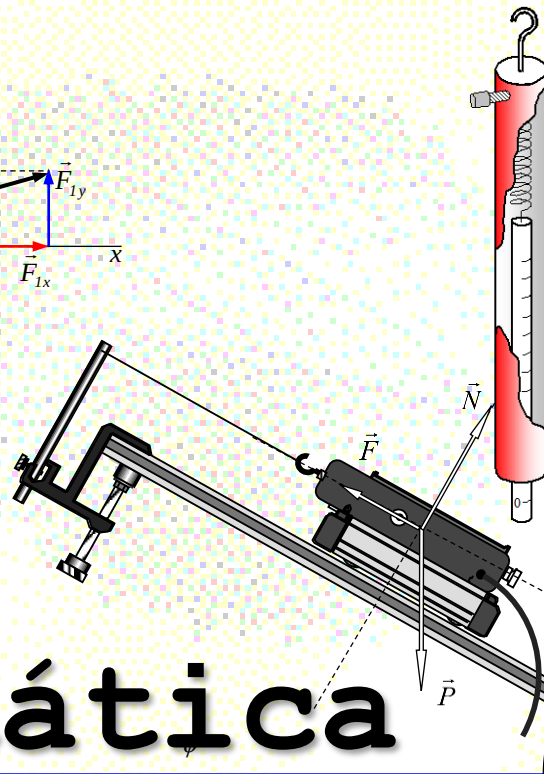
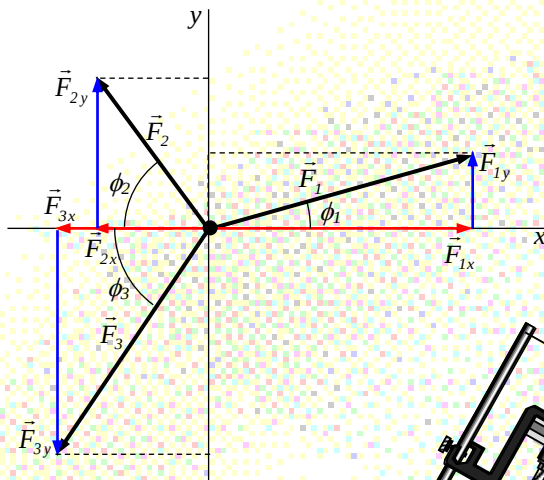




UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN LUIS
FACULTAD DE INGENIERÍA Y CIENCIAS AGROPECUARIAS

FISICA BÁSICA



Estática



Ing. Sergio RIBOTTA
Ing. Eduardo GIL
Dr. Ing. Pablo AMAR

Estática

3. Estática

3.1. Introducción

3.2. Cuerpos en equilibrio

3.2.1. Primera condición de equilibrio

3.2.2. Segunda condición de equilibrio

3.3. Trabajo práctico de laboratorio

3.3.1. Objetivos

3.3.2. Parte I: Armado de la experiencia N° 1

3.3.2.1. Calibración de los dinamómetros

3.3.2.2. Registro de datos

3.3.2.3. Análisis de datos

3.3.3. Parte II: Armado de la experiencia N° 2:

3.3.3.1. Descomposición de Fuerzas en un Plano Inclinado

3.3.3.2. Procedimiento

Reporte de Laboratorio Nro. 1

Reporte de Laboratorio Nro. 2

Estática

3. Estática

3.1. Introducción

Una parte importante de la física trata de los cuerpos y sistemas que se encuentran en reposo y que permanecen en este estado. A esta rama de la física se le llama **Estática**. Al entrar ahora en el estudio de la estática, es preciso tener en cuenta las fuerzas y su acción sobre los cuerpos. Por tanto, es imprescindible conocer los puntos de aplicación de dichas fuerzas, ya que de ellos depende el tipo de movimiento o el reposo resultante. Como es bien sabido, los cuerpos por acción de las fuerzas no sólo se mueven, sino que además se pueden deformar. Estas deformaciones son, en general, objeto de una parte de la Mecánica que se conoce con el nombre de **Elasticidad**. Por lo tanto, en este laboratorio comprobaremos que deben de cumplirse dos condiciones básicas para que un cuerpo permanezca en reposo.

