masa y fuerza
- Impulso lineal, angular
- Energía
- Propagación de ondas

**Bilbiografía:**


- Berkeley Physics Laboratory. Módulos 1 y 2. Alan Portis, Hugh Young. Editorial Reverté S. A.
- Mecánica elemental. Juan Roederer. Editorial Eudeba.

# **Laboratorio #1:** Medición del tiempo de reacción

**Objetivo de la práctica:** Realizar mediciones de una magnitud, determinar la incerteza asociada, presentar e interpretar resultados.

**Materiales:** Regla de 20 cm, papel y lapicera

*Introducción*

Un objeto de masa *m* ubicado en el campo gravitatorio terrestre, cae obedeciendo las leyes de la mecánica newtoniana. La aceleración que experimenta el cuerpo, es independiente de la forma, masa o del tipo de material que lo compone. La fuerza gravitatoria, también llamada Peso, que ejerce la Tierra sobre el objeto es igual al producto de la masa por el valor de la aceleración de la gravedad *g* en ese lugar.

$$\vec{\mathrm{F}} = m.\vec{\mathrm{g}} \qquad (1)$$

En el sistema internacional de unidades, el valor de la Fuerza queda expresado en newtons (N) cuando la masa es medida en kilogramos (kg) y la aceleración en metros por segundo cuadrado ($m/s^2$).

*Experimento*

Un estudiante sostiene en la regla de modo perpendicular al suelo. Otro estudiante coloca su mano en posición de agarrar la regla, pero sin tocarla, a cierta altura. Quien sostiene la regla, la deja caer a la vez que el segundo estudiante intenta agarrar lo más rápido posible la regla. El segundo estudiante, registra en una tabla las dos posiciones en la regla (dónde tenía su mano al comienzo y en qué posición logró agarrarla mientras caía). A partir de estos valores, se calcula qué distancia se desplazó la regla mientras caía. [1]

Usando la expresión

$$x(t) = x_0 + ½.g.t^2 \qquad (2)$$

que da el desplazamiento del cuerpo x en función del tiempo t, puede conocerse cuánto tiempo estuvo cayendo la regla. A este tiempo se lo conoce como *"tiempo de reacción".*

Repetir las mediciones 20 veces por cada estudiante.

[1] Tener en cuenta las unidades utilizadas en cada magnitud.

*Resultados*

Ordenar los resultados obtenidos en una tabla.

| Nro. de medición i | $x_{0_i}$ | $x(t_i)$ | $t_i = \sqrt{\frac{2(x(t_i) - x_0)}{g}}$ |
|---|---|---|---|
| 1 | | | |
| 2 | | | |
| 3 | | | |

Confeccionar un histograma con los valores de tiempo obtenidos.

Estimar la incerteza $\Delta t$ asociada al cálculo del tiempo de reacción.

*Análisis*

¿Cómo es la distribución de valores en x y en t? ¿Qué se puede decir de la relación entre dichas variables?

¿Qué información puede inferirse a partir del histograma?

¿Con qué precisión se puede calcular el tiempo de reacción? ¿Cómo es este valor con respecto al valor de t?

¿Cómo podrían mejorarse las mediciones? Proponer experiencias alternativas o mejoras en el diseño experimental.

Comparar los valores calculados del tiempo de reacción, con los obtenidos al accionar y detener la cuenta progresiva de un cronómetro.

# **Laboratorio # 2:** Medición de longitudes, cálculo de perímetro y superficie

**Objetivo de la práctica:** Calcular perímetros y superficies de distintos polígonos. Comprender el concepto de valor medio de una variable, incerteza absoluta, relativa, rango de valores que contiene el valor exacto de la magnitud buscada.

**Materiales:** regla, tijeras, cartulina, papel y lapicera.

*Introducción*

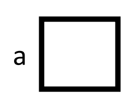
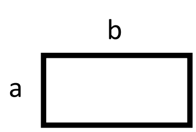
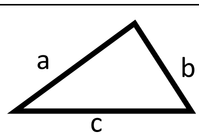
Las mediciones experimentales siempre tienen asociada una incerteza. Esta experiencia sencilla permite calcular dos magnitudes características de los polígonos: su perímetro (P) y el área (A). Dado que estas magnitudes no son obtenidas directamente, si no que se derivan de la medición de longitudes, es necesario determinar a través de la propagación de errores de P y A, cuál es la incerteza asociada a cada variable.

