



Universidad de Buenos Aires - Exactas  
**departamento de física**

# Laboratorio 1

**2do Cuatrimestre 2023**

**Laboratorio 1 A: miércoles 8-14 hs**

**Lucía Famá, Ariel Kleiman,  
Eugenia Samaniego Onofre, Aldana Holzmann,  
Federico Szmidt**

# OBJETIVO DE LABORATORIO 1

**Aprender a construir leyes físicas a partir de la observación del comportamiento de fenómenos de la naturaleza aleatorios, regulares y repetibles.**

## Física Experimental

**OBSERVACIÓN DE  
FENÓMENOS FÍSICOS**

# La Física Experimental

Experimento  
(Observación)



Modelo  
(Teoría)

Observación  
y medida

Teoría

**Método Científico**

Predicción

# Un poco de Historia ...

## Los planetas y ... la fuerza gravitatoria



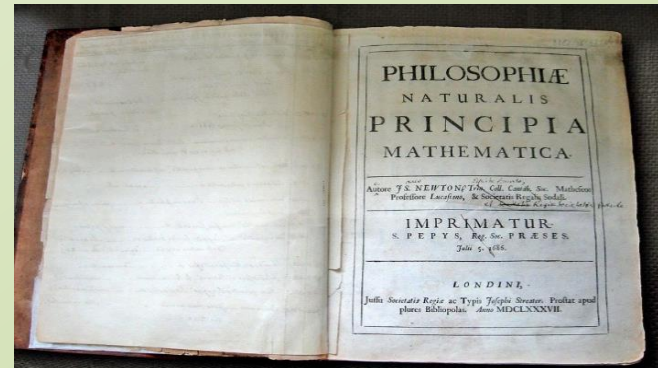
Isaac Newton  
(1643-1727)

*Siglo XII. Isaac Newton*

*La fuerza de atracción gravitatoria entre dos cuerpos es proporcional al producto de sus masas dividido la distancia entre ellos al cuadrado.*

Ley de la  
Gravitación  
Universal

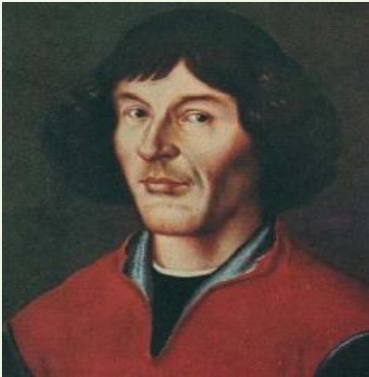
$$F = \frac{G M m}{d^2}$$



*Philosophiæ Naturalis Principia Mathematica Isaac Newton (1687)*

# Un poco de Historia ...

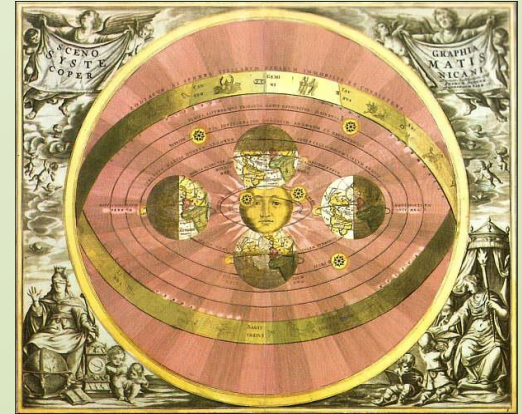
## Los planetas y ... la fuerza gravitatoria



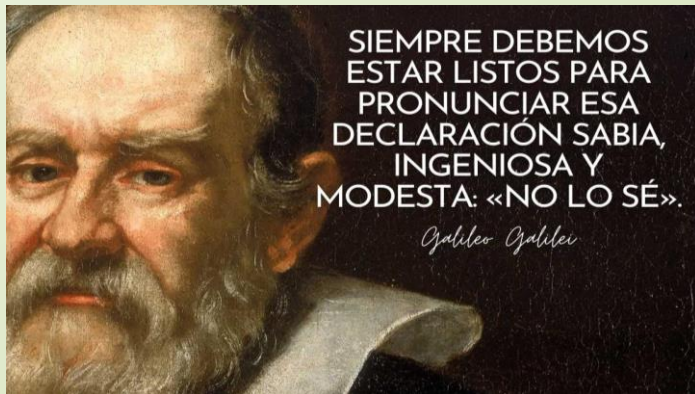
Nicolás Copérnico  
(1473-1543)

Siglo XVI. Nicolás Copérnico  
Modelo del Universo en el  
que el Sol estaba en el centro.

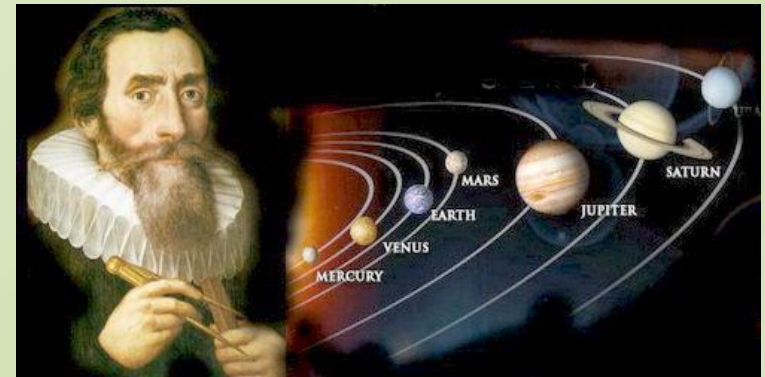
Sistema Heliocéntrico de  
Copérnico



Johannes Kepler (1571-1630)



Galileo Galilei (1564-1642)



# ¿Cómo se llega a un descubrimiento?



# **Temas de Laboratorio 1**

- Observación de Fenómenos Físicos**
- Diseño de Experimentos**
- Uso de Instrumental de Laboratorio**
- Uso de Herramientas de Análisis Experimental**
- Elaboración de Informes Científicos**

# Metodología de Trabajo

- Se estima realizar **9 Experimentos!**  
(*ver Cronograma en la Página de la Materia*)
- Se trabajará en **GRUPOS de 3 estudiantes**
- **4 Experimentos llevarán Informe Grupal** que se entregará a las 2 semanas de realizada la práctica (En el *Campus*)
- **El resto serán reportados como Actividades Grupales,** que se entregarán a la semana siguiente de realizada la práctica (En el *Campus*)



# Metodología de Trabajo

**CLASES**



**Asistencia Obligatoria**  
**Hasta 2 faltas que se recuperan**

**PÁGINA DE LA  
MATERIA**



<http://materias.df.uba.ar/l1a2023c2/>

**Plantilla Informe de Laboratorio**

**CAMPUS**



**Consultas y entregas**

<https://campus.exactas.uba.ar/>

# Datos Útiles

Dónde cuento  
con PC



**Pab. 0+Infinito**

Capacitarme  
con Python



- **Curso de Python del DF**
- **Material Adicional en la Página de la Materia**

Capacitarme  
con Origin



- **Material Adicional en la Página de la Materia**

# Metodología de Evaluación

- Informes: cada Informe lleva una nota (Nota grupal).
- Actividades: las Actividad deben estar aprobadas (Nota grupal).
- Parcial Corto (2): dos parciales cortos de temáticas puntuales (Nota Individual).
- Parcial: parcial global de la materia (Nota Individual).  
Parcial 1º de noviembre 8 h/Recu 23 de noviembre 8 h
- Práctica Especial: Elección de un experimento, puesta en marcha y exposición del mismo (Nota Grupal e Individual).  
Exposición Oral: 15 de noviembre 8 h

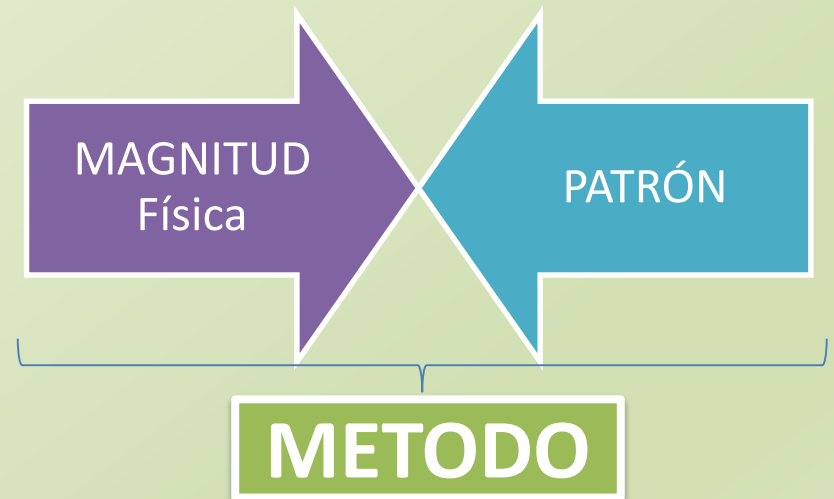
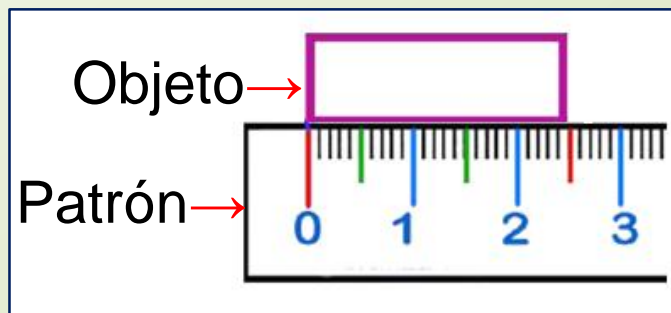