3.2. Cuerpos en equilibrio

¿Qué condiciones son necesarias de cumplir para que un cuerpo permanezca en reposo?

3.2.1. Primera Condición de Equilibrio

La Primera Condición de Equilibrio, se enuncia como: ***Para que un objeto se mantenga en equilibrio, la suma vectorial de las fuerzas (o componentes) horizontales que actúan sobre él debe ser cero y la suma de las fuerzas (o componentes) verticales también debe ser cero.***

Esta condición se puede expresar matemáticamente, para el caso de n fuerzas coplanares¹ y concurrentes² aplicadas a un cuerpo, de la siguiente manera

$$\vec{F}_1 + \vec{F}_2 + \vec{F}_3 + \dots + \vec{F}_n = 0 \quad (\text{sumatoria vectorial}) \quad (4-1)$$

$$\begin{cases} F_{1x} + F_{2x} + F_{3x} + \dots + F_{nx} = 0 & (\text{sumatoria escalar}) \\ F_{1y} + F_{2y} + F_{3y} + \dots + F_{ny} = 0 & (\text{sumatoria escalar}) \end{cases} \quad (4-2)$$

$$\begin{cases} F_{1y} + F_{2y} + F_{3y} + \dots + F_{ny} = 0 & (\text{sumatoria escalar}) \end{cases} \quad (4-3)$$

Las expresiones 2-1, 2-2 y 2-3 se pueden escribir también de la siguiente forma:

$$\sum_{i=1}^n \vec{F}_i = 0 \quad (\text{sumatoria vectorial}) \quad (4-1)$$

$$\begin{cases} \sum_{i=1}^n F_{ix} = 0 & (\text{sumatoria escalar}) \end{cases} \quad (4-2)$$

$$\begin{cases} \sum_{i=1}^n F_{iy} = 0 & (\text{sumatoria escalar}) \end{cases} \quad (4-3)$$

¹ Si un sistema de fuerzas actúa sobre un cuerpo, y si dicho sistema pertenece a un plano, se denomina **coplanar**.

² Si esas fuerzas actúan sobre un cuerpo de pequeñas dimensiones, diremos que actúan sobre un punto. Las fuerzas que actúan sobre un punto se llaman **concurrentes**.

En otras palabras, lo anterior expresa que las fuerzas que actúan sobre un cuerpo deben de estar balanceadas para que éste se equilibre. Por ejemplo, supongamos un cuerpo sostenido en la mano. ¿Porqué el cuerpo no se cae? ¿Qué fuerzas actúan sobre él?. Sabemos que si lo soltamos, el cuerpo caerá. Ello nos indica que existe una fuerza que lo atrae hacia abajo. El cuerpo cae por que la tierra lo atrae hacia abajo con una fuerza gravitacional. A esa atracción gravitacional se la denomina peso $\mathbf{P}$ del cuerpo. Para sostener el cuerpo, la mano debe empujarlo hacia arriba. Este empuje se representa con $\mathbf{N}$. El cuerpo permanecería sin movimiento si $\mathbf{P}$ y $\mathbf{N}$ son de igual magnitud. En otras palabras, las fuerzas verticales que actúan sobre el cuerpo deben balancearse para que se logre el equilibrio.

A continuación en la figura 3.1, se da un ejemplo de un gráfico (*diagrama de cuerpo libre*) que muestra las fuerzas que actúan sobre un cuerpo y como se separan estas en sus correspondientes componentes x e y .