*Experimento*

Dibujar distintos polígonos sobre una cartulina. Recortarlos usando las tijeras, haciendo cortes irregulares. Recurrir a figuras sencillas: cuadrados, triángulos, rectángulos.

Usando la regla determinar las dimensiones de cada longitud. En el caso de las figuras recortadas irregularmente, considerar la medida mínima y máxima posible de cada longitud.

Calcular el perímetro y el área en cada caso.

| Figura | Perímetro | Área |
|---|---|---|
| Cuadrado   | P=4.a | A=a.a=$a^2$ |
| Rectángulo   | P=2.a+2.b | A=a.b |
| Triángulo   | P=a+b+c | **Fórmula de Herón**<br>Semiperíodo: $s = \frac{a+b+c}{2}$<br>$A = \sqrt{s(s-a)(s-b)(s-c)}$ |

*Resultados*

Registrar los datos en una tabla.

Determinar los valores mínimos y máximos de perímetro y área para cada figura.

Realizar la propagación de errores de cada variable a fin de obtener $\Delta P$ y $\Delta A$.

Calcular las incertezas relativas $\Delta P/P$ y $\Delta A/A$.

*Análisis*

¿Qué tan grandes son los rangos dónde se mueve el valor de la variable, respecto de su valor absoluto?

¿De acuerdo a la propagación de errores qué tan precisas son las medidas obtenidas?

¿Qué información brinda respecto del proceso de medida, la incerteza relativa asociada al experimento?

En el caso de los triángulos, el área puede ser determinada a partir del semiproducto de una base por la altura del polígono. ¿Qué tipo de ventajas y/o dificultades puede acarrear usar este procedimiento en lugar de recurrir a la fórmula de Herón?

# **Laboratorio # 3:** Medición del período de un péndulo

**Objetivo de la práctica:** Trabajar con un experimento simple, abordando el concepto de modelo y realizar cálculos sencillos a partir de las mediciones obtenidas en el laboratorio.

**Materiales:** soporte, hilo, lenteja, cronómetro, papel y lapicera

*Introducción*

El péndulo es una máquina sencilla que permite medir frecuencias e intervalos de tiempo con mucha precisión. El período de un péndulo situado en un campo gravitatorio queda determinado por una relación sencilla entre la longitud del hilo y la aceleración de la gravedad. La ecuación que permite calcular el período es:

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{l}{g}} \qquad (3)$$

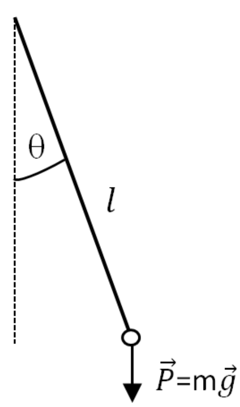



Fig. 1 Péndulo simple de masa m, longitud l.

*Experimento*

Armar el péndulo suspendiendo la lenteja atada al hilo, del extremo superior del soporte. Una vez que la lenteja alcanzó su posición de equilibrio (se detuvo), desplazarla un cierto ángulo y dejarla oscilar libremente. Cronometrar el tiempo que tarda en completar 1 período completo. Repetir esa medida 20 veces. Luego cronometrar cuánto tiempo transcurre al completar 5, 10, 15 y 20 períodos. Registrar los valores en una tabla.

Repetir el experimento variando la longitud del péndulo, la masa y el ángulo de apartamiento del equilibrio.

Considerar el valor de g= 9.8 m/s$^2$. Habiendo medido la longitud y la masa del péndulo, estimar T a partir de la expresión (3).

*Resultados*

Una vez consignados los valores en la tabla, confeccionar el histograma correspondiente.

Calcular el valor promedio de T, la mediana y la desviación estándar.

A partir de la ecuación (3) realizar la propagación de errores y hallar $\Delta$T.

*Análisis*

¿Cómo se modifica el valor de T al variar l?

¿Cómo se modifica el valor de T al variar m?

¿Cómo se modifica el valor de T al variar $\theta$?

¿Con qué precisión se obtiene el valor de T al realizar las primeras 20 mediciones?

¿Cómo varía la precisión en la medición de T al considerar un intervalo de tiempo en el que el péndulo complete varios ciclos de oscilaciones?

Comparar el valor de T obtenido de (1) con el valor de <T> calculado de las mediciones realizadas. ¿Cuál de esos valores es más confiable? ¿Por qué?

¿Qué información brindan el valor promedio y la mediana, respecto de la distribución de los datos?

¿Qué información brinda la desviación estándar respecto de la distribución de datos y de la precisión con que fue medido T?