# **EXPERIMENTO**

**¿Qué debo tener en cuenta a la hora de hacer un experimento?**

# ¿Qué debo tener en cuenta a la hora de hacer un experimento?

- **Magnitud Física (MF):** atributo de un cuerpo, fenómeno o sustancia que puede ser cuantificada (ej. masa, longitud, velocidad ...)
- **Medir:** es **comparar** la cantidad de la **MF** que se desea obtener con una unidad de la misma magnitud (**patrón**)



- **Método de Medición:**  
Procedimiento que se lleva a durante el experimento para obtener MF

# ¿Qué debo tener en cuenta a la hora de hacer un experimento?

- **Valor de MF:** cantidad de la MF, se expresa: **número y unidad**
- **Unidad:** es una magnitud física definida y adoptada por convención



INTI

Instituto  
Nacional  
de Tecnología  
Industrial



Ministerio de Producción y Trabajo  
Presidencia de la Nación



<https://www.nist.gov/pml/weights-and-measures/metric-si/si-units>

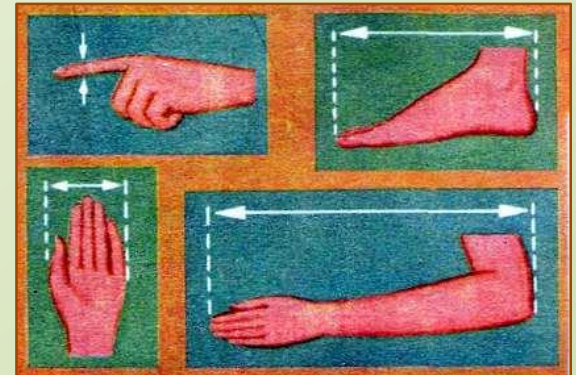
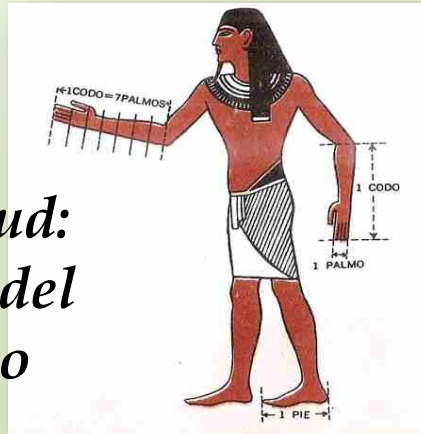
En noviembre de 2018 se aprobó la mayor revisión del **Sistema Internacional de Unidades (SI)** desde su creación (1960). El principal cambio es que a partir de ahora todas las unidades se definen en base a constantes de referencia, como la velocidad de la luz para el metro y la constante de Planck para el kilogramo. La revisión entrará en vigencia el 20 de mayo de 2019.

# Un poco de Historia ...

¿Cómo se medía antiguamente?



*Longitud:  
Partes del  
cuerpo*



*Volumen:  
Tazas, jarras ...*

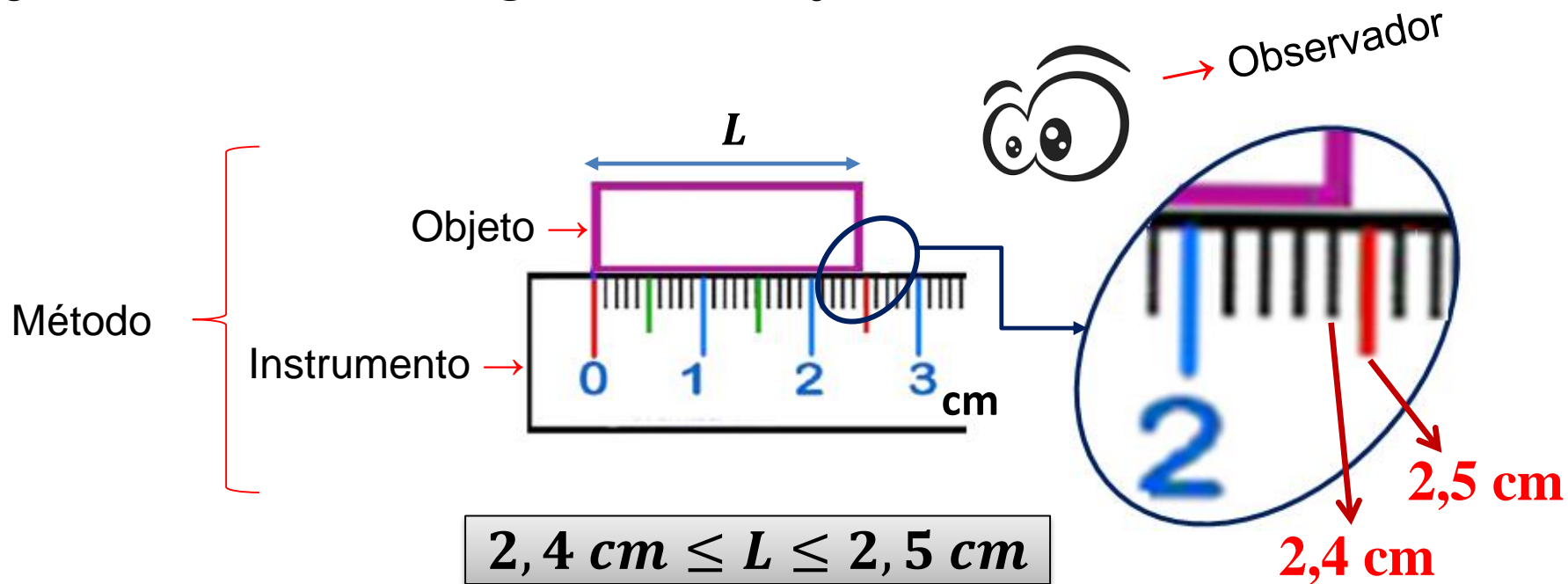


*Tiempo: SOL*



# Pensemos en algunos posibles experimentos

*¿Cuánto mide el largo ( $L$ ) del objeto?*



**El resultado de una medición está acotado**

**Siempre hay una incerteza asociada a la medición**



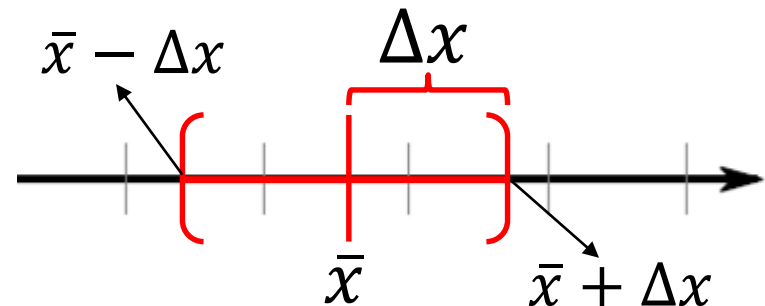
# Resultado de una MF y forma de expresarlo

Dado que no conocemos el valor “verdadero” de la MF que deseamos medir, se busca una estimación del valor “verdadero” y del de una cota

Un resultado de una MF será un **intervalo de confianza**

$\bar{x}$ : Valor más representativo ( $x_0$ )

$\Delta x$ : Incerteza Absoluta



**Resultado:**

**Intervalo de Confianza**

$$\bar{x} - \Delta x \leq x \leq \bar{x} + \Delta x$$

$$[\bar{x} - \Delta x, \bar{x} + \Delta x]$$

**Expresión del resultado:**

$$x = (\bar{x} \pm \Delta x) \text{ Unidad}$$

# NUESTRO OBJETIVO!!!



*Obtener una expresión VÁLIDA del resultado de una MF*

$$x = (\bar{x} \pm \Delta x) \text{ Unidades}$$

**Clase de  
Medición**

$\bar{x}$ : Valor más representativo ( $x_0$ )

$\Delta x$ : Incerteza Absoluta

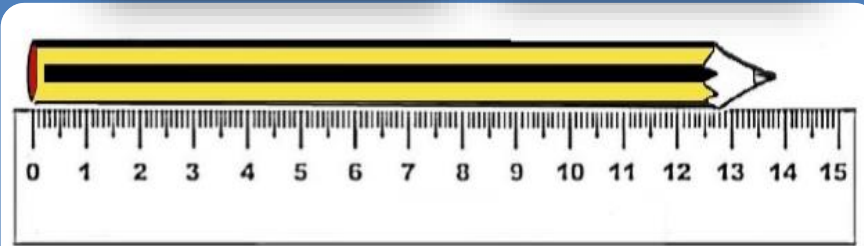
**Fuentes de  
incertezas**

# Clases de Mediciones

## Directas (MD)

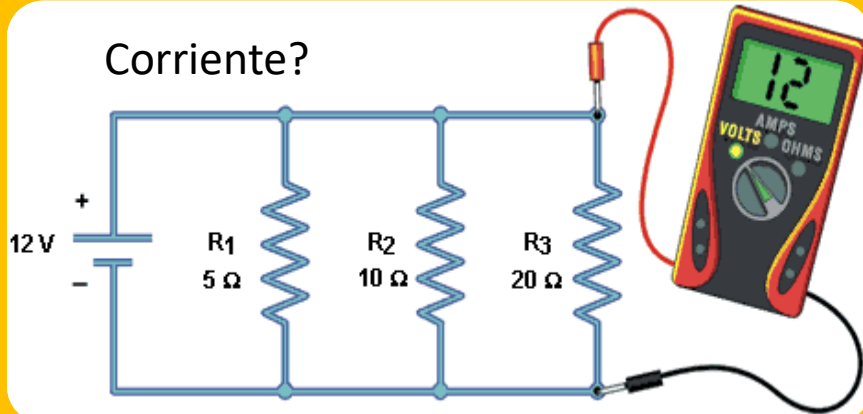
La medida deseada se obtiene de la lectura del instrumento

Ej.: medición del tiempo utilizando un cronómetro.