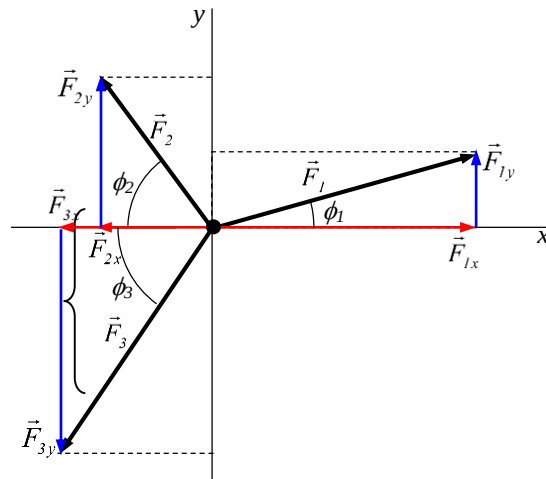


Figura 3.1

Vectorial:

$$\sum_{i=1}^n \vec{F}_i = 0 \quad \vec{F}_1 + \vec{F}_2 + \vec{F}_3 = 0$$

Escalar:

$$\sum_{i=1}^n F_{ix} = 0 \quad F_{1x} + F_{2x} + F_{3x} = 0$$

$$\sum_{i=1}^n F_{iy} = 0 \quad F_{1y} + F_{2y} + F_{3y} = 0$$

en donde las componentes x e y se pueden hallar haciendo:

$$\begin{aligned} F_{1x} &= F_1 \cos \phi_1 & F_{2x} &= -F_2 \cos \phi_2 & F_{3x} &= -F_3 \cos \phi_3 \\ F_{1y} &= F_1 \sin \phi_1 & F_{2y} &= F_2 \sin \phi_2 & F_{3y} &= F_3 \sin \phi_3 \end{aligned}$$

por lo tanto, se debe cumplir que:

$$\begin{cases} F_1 \cos \phi_1 - F_2 \cos \phi_2 - F_3 \cos \phi_3 = 0 \\ F_1 \sin \phi_1 + F_2 \sin \phi_2 - F_3 \sin \phi_3 = 0 \end{cases}$$

3.2.2. Segunda Condición de Equilibrio

Para que un cuerpo permanezca inmóvil, los momentos de rotación (τ) en sentido horario que actúan sobre él deben estar equilibrados por los momentos de rotación que tienen un sentido antihorario. Si a los primeros los llamamos negativos y a los segundos los llamamos positivos, puede afirmarse que: **Para que un objeto este en equilibrio rotacional, debe de ser cero la suma de los momentos de rotación que actúan sobre él.**

Por ejemplo, consideremos la figura 4.2. Si se aplican dos fuerzas de 10 Kg en el centro de una regla rígida ligera BOA, la regla queda en equilibrio, ya que se cumple la primera condición de equilibrio dada por la ecuación $\sum \vec{F} = 0$.

Si en cambio, ahora una de las fuerzas se aplica en el punto O y la otra en el punto A, la regla comenzará a girar, en sentido contrario a las agujas del reloj. La regla no está en equilibrio y

sin embargo se cumple que $\sum \vec{F} = 0$.

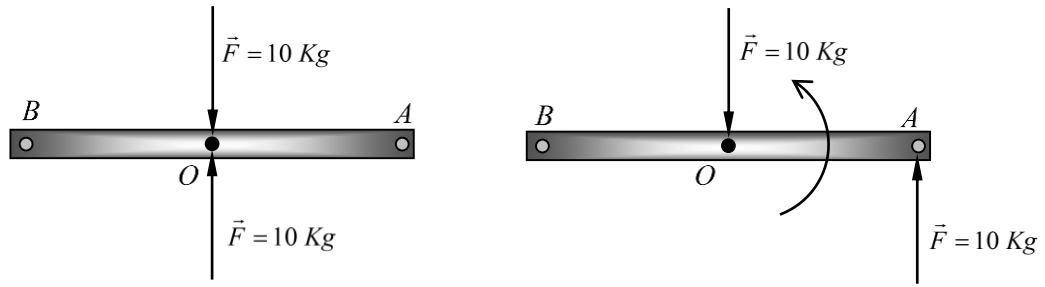


Figura 4.2

Ejemplo en el cual se observa que en ambos casos se cumple que la primera condición de equilibrio $\sum \vec{F} = 0$. Pero en el segundo caso el cuerpo sufre una rotación.