¿De qué manera podría ser utilizado este experimento sencillo para determinar el valor de g? ¿Qué consideraciones habría que hacer en ese caso, para que la medida fuese lo más precisa posible?

# **Laboratorio # 4:** Generación de números aleatorios

**Objetivo de la práctica:** Adquirir las nociones básicas que hacen al análisis estadístico: frecuencia absoluta, relativa y acumulada; probabilidad; valor medio; desviación estándar; varianza; distinguir entre población y muestra.

**Materiales:** cartulina, patrón de icosaedro, lapicera, tijeras, adhesivo, tabla para registrar los datos.

*Introducción*

En una lista de números aleatorios de un solo dígito, los números del 0 al 9 aparecen con igual probabilidad. Esto significa que, por ejemplo, si contamos el número de 7 que hay en una lista muy larga, dicho número será con mucha aproximación la décima parte del número total de dígitos. Cuando aumenta el número total, la razón se aproxima cada vez más a un décimo. Esto es, en efecto lo que queremos afirmar cuando decimos que la *probabilidad* de presentación de un 7 es 1/10.

La tabla de números aleatorios puede utilizarse para el estudio experimental de diversas distribuciones de probabilidad y los resultados de los experimentos pueden compararse con las predicciones teóricas.

*Experimento*

Recortar en la cartulina tres veces la figura del icosaedro y armar los tres poliedros usando el adhesivo. En cada cara escribir los números del 0 al 9, de modo que en caras opuestas se vea el mismo dígito. Usando estos dados icosaédricos, cada estudiante construirá una tabla de números aleatorios de tres dígitos. Si los dados son simétricos y no se han manipulado, el número obtenido en cada dado deberá ser aleatorio.

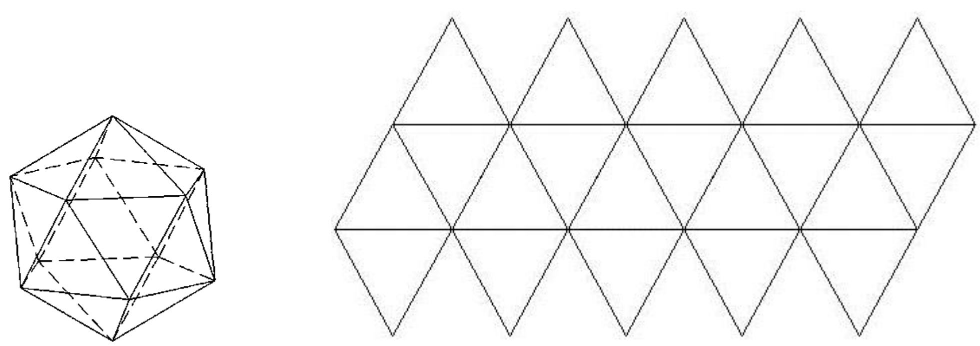


Fig. 2: El icosaedro y el patrón para poder armarlo.

Luego, cada estudiante arrojará el icosaedro sobre la mesa obteniendo un conjunto de 360 números aleatorios los cuales registrará en la tabla 1.

Tabla 1

| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

*Resultados*

1. Anotar en la tabla 2A el número de veces que cada número (del 0 al 9) aparece en la tabla 1 (frecuencia absoluta). Calcular la frecuencia relativa y frecuencia acumulada en cada caso. Determinar la probabilidad de obtener cada dígito al arrojar el dado.

2. Seleccionar en la tabla 1 un subconjunto de 36 dígitos. Lo mejor es tomar una secuencia de dígitos consecutivos, para evitar cualquier posible preferencia en su selección. Anotar sus frecuencias y las probabilidades calculadas en la tabla 2B. Calcular la *media* y la *varianza* de esta muestra de números. Comparar los resultados con la media y la varianza de la población. Calcular también la media y la varianza de la tabla 1 completa y comparar sus valores con los de la población. Los cálculos se hacen más fácilmente si en vez de trabajar con los números individuales se utiliza la frecuencia de presentación de cada uno de ellos.

*Análisis*

¿Por qué se considera que el número del icosaedro es una variable aleatoria?

¿Bajo qué supuestos esta consideración es válida?

¿Cuándo al predecir el tiempo se dice que la probabilidad de que llueva es de 1 a 10, ¿qué significa esto? ¿En qué sentido es estadística esta situación?

Entre 5 dígitos aleatorios (todos comprendidos entre 0 y 9), ¿cuál es la probabilidad de que *todos* sean un 7? ¿de que ninguno sea 7? ¿de que exactamente uno solo sea 7?