# Clases de Mediciones

Corriente?



Aceleración?



$h$

Area?



## Indirectas (MI)

La medida deseada se obtiene a partir de un proceso matemático sobre otras medidas

Ej.: superficie de un objeto a partir de la medida de sus lados.

# NUESTRO OBJETIVO!!!



*Obtener una expresión VÁLIDA del resultado de una MF*

$$x = (\bar{x} \pm \Delta x) \text{ Unidades}$$

$\bar{x}$ : Valor más representativo ( $x_0$ )

$\Delta x$ : Incerteza o error Absoluto

**Mediciones Directas (MD)**

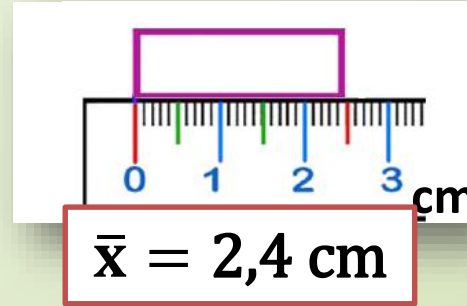
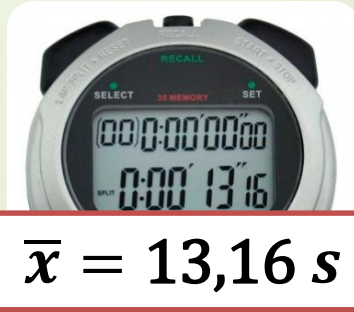
MD

# Valor más representativo ( $\bar{x}$ )

Si tengo 1 medida



$\bar{x}$  = número leído en el instrumento



Si tengo Más de 1 medida

$x: x_1, x_2, x_3, \dots, x_N$



13,16 s

13,15 s

13,16 s

13,14 s

13,16 s

13,14 s

13,15 s

13,16 s

$\bar{x}$  = Valor promedio



$$\bar{x} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N x_i$$

# Incerteza Absoluta ( $\Delta x$ )

## Fuentes de Incertidumbres

- \* Introducidos por el instrumento
- \* Por factores de la naturaleza/azar
- \* Suposiciones, hipótesis
- \* Por el objeto: definición
- \* Por el método



## Clasificación de Incertezas

**Errores  
Sistemáticos**

**Errores  
Accidentales**

**Errores  
Ilegítimos o Espurios**

# Clasificación de Errores

## Sistemáticos

- ✓ Constante a lo largo de todo el proceso de medida
- ✓ Afecta a todas las medidas de un modo definido
- ✓ Aporta en un mismo sentido (mismo signo)

Ej.: calibrado del instrumentos; paralaje; mala elección del método

## Accidentales

Errores aleatorios, producidos al azar: intrínsecos (naturaleza), desconocidos.

Pequeñas variaciones que aparecen entre observaciones sucesivas bajo las mismas condiciones.

Se suelen emplear métodos estadísticos, pudiéndose llegar a algunas conclusiones relativas al valor más probable.

## Ilegítimos o Espurios

Asociado con equivocaciones. Tomar hipótesis no válidas.

Ej. anotar mal una medida, hacer mal un cálculo o pasaje de unidades, etc. Se corrigen.



# EL INSTRUMENTO como fuente de incerteza

## Incetidumbre INSTRUMENTAL

### Resolución Instrumental

Mínima variación de la magnitud detectada por el instrumento (a veces dada por la mínima división, a veces no)



Resolución 1 s



Resolución 0,01 s

*Menor valor* → *Más precisión*

*Comparar mismas  
Unidades*

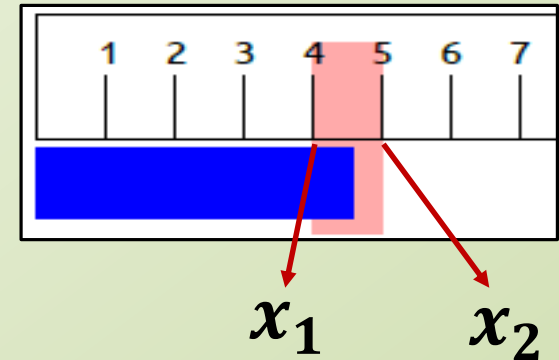
# EL INSTRUMENTO como fuente de incerteza

## Incetidumbre INSTRUMENTAL

### Error de Apreciación ( $\sigma_{ap}$ ):

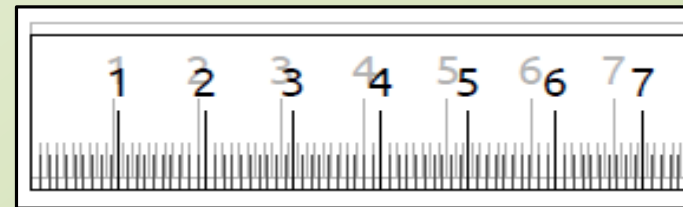
Lo que puede resolver el observador.

Muchas veces: resolución del instrumento



### Error de Exactitud ( $\sigma_{ex}$ ):

Asociado con el error de calibración del instrumento



## Incetidumbre instrumental

$$\sigma_{ap} = (x_2 - x_1)$$

o

$$\sigma_{ap} = (x_2 - x_1)/2$$

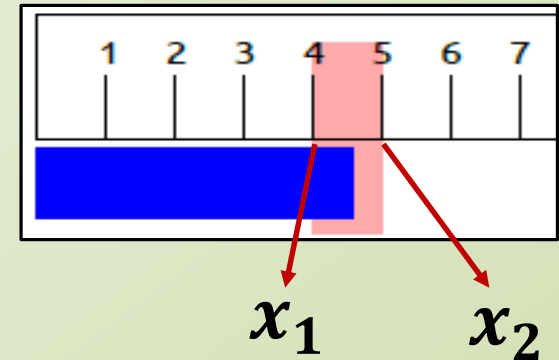
# EL INSTRUMENTO como fuente de incerteza

## Incetidumbre INSTRUMENTAL

### Error de Apreciación ( $\sigma_{ap}$ ):

Lo que puede resolver el observador.

Muchas veces: resolución del instrumento



$$\sigma_{ap} = 2(x_2 - x_1)$$

o

$$\sigma_{ap} = 3(x_2 - x_1)$$

## 1- Si tengo 1 medida

$$x = (\bar{x} \pm \Delta x) Ud.$$



$\bar{x}$  = número leído en el instrumento

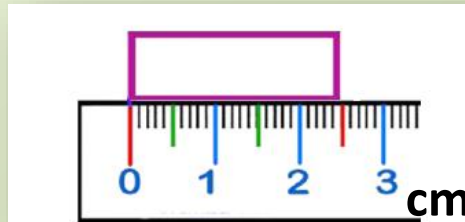


$$\Delta x = \sigma_{ap}$$



$$\sigma_{ap} = 0,01 s$$

$$x = (13,16 \pm 0,01) s$$



$$\sigma_{ap} = 0,1 mm$$

$$x = (2,4 \pm 0,1) mm$$



$$\sigma_{ap} = ? kg$$

$$x = ??$$

## 2 - Si tengo más de 1 medida ... ¿Cómo procedemos?

- ✓ Los resultados de las medidas individuales pueden estar poco o muy dispersas
- ✓ En función de esta dispersión será conveniente aumentar o no el número de mediciones de la magnitud
- ✓ **¿Cuántas** veces repetimos la medición?
  - Mido 3 veces ( $x_1, x_2, x_3$ ) y calculo el **valor medio**  $\bar{x}$
  - Calculo el Rango  **$R$** : la diferencia entre el valor máximo y el mínimo.  
$$R = x_{Max} - x_{min}$$
  - Calculo “cuánto pesa porcentualmente  $R$  para  $\bar{x}$ ”: 
$$P = \frac{R}{\bar{x}} 100$$