Las fuerzas no concurrentes producen una rotación o momento que hacen girar el cuerpo. En este caso el cuerpo no está en equilibrio, ya que está girando, y sin embargo cumple la primera condición de equilibrio, dada por la ecuación 4-1 o 4-2 y 4-3.

En la figura 4 suponiendo que la regla puede girar respecto al punto fijo O, llamaremos brazo de palanca a la distancia AO, y definiremos momento de la fuerza al producto vectorial de la fuerza $\vec{F}$ por el brazo de palanca OA, es decir

$$\vec{\tau} = \vec{F} \times \vec{r} \quad (4-4)$$

$$\tau = F r \sin\theta \quad (4-5)$$

En resumen, retomando la pregunta inicial ¿Qué condiciones son necesarias de cumplir para que un cuerpo permanezca en reposo?, la respuesta es que para que un cuerpo permanezca en equilibrio, es necesario que se cumpla:

$$\begin{cases} \sum_{i=1}^n \vec{F}_i = 0 & \text{(sumatoria vectorial)} \\ \sum_{i=1}^n \vec{\tau} = \sum_{i=1}^n \vec{F}_i \times \vec{r}_i = 0 & \text{(sumatoria vectorial)} \end{cases}$$

ó

$$\begin{cases} \sum_{i=1}^n F_{ix} = 0 & \text{(sumatoria escalar)} \\ \sum_{i=1}^n F_{iy} = 0 & \text{(sumatoria escalar)} \\ \sum_{i=1}^n F_{ix} y = 0 & \text{(sumatoria escalar)} \\ \sum_{i=1}^n F_{iy} x = 0 & \text{(sumatoria escalar)} \end{cases}$$

3.3. Trabajo práctico de laboratorio

3.3.1. Objetivos

Los objetivos para este trabajo práctico de laboratorio son los siguientes:

- 1) Comprobar que para que un cuerpo se halle en reposo deben cumplirse la primera y segunda condición de equilibrio.
- 2) Aprender a construir e interpretar un diagrama del cuerpo libre.
- 3) Interpretar los valores de las diferentes magnitudes. Selección de escalas adecuadas.
- 4) Conocer y familiarizarse con elementos de la mecánica.
- 5) Aprender a utilizar software y hardware de última generación en la adquisición y procesamiento de datos.

3.3.2. Parte I: Armado de la experiencia N° 1

Se utilizará un *Sensor de fuerza Pasco CI-6746 (D_1)* con un rango entre -50 N y $+50\text{ N}$ (en el sensor, una compresión es considerada positiva y una tracción es considerada negativa). El sensor tiene una celda de carga de diseño especial en "S" y posee una protección intrínseca contra sobrecargas, por lo que no se dañará cuando se le aplique una fuerza mayor a 50 N . Se fijará en el tablero en la parte superior. Del extremo inferior del sensor de fuerza se colocará un hilo inextensible y liviano. El hilo se hará pasar por dos poleas que están fijas. En cada uno de los extremos libres de los hilos se colocarán cuerpos de peso P_1 y P_2 . Se colocará un semicírculo graduado cuyo centro se sitúe en el punto O . (figura 4.3)

Tantos las poleas, como el semicírculo y el soporte del sensor están montados sobre imanes, por lo que pueden desplazarse dentro del panel metálico, según sea necesario.