Demostrar que para todo conjunto N de números cualesquiera el valor medio de las desviaciones respecto a la media es nulo.

¿Cuáles son las posibles fuentes de incerteza por predisposición en la tabla construida de números aleatorios que hacen que no sea verdaderamente aleatoria?

Para todo conjunto de N números cualesquiera $n_i$, demostrar que la varianza viene dada por $\sigma^2 = \langle n^2 \rangle_m - (\bar{n}^2)$, en donde $\langle n^2 \rangle_m$ indica el valor medio de $n_i^2$.

# **Laboratorio # 5:** Medición de velocidad media, velocidad instantánea, aceleración y tiempo de caída

**Objetivo de la práctica:** Distinguir los conceptos de velocidad media, velocidad instantánea, aceleración y describir los distintos tipos de movimiento unidimensionales. Medir el tiempo de caída de un cuerpo y hacer cálculos sencillos.

**Materiales:**

- *Parte I:* cinta métrica, cronómetro, papel y lapicera
- *Parte II:* piedra, celular con cámara, papel y lapicera

*Introducción*

A través de la observación de distintos objetos en movimiento, se pueden deducir las variables fundamentales que describen la cinemática del cuerpo.

Consideremos el movimiento de un carrito a lo largo de una vía rectilínea. La posición del coche se describe en un instante cualquiera dado su distancia a un punto de referencia sobre la pista. Denominaremos x a esta distancia; evidentemente x varía con el tiempo (t) cuando el carro se mueve; diremos que *x es función de t.*

- *Velocidad media*

Se define la velocidad media durante un intervalo de tiempo entre $t_1$ y $t_2$ en que el desplazamiento ha variado de $x_1$ a $x_2$ como

$$\bar{v} \equiv \frac{x_2 - x_1}{t_2 - t_1} \qquad (4)$$

- *Velocidad instantánea*

La velocidad instantánea puede considerarse como el valor que posee la velocidad media cuando el intervalo de tiempo se hace muy pequeño. Utilicemos la notación abreviada $\Delta x \equiv x_2 - x_1$ y $\Delta t \equiv t_2 - t_1$ en donde el símbolo $\Delta$ es la letra griega delta. El símbolo compuesto $\Delta x$ puede denominarse «*variación de $x$*».

La definición matemática de la velocidad instantánea está dada por el valor al que tiende $\bar{v}$ cuando $\Delta$t tiende a cero. Este valor se denomina límite y queda expresado por la ecuación (5):

$$v = \lim_{\Delta t \to 0} \frac{\Delta x}{\Delta t} \qquad (5)$$

Esta expresión se lee también como la *derivada de $x$ respecto a $t$.*

- *Aceleración*

El cambio de la velocidad respecto al tiempo se denomina aceleración. La aceleración media durante un intervalo de tiempo $\Delta t \equiv t_2 - t_1$, en la cual la velocidad varía en una cantidad $\Delta v \equiv v_2 - v_1$, se define como:

$$\bar{a} \equiv \frac{\Delta v}{\Delta t} \equiv \frac{v_2 - v_1}{t_2 - t_1} \qquad (6)$$

- *Aceleración instantánea*

Se define la aceleración instantánea como el límite de la aceleración media cuando el intervalo de tiempo $\Delta t$ tiende a cero:

$$\bar{a} = \lim_{\Delta t \to 0} \frac{\Delta v}{\Delta t} \qquad (7)$$

*Experimento*

*A fin de familiarizarnos con los conceptos, dividiremos la práctica de laboratorio en 2 partes. En la primera parte el grupo se dividirá en dos, algunos estudiantes trabajarán afuera (Parte I.A) y los demás realizarán un experimento en el laboratorio (Parte I.B). Luego nos reuniremos todos en el laboratorio para completar la segunda parte del trabajo (Parte II).*

**Parte I.A:** Medir en un espacio al aire libre, un camino libre de 10 m. Delimitarlo ubicando algún objeto que sirva de referencia. Cada estudiante realizará una carrera a lo largo de esa trayectoria siguiendo distintos ritmos, que serán indicados por otro estudiante. Por ej. correr, caminar, trotar lentamente. Podrá variar la velocidad a lo largo de la trayectoria e incluso detenerse, pero siempre debe completar la distancia total. Un tercer estudiante cronometrará cada carrera y registrará los datos en una tabla.