“cuánto pesa porcentualmente  $R$  para  $\bar{x}$ ”:

$$P = \frac{R}{\bar{x}} 100$$

Si $P$ ...	N° de medidas necesarias
A) Con 3 medidas: Si $P \leq 2\%$	Suficiente hacer 3 medidas
B) Con 3 medidas: Si $2\% < P \leq 8\%$	Hacer 3 medidas más, hasta tener 6
C) Con 6 medidas: Si $8\% < P \leq 15\%$	Seguir midiendo hasta tener 15 medidas
D) Con 15 medidas: Si $P > 15\%$	Tomar un mínimo de 50 medidas

Si $P$ ...	Incerteza Absoluta
Si 3 medidas son suficiente	$\Delta x = \sigma_{ap}$
Si debo tomar 6 medidas	$\Delta x = \text{máx}\left(\frac{R}{4}, \sigma_{ap}\right)$
Si debo tomar más de 15 medidas	Ya veremos ....

$$\Delta x = \text{máx}\left(\frac{R}{4}, \sigma_{ap}\right)$$



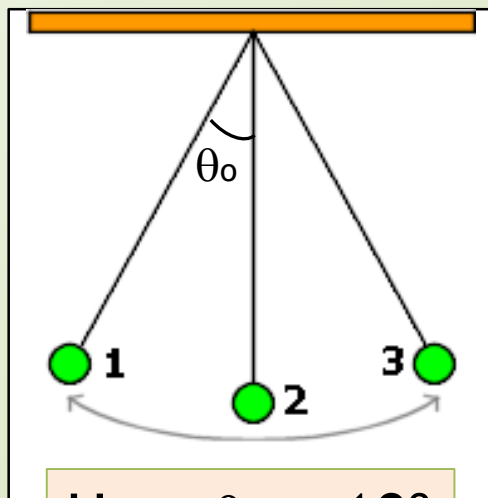
Se calcula  $R$  y se lo divide por 4. Se compara  $R/4$  con  $\sigma_{ap}$ ,  $\Delta x$  será el mayor de ambos

MEDICIÓN DEL PERÍODO DE UN PÉNDULO  $T$ 

Armar un péndulo simple de 50 cm de largo

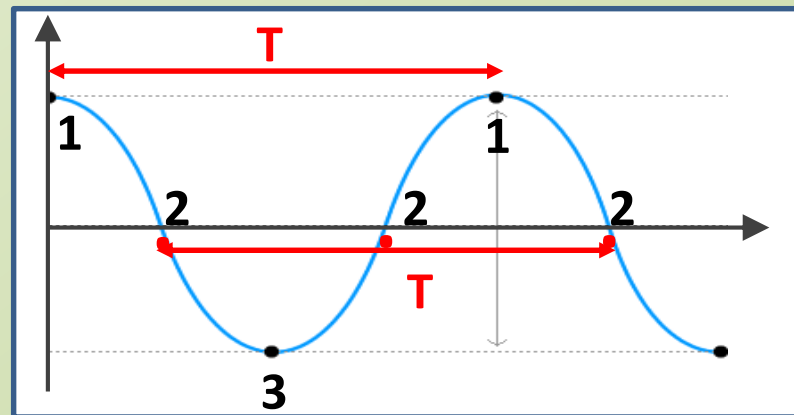
- Cada integrante tome 3 medidas del período del péndulo  $T$  usando un cronómetro.

## Período del péndulo



Usar  $\theta_0 < 10^\circ$

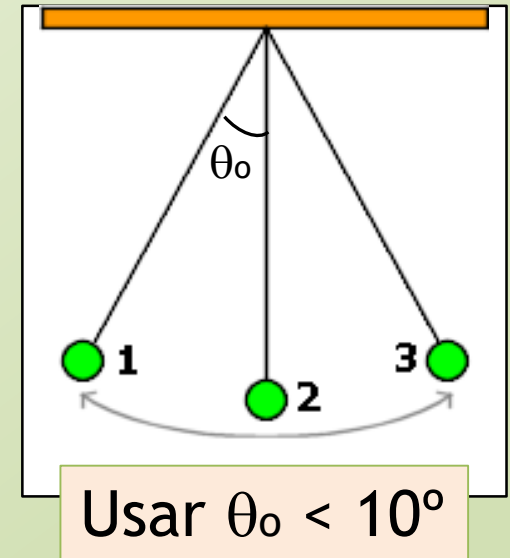
*Tiempo que tarda el péndulo en partir desde uno de sus extremos de amplitud (1), pasar por el punto de equilibrio (2), llegar al otro extremo de amplitud (3) y regresar nuevamente al primer punto (1)*



MEDICIÓN DEL PERÍODO DE UN PÉNDULO  $T$ 

- ¿Será  $\Delta t = \sigma_{ap}$ ? ¿A qué caso creen que se asemeja el experimento: ¿2A o 2B?
- Independientemente de lo que obtengan, cada integrante del grupo tome **40 medidas** del período ( $N = 40$ ) usando un **cronómetro**.
- Vamos a **OBSERVAR** la forma de **distribución de los datos**

## Período del péndulo

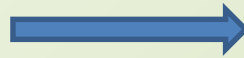




# Representación gráfica de los resultados

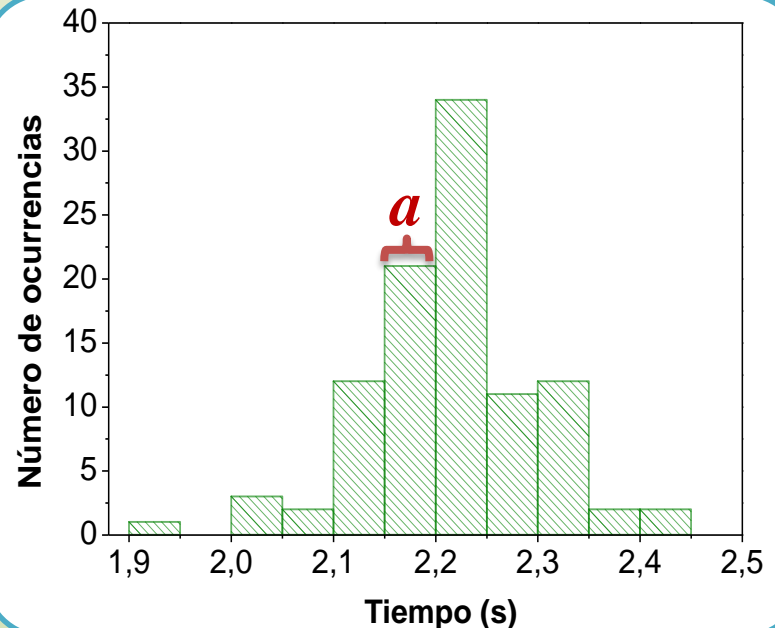
$x: x_1, x_2, \dots, x_j, \dots, x_N$

**Histograma**



Representación gráfica en coordenadas cartesianas de la distribución de datos

- Número total de medidas:  $N$
- Rango:  $[x_{\min}, x_{\max}]$
- Clase (bin)/N° de columnas:  $C$
- 1<sup>er</sup> intervalo:  $[x_{\min}, x_{\min+a}]$
- Último intervalo:  $(x_{\max-a}, x_{\max}]$



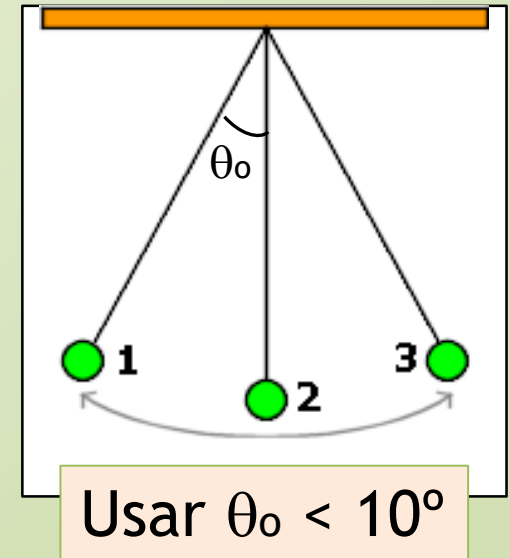
Regla de **Sturges**:

$$C = 1 + \log_2(N) = 1 + 3,322 \ln(N)$$

## MEDICIÓN DEL PERÍODO DE UN PÉNDULO

- ¿Será  $\Delta t = \sigma_{ap}$ ? ¿A qué caso creen que se asemeja el experimento: ¿2A o 2B?
- Independientemente de lo que obtengan, cada integrante del grupo tome **40 medidas** del período (**N = 40**) usando un **cronómetro**.
- Vamos a **OBSERVAR** la forma de **distribución de los datos**
- Realicen los **3 Histogramas** de los datos obtenidos del período del péndulo (**N = 40**), uno por cada integrante.