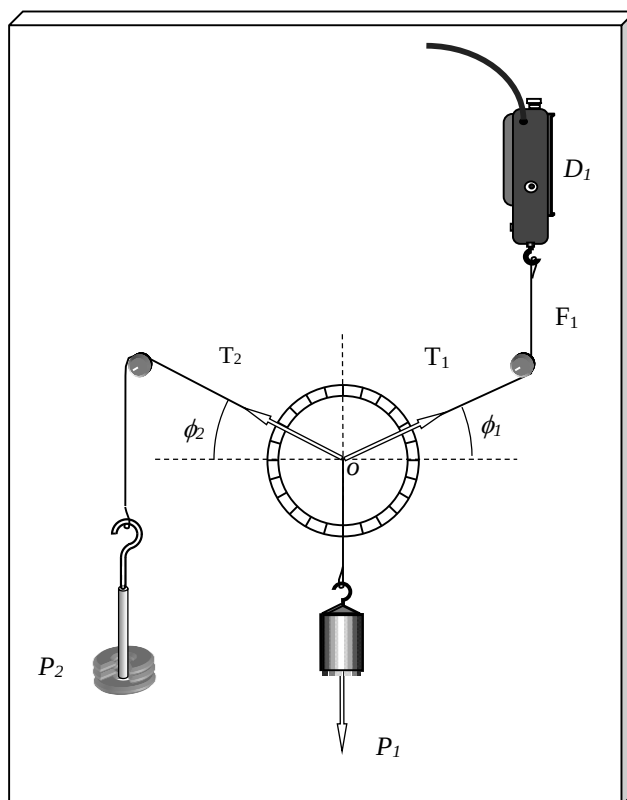


Figura 4.3

Montaje de la experiencia para la comprobación de la Primera Condición de Equilibrio – Estática.

3.3.2.1. Set up de la computadora

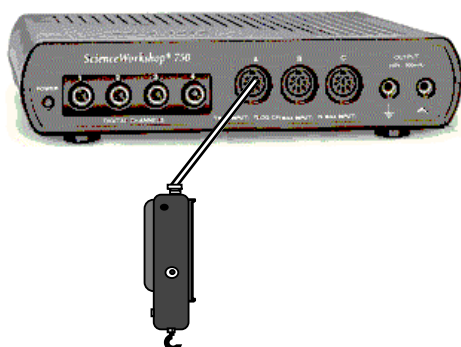


Figura 4.4

Interfaz Science Workshop 750. Se conectará en el canal analógico A el sensor de fuerza, el cual medirá la magnitud de la fuerza aplicada sobre él.

1. Conecte la interfaz de *ScienceWorkshop* a la computadora, encienda la interfaz, y luego encienda la computadora.
 2. El sensor de fuerza posee un plug DIN. Conéctelo en el canal analógico A.
 3. Abra el documento *Estática 1.ds* (Ver al final de la actividad los pasos a seguir para la apertura del programa)
- El documento en *DataStudio* abrirá un display gráfico, el que mostrará la magnitud medida por el sensor de fuerza, en Newton.

3.3.2.2. Calibración del Sensor y Set up del Equipo

- Usted no necesita calibrar el sensor de fuerza.

3.3.2.3. Grabación de datos

1. Mediante el semicírculo graduado cuyo centro se sitúe en O, podrá determinarse mediante lectura los ángulos ϕ_1 y ϕ_2 .
2. De comienzo a la lectura de los datos. Para ello deberá hacer clic en Start en DataStudio. Observe el display gráfico que aparece, mostrando la magnitud de la fuerza medida por el sensor de fuerza $\vec{F}_1$.

3.3.2.4. Análisis de los datos

Se deberán plantear las ecuaciones correspondientes a la primera y segunda condición de equilibrio para el sistema de fuerzas construido. Mediante los datos obtenidos en el punto 3.3.5. se podrá comprobar si el sistema se halla en equilibrio.

$$\left\{ \begin{array}{l} \sum_{i=1}^n F_{ix} = 0 \quad ; \quad \sum_{i=1}^n F_{iy} = 0 \quad (\text{sumatoria escalar}) \\ \sum_{i=1}^n F_{ix} y = 0 \quad ; \quad \sum_{i=1}^n F_{iy} x = 0 \quad (\text{sumatoria escalar}) \end{array} \right.$$

3.3.3. Parte II: Armado de la experiencia N° 2

3.3.3.1. Descomposición de Fuerzas en un Plano Inclinado

Cuando el carrito está en reposo sobre un plano inclinado, la componente de fuerza actuante que está paralela al plano es $m g \text{ seno } \phi$, donde $m g$ es el peso y ϕ es el ángulo del plano con la horizontal.

3.3.3.2. Procedimiento:

- Use el sensor o dinamómetro para medir el peso del carrito P (figura 4.5).
- Acople el dinamómetro conjuntamente con el carrito sobre en una plataforma lisa inclinada, figura.
- Conecte el dinamómetro con un hilo resistente a la parte superior del plano.
- Mida el ángulo del plano inclinado ϕ .