**Parte I.B:** Dentro del laboratorio, medir desde el suelo la distancia más alta posible desde la cual los estudiantes puedan sostener un objeto. Mientras un estudiante deja caer desde esa altura, por ej. una piedra, otro estudiante lo filmará. Procurar que la cámara tome todo el recorrido de la piedra al caer, pero especialmente el momento inicial. Dejar el micrófono de la cámara encendido y mientras se realiza el experimento hacer el mayor silencio posible. Con un software de procesamiento de video, medir el tiempo que transcurrió entre el momento inicial del movimiento (cuando se deja caer el objeto) y cuando la piedra llega al suelo (dado por un pico en la señal de audio, debido al golpe con el suelo). Repetir esta medición desde la misma altura, 10 veces por cada estudiante que arroja la piedra.[2]

[2] Con el fin de lograr un golpe más “ruidoso”  puede colocarse en el suelo una placa metálica.

*Resultados y análisis*

*Parte I.A*

A partir de los datos obtenidos para cada carrera, calcular la velocidad media y la aceleración media.

Graficar en un histograma los valores obtenidos de cada magnitud.

- ¿Qué tipo de movimiento, describió cada estudiante al realizar la carrera?

*Parte I.B*

Midiendo el tiempo de caída determinar el valor de la aceleración de la gravedad en el laboratorio.

Calcular el valor de $\bar{g}$ y la desviación estándar de los datos.

Graficar en un histograma los valores obtenidos de $g$.

- ¿Qué tipo de movimiento describió la piedra en su caída?

*Parte II*

La tabla del Apéndice B muestra las posiciones en distintos instantes de tiempo de un carrito que se dejó caer a lo largo de un plano inclinado. Representar los datos en una hoja de papel milimetrado. Trazar una curva continua que pase por los puntos dados.

A partir de esos mismos datos hallar la velocidad media durante el primer segundo; durante el primer intervalo de 10 segundos; durante el primer intervalo de 20 segundos; durante el segundo intervalo de 10 segundos.

Completar la columna $\bar{v}$ de la tabla a continuación:

| $t_1$ | $t_2$ | $\Delta t$ | $\Delta x$ | $\bar{v}$ | $\bar{a}$ |
|---|---|---|---|---|---|
| 0 | 20 | | | | |
| 5 | 15 | | | | |
| 8 | 12 | | | | |
| 9 | 11 | | | | |

Hacer un gráfico de la velocidad media $\bar{v}$ en función del intervalo de tiempo $\Delta t$. Extrapolar los datos para $\Delta t = 0$. ¿Cuál es el valor estimado de la velocidad instantánea cuando t=10 s?

En el gráfico obtenido a partir de los datos del Apéndice B, trazar la tangente a la curva para t=10 s y calcular su pendiente. ¿Cómo se relaciona este valor con la velocidad instantánea?

Utilizando el mismo gráfico, representar además las velocidades halladas utilizando una nueva escala de coordenadas en el lado derecho del papel. ¿Qué puede decirse acerca de la variación de la velocidad con el tiempo?

¿Cuál es la aceleración media en el intervalo entre t=0 y t =20 s? Completar la columna $\bar{a}$ de la tabla de la página anterior.