## Período del péndulo



# ENTREGA EL MIERCOLES 23-8 A LAS 8 H

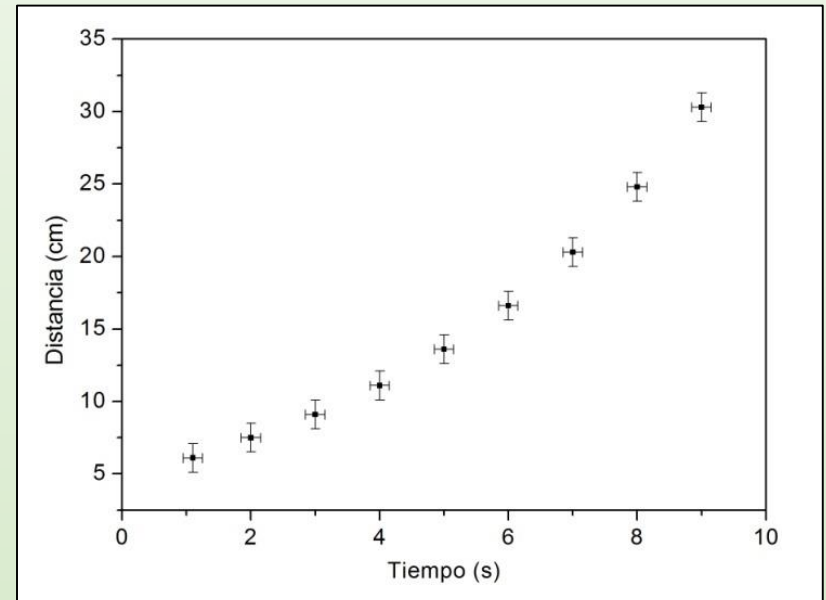
- Escriban los 3 datos de  $T$ , el valor más representativo de  $T$  con esos 3 datos y el resultado de  $P$  Discuta a qué caso creen que se asemeja el experimento: ¿2A o 2B?
- Coloque 3 Figuras:
  - Figura 1.** Presente el histograma de los datos del integrante 1.
  - Figura 2.** Presente el histograma de los datos del integrante 2.
  - Figura 3.** Presente el histograma de los datos del integrante 3.
- Muy breve discusión comparativa de las Figuras

# IMPORTANTE!!! **FORMATO DE LAS FIGURAS**

**VER** el formato de una Figura en la Planilla de Informe

## Ejemplo, Figura 3:

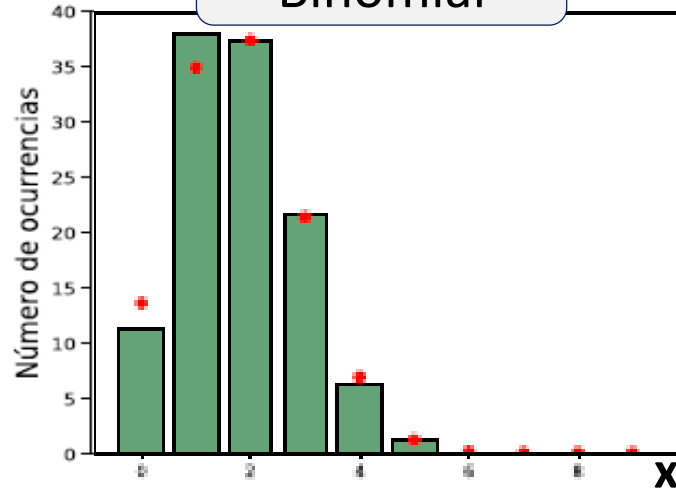
- ✓ Ejes con Nombre y Unidades
- ✓ Debajo de la Figura: Número de Figura y Leyenda conteniendo lo que muestra la Figura.



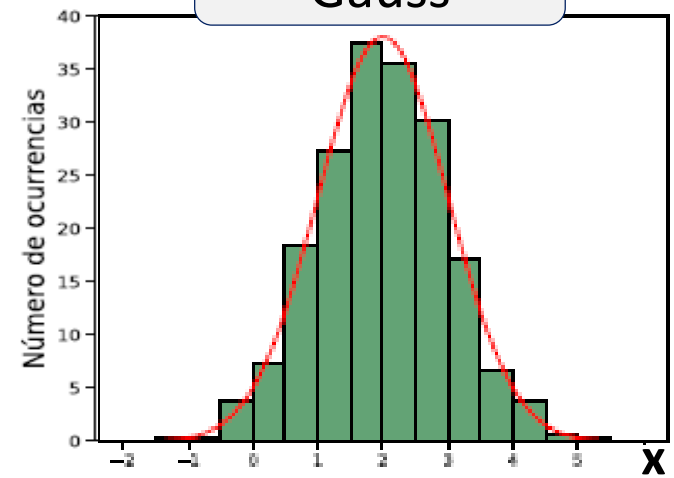
**Figura 3.** Dependencia de la distancia en función del tiempo para el móvil 1.

# Ejemplos de distribuciones

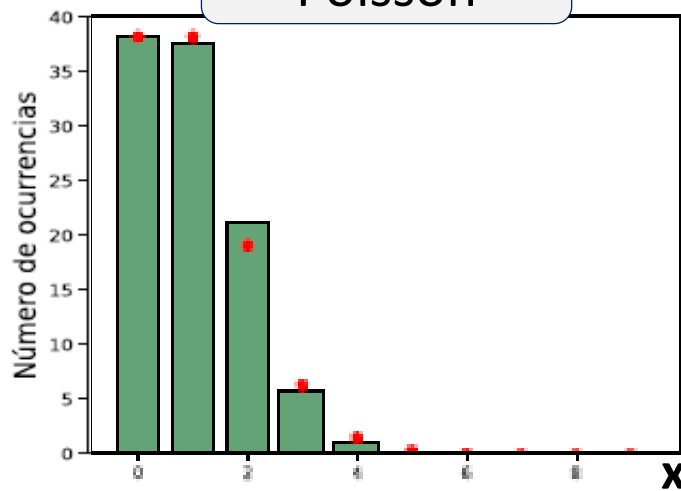
## Binomial



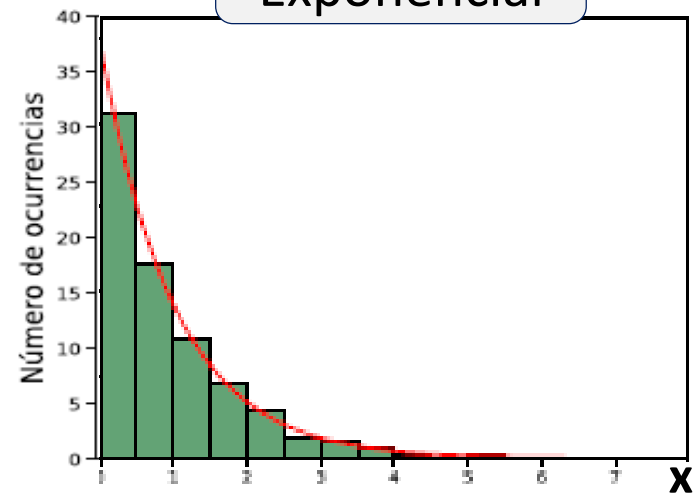
## Gauss



## Poisson

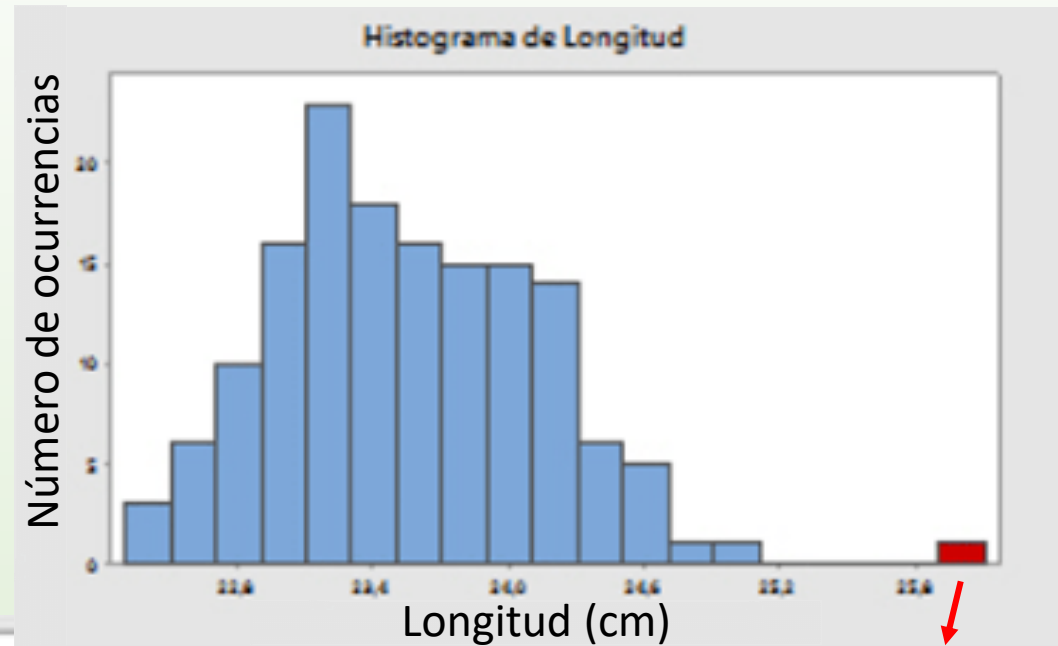
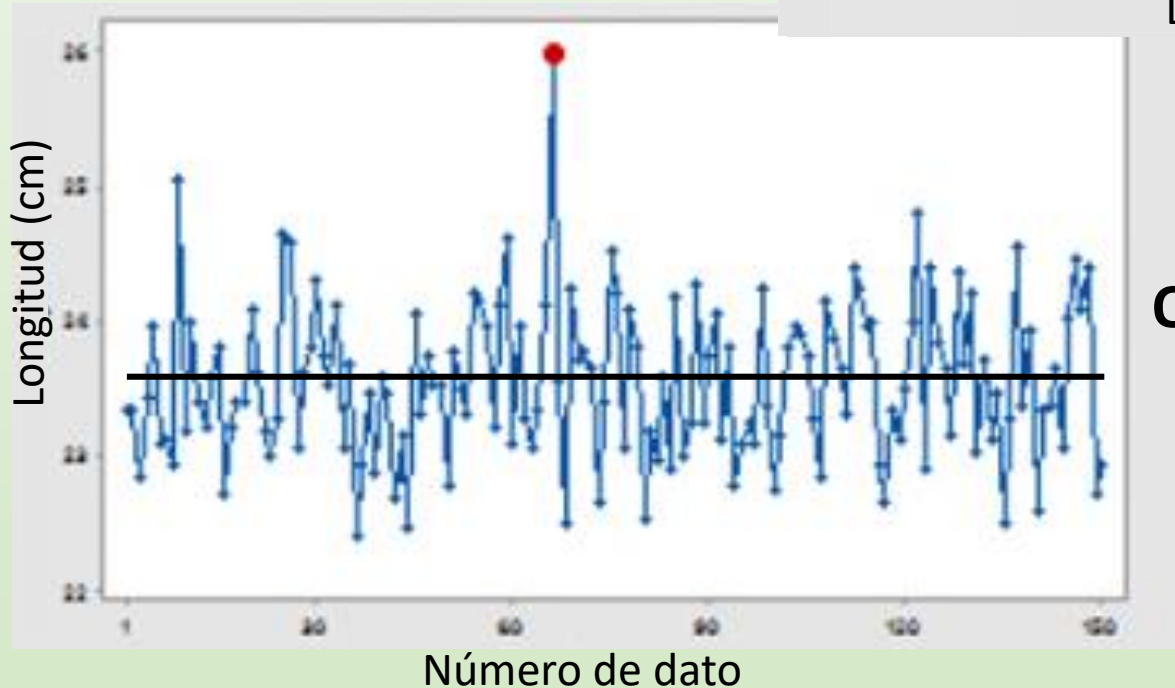