- Mida la tensión en el hilo F , y compare esto con el valor teórico de $m g \sin \phi$.

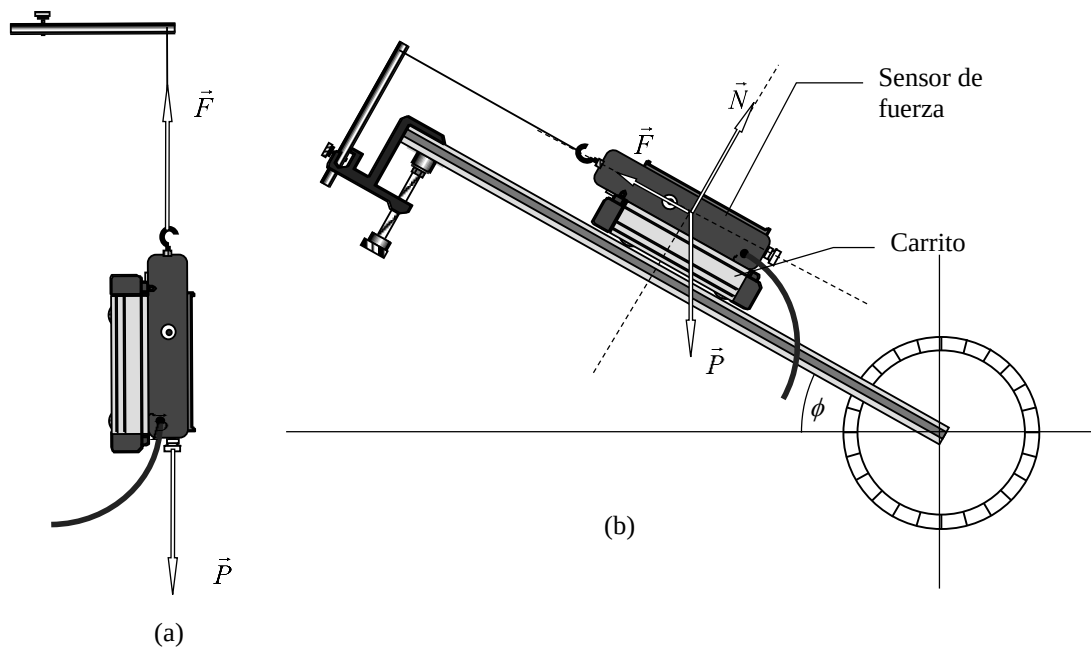


Figura 4.5
Experiencia sugerida. Descomposición de fuerzas en un plano inclinado.

Completa y contesta las preguntas en la sección Reporte de Laboratorio 2/2

Importante: Pautas para Aprobar el Informe de laboratorio

El Informe debe contener:

- Todos los datos **correctos** tomados en la clase de laboratorio.
- Sin excepción debe contener los cálculos solicitados en todos los puntos, los cuales incluirán la fórmula, el remplazo de los datos en las fórmulas y las unidades correspondientes.
- De contener: introducción teórica, desarrollo del laboratorio y conclusiones.

Apellido y nombre:

Carrera

IAL

IEM

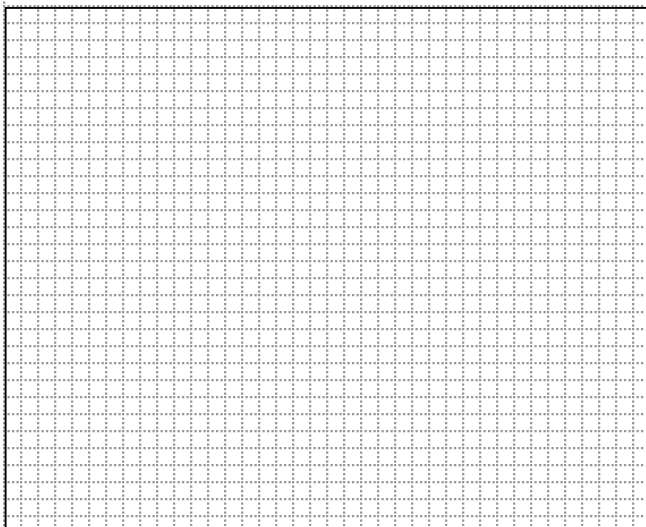
IE

IMEC

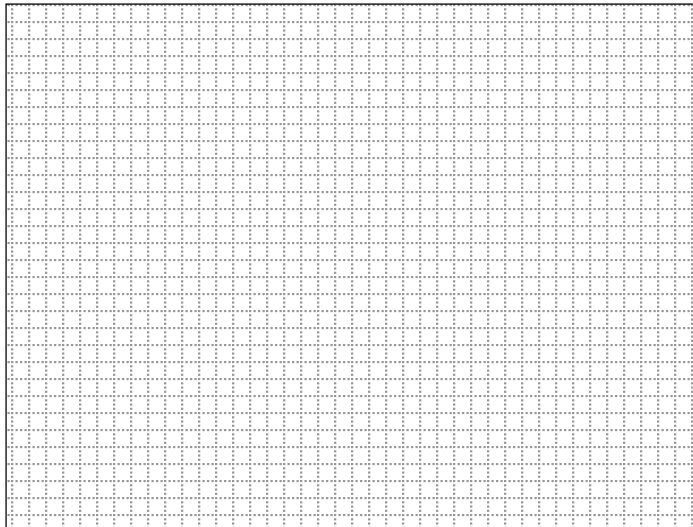
II

IQ

Dibuje un croquis o esquema del sistema de fuerzas construido



Dibuje los diagramas de cuerpo libres



Plantee y resuelva las ecuaciones necesarias para encontrar analíticamente el valor de la fuerza T_1 , considerando que el sistema se encuentra en equilibrio.

 $\Sigma F_x :$

 $\Sigma F_y :$
Cálculo de T_1 :

.....

.....

Compare el valor de la fuerza F_1 hallado analíticamente con el valor obtenido por medición directa (lectura del dinamómetro o sensor de fuerza)

valor analítico [N]	valor medición directa [N]
$T_1 =$	$T_1' =$

Cálculos del Error:

$$\frac{\Delta T}{T_1'} = \frac{\Delta P_2}{P_2} + \frac{\Delta \phi_2}{\phi_2} + \frac{\Delta \phi_1}{\phi_1}$$

$$\frac{\Delta T}{T_1'} = \dots\dots\dots$$

$$\Delta T = \dots\dots\dots$$

Expresar correctamente el valor de la fuerza T_1 con su correspondiente error.

$$T_1 = T_1' \pm \Delta T =$$

Experiencia N° 1

Valores Medidos

 P_1 [N] P_2 [N] ϕ_1 [°] ϕ_2 [°]
 $T_1 = F_1$ [N]
Medida por
sensor
PASCO

Valor calculado

 T_1 [N]
resultado
analítico
Error Apreciación InstrumentosSensor de fuerza PASCO $\Delta F =$ _____ [N]Balanza $\Delta P =$ _____ [g]Semicírculo $\Delta \phi =$ _____ [grados]

LABORATORIO N° 1: Estática (plano inclinado)

Carrera

IAL

ITEM

IE

11

IMEC

10

Dibuje el/los diagrama/s de cuerpo libre

[illegible][illegible]

Experiencia N° 2

➡ Valores medidos

P [N]

 $\phi [^{\circ}]$

F_x' [N]
medida por
sensor

➡ Valores calculados

 $F_x [\text{N}]$

Error Apreciación Instrumentos

Sensor o Dinamómetro

$$\Delta F = \quad [N] \text{ o } [DINAS]$$

Semicírculo

$$\Delta\phi = \text{_____} [\text{grados}]$$

Balanza

$$\Delta P = \quad [g]$$

Asistencia:

Día / /

Firma _____

Aprobado:

Día ____ / ____ / ____

Firma

$$F_X = F_X' \pm \Delta F_X =$$

--