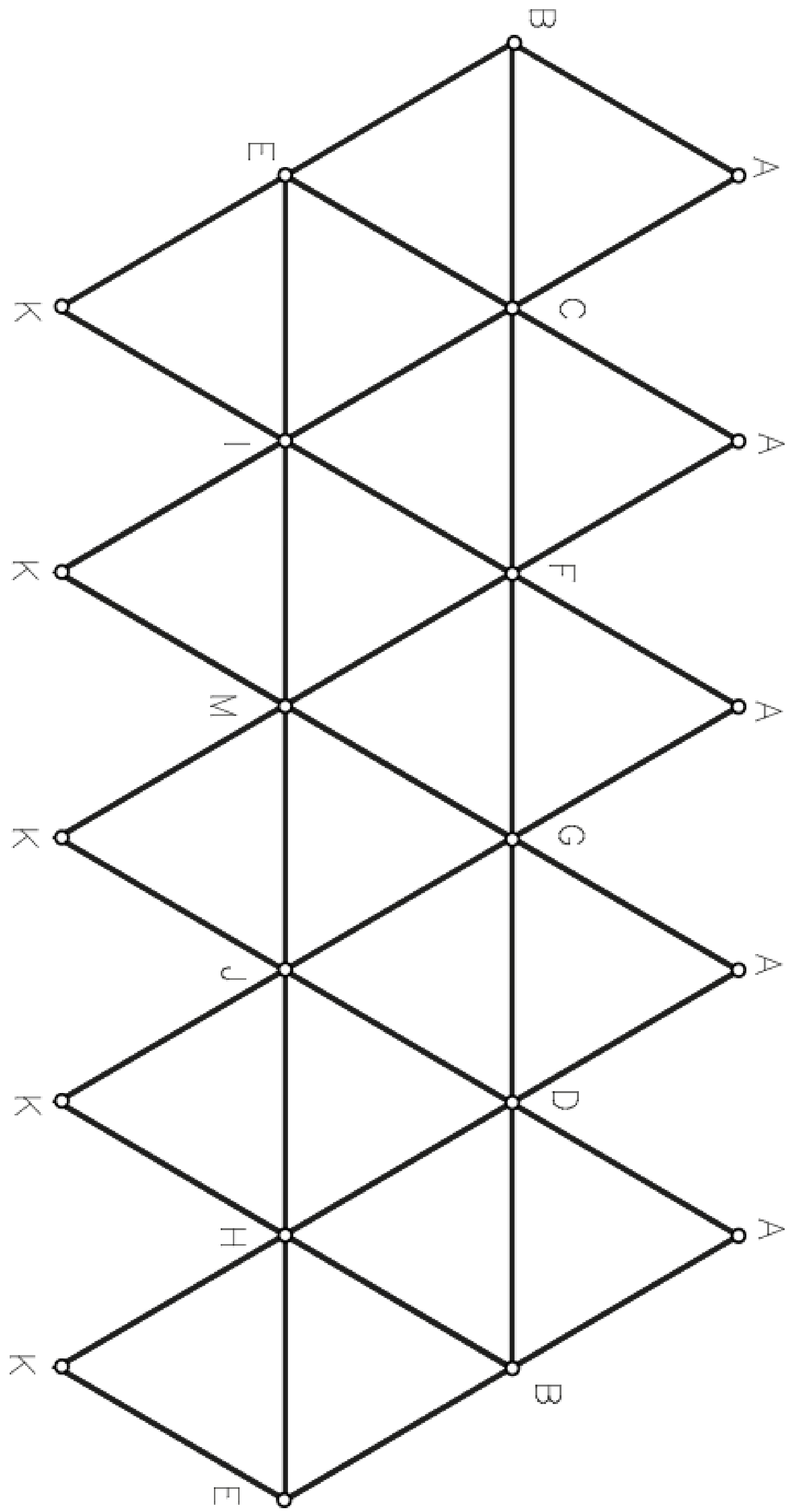
Observar que la aceleración media entre t=0 y 20 s es precisamente la pendiente de la cuerda trazada entre los puntos de velocidad correspondiente. Trazar las cuerdas que pasan por los otros puntos de velocidad de los demás intervalos de tiempo. Obsérvese, que en cuanto se va haciendo más corto del intervalo de tiempo, la pendiente de la cuerva va tendiendo a la pendiente de la curva de velocidades. ¿Cuál es la relación existente entre la pendiente de la tangente y la aceleración instantánea?

Dibujar los datos obtenidos para la aceleración en la misma hoja de papel, trazando previamente una nueva escala para los mismos.

**Desafío:**

Con lo aprendido en este trabajo, te desafiamos a determinar la altura del murallón del dique de Tandil con una precisión menor a 0.5 m.

**Apéndice A**



## Apéndice B

| *Tiempo t* seg | *Desplazamiento x* m | $\Delta x$, m | *Velocidad v*, m/seg | *Aceleración a*, m/seg$^2$ |
|---|---|---|---|---|
| 0.000 | 0.0000 | | | |
| 1,000 | 0.0064 | | | |
| 2.000 | 0.0249 | | | |
| 3,000 | 0.0544 | | | |
| 4.000 | 0.0937 | | | |
| 5,000 | 0.1420 | | | |
| 6.000 | 0.1984 | | | |
| 7.000 | 0.2621 | | | |
| 8,000 | 0,3324 | | | |
| 9.000 | 0,4088 | | | |
| 10,000 | 0.4905 | | | |
| 11,000 | 0.5772 | | | |
| 12.000 | 0.6683 | | | |
| 13.000 | 0,7633 | | | |
| 14.000 | 0.8621 | | | |
| 15.000 | 0.9641 | | | |
| 16.000 | 1.0680 | | | |
| 17.000 | 1.1769 | | | |
| 18,000 | 1.2871 | | | |
| 19.000 | 1,3994 | | | |
| 20.000 | 1.5137 | | | |