## Exponencial



# Cuánta info me da un Histograma!

Un Ejemplo con los datos ordenados de menor a mayor



**Medida  
"raras"**

**Oscila alrededor  
de la Media**

# Distribución de Probabilidades

Supongamos que tomamos  $N$  mediciones de una MF  $\rightarrow \{x_1, x_2, \dots, x_i, \dots, x_N\}$

## ¿Cómo se distribuyen los datos?

Tirar un **dado**  $N = 100$  veces

Medición #	Cara del dado
1	2
2	6
3	1
...	...
99	4
100	1



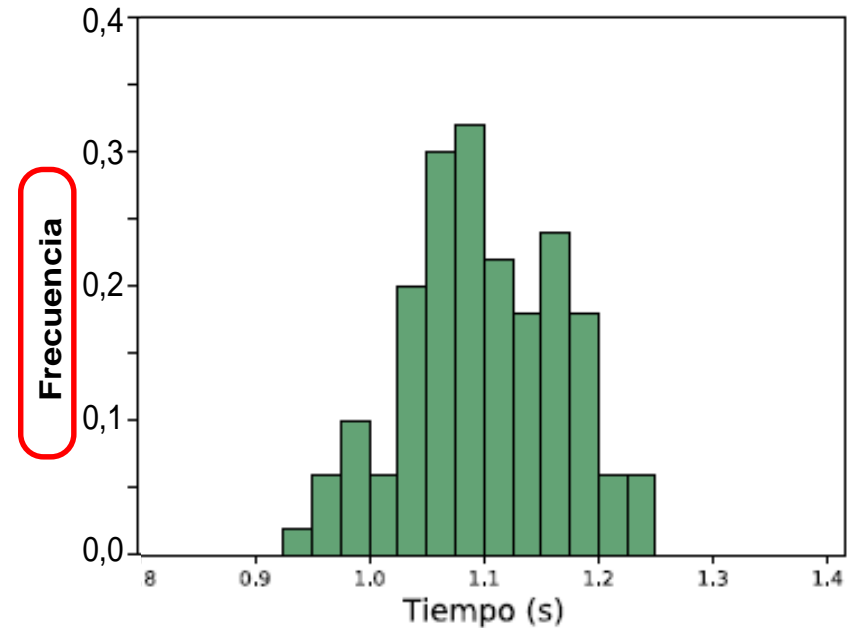
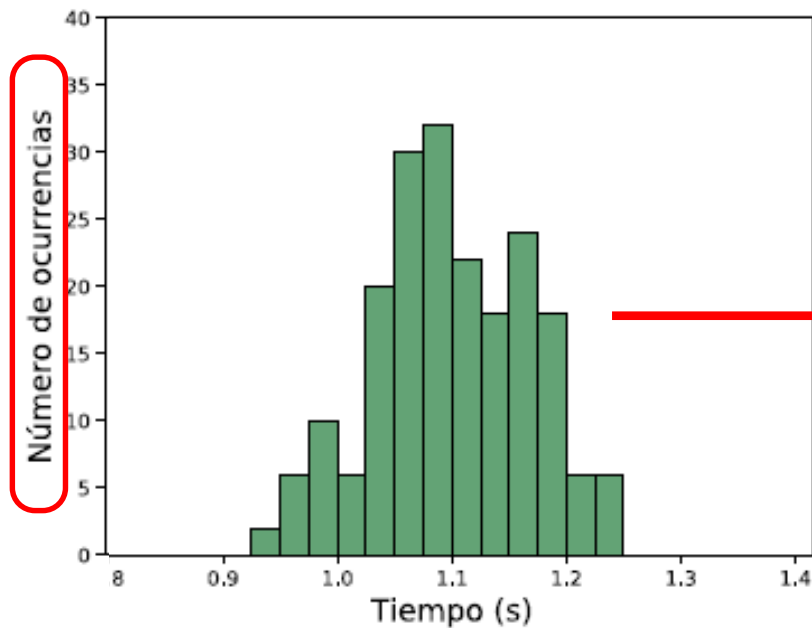
Medir el **período de un faro**  $N = 100$  veces

Medición #	Tiempo (s)
1	1,02
2	0,98
3	1,07
...	...
99	1,22
100	1,10



# Para poder comparar Histogramas

$$\frac{N^{\circ} \text{ Ourrencias}}{N} = \text{Frecuencia}$$



Condición de Normalización

$$\sum_j \text{Número de ocurrencias}_j = N$$

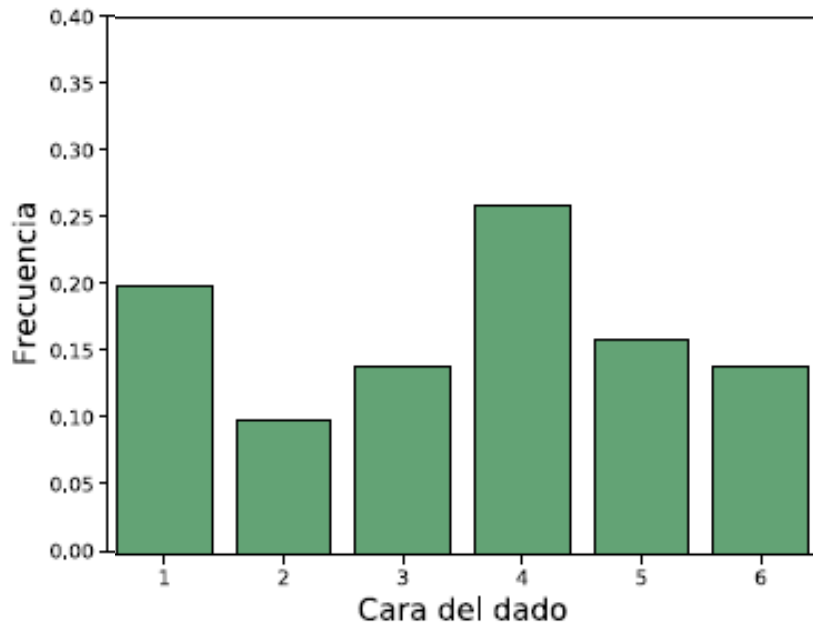
$$\sum_j F_j = 1$$



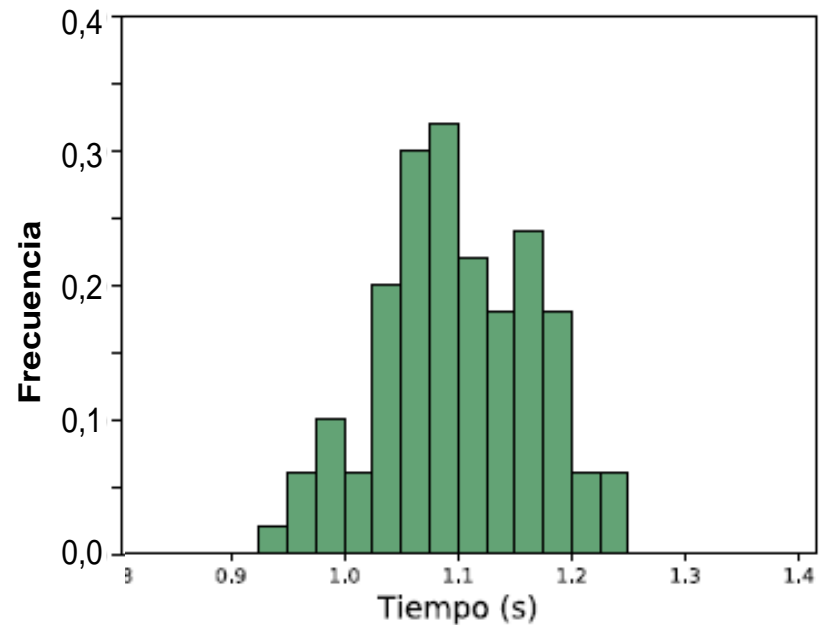
# Distribución de Probabilidades

## ¿Cómo se distribuyen los datos?

Tirar un **dado N = 100 veces**



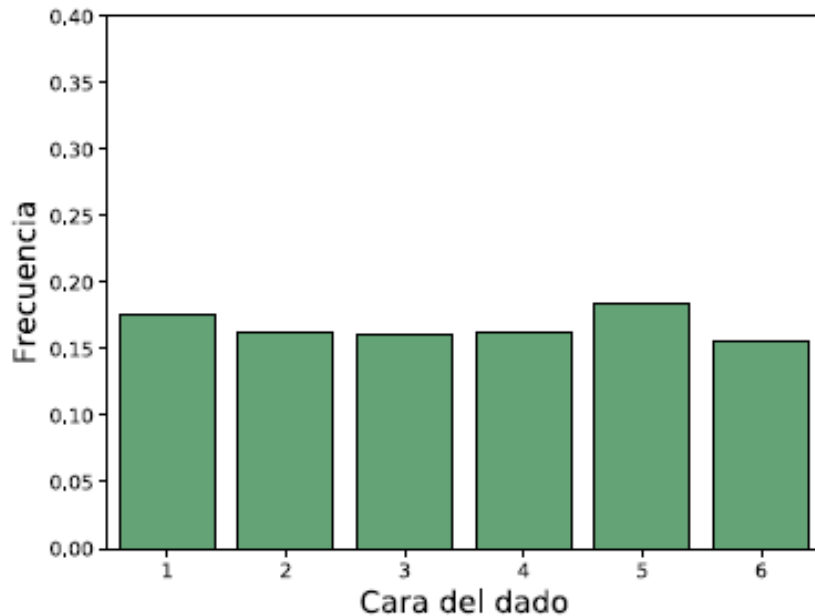
Medir el **período de un faro N = 100 veces**



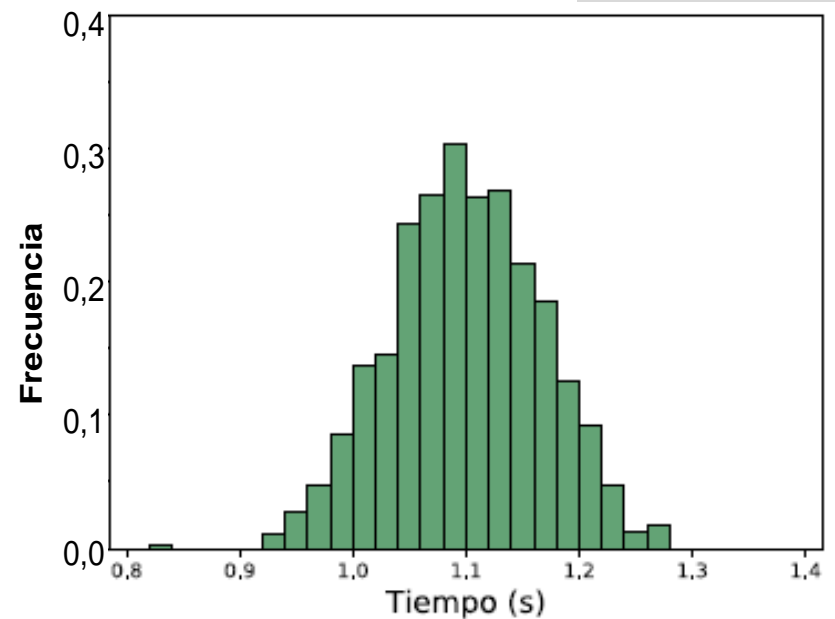
# Distribución de Probabilidades

## ¿Cómo se distribuyen los datos?

Tirar un dado  $N = 1000$  veces



Medir el período de un faro  $N = 1000$  veces



# Distribución de Probabilidades

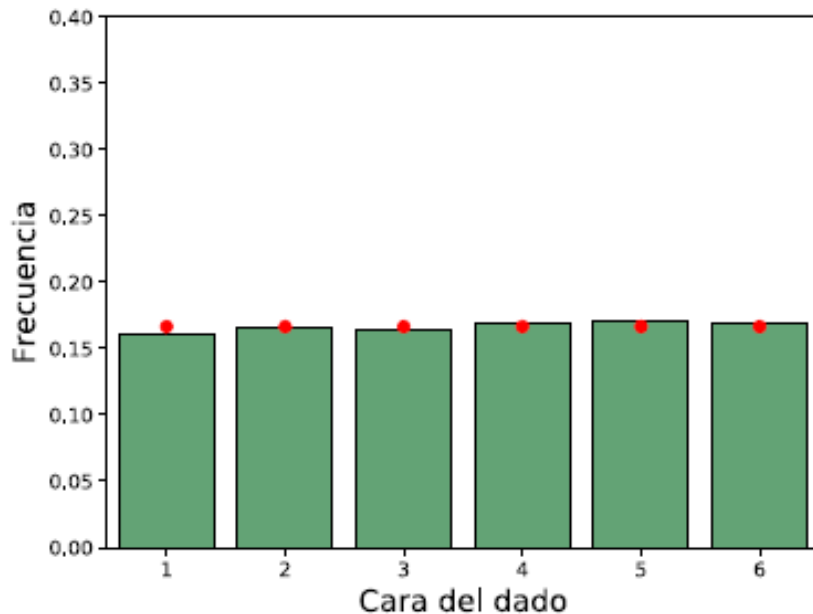
## ¿Cómo se distribuyen los datos?

Tirar un dado  $N = 10000$  veces

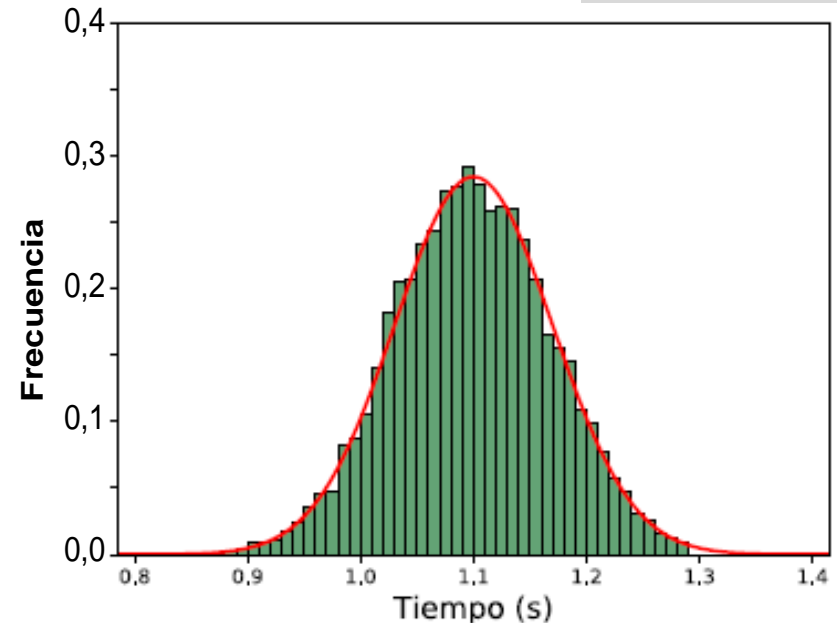
Medir el período de un faro  $N = 10000$  veces

### Distribución de probabilidades

$N = 10000$



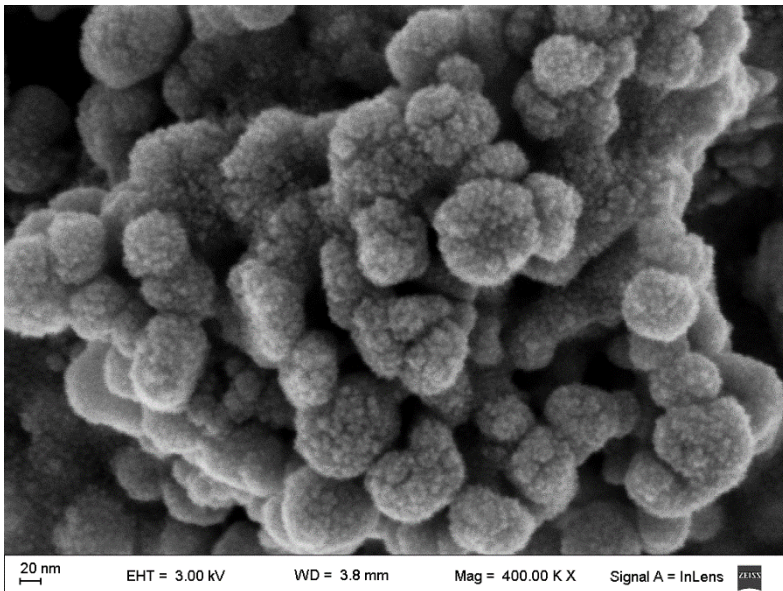
Discreto



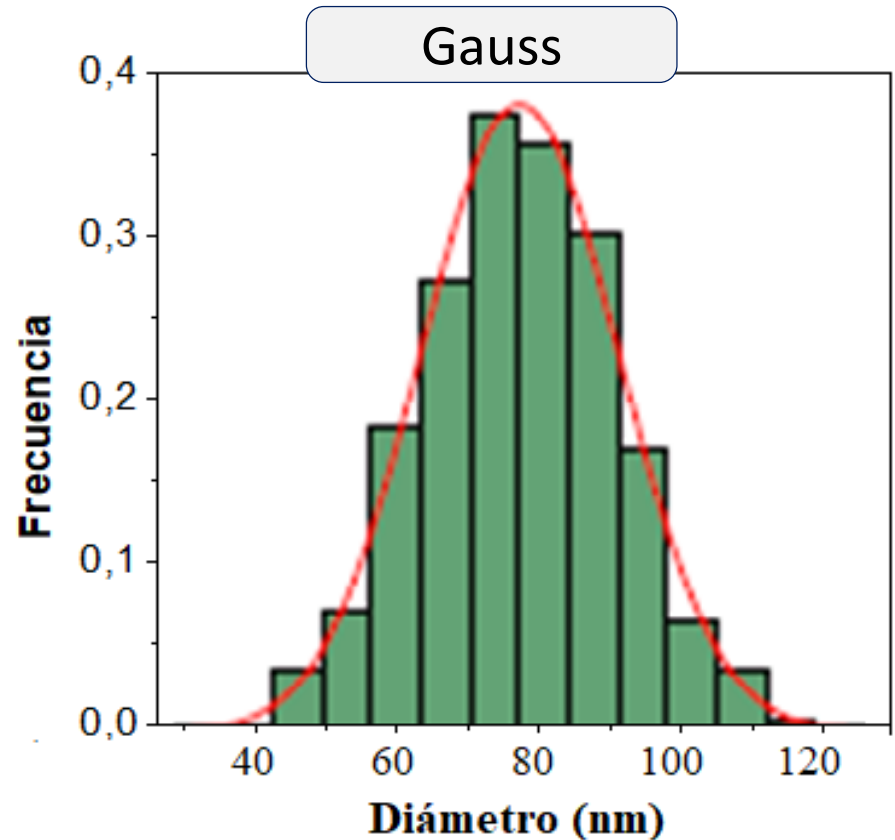
Continuo

# Distribución Gaussiana

## Microscopía electrónica de barrido (SEM)



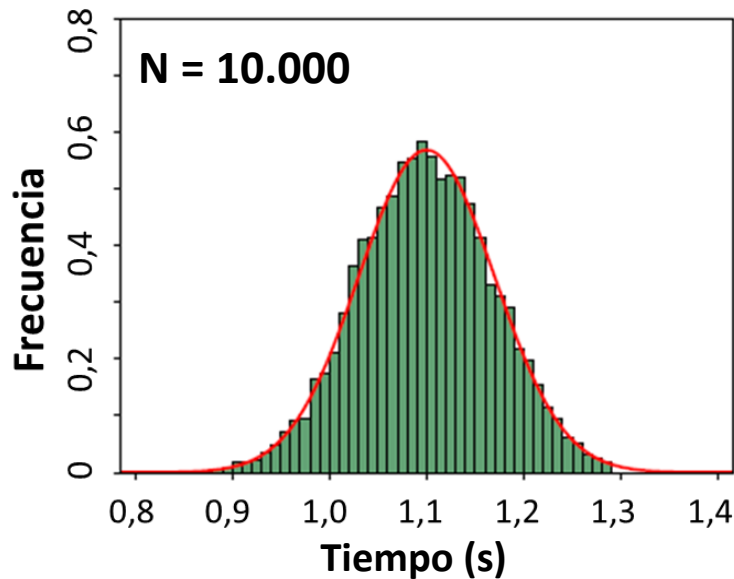
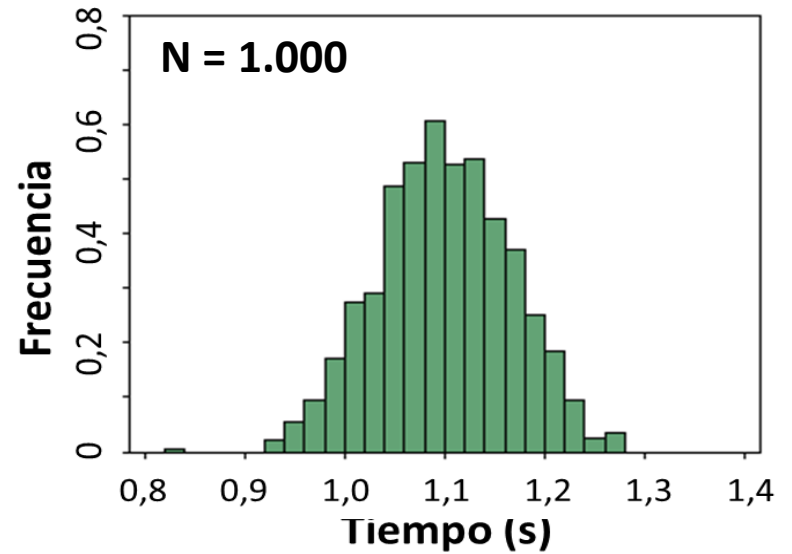
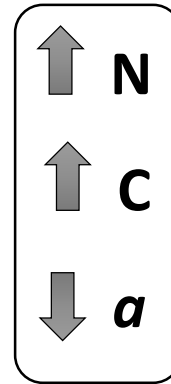
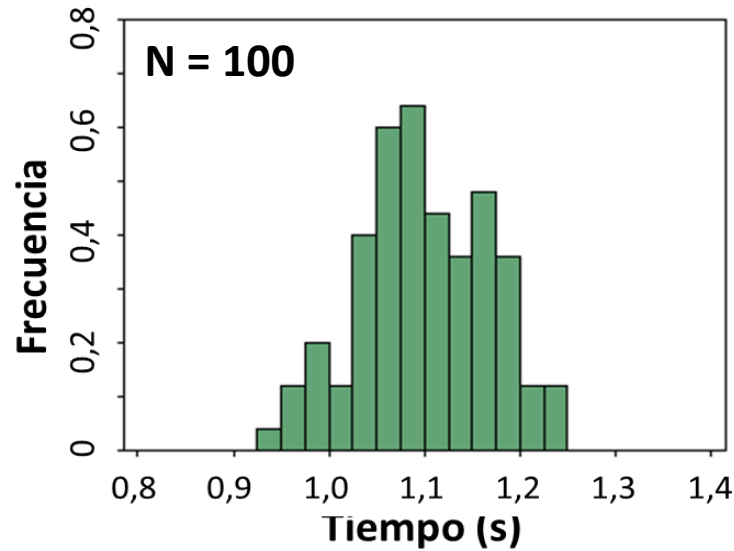
Nanopartículas de Plata sintetizadas con almidón (AgNP). Trabajo del LP&MC



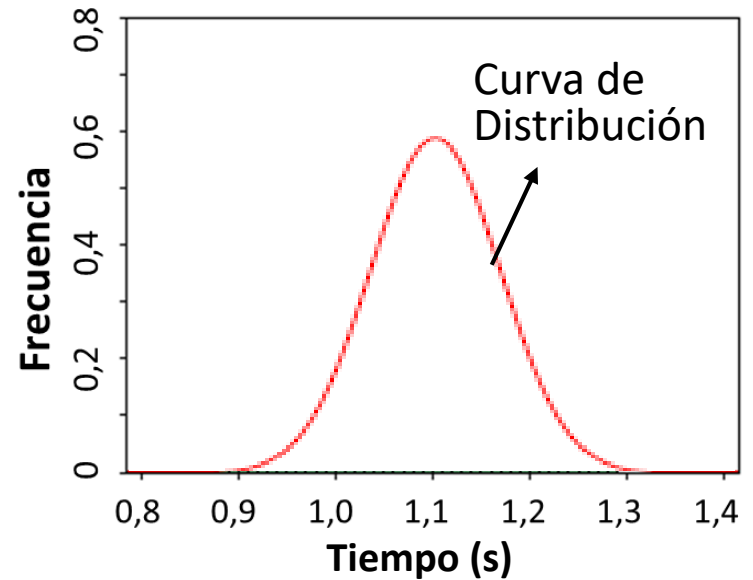
# ¿Si aumenta N?

$$C = 1 + 3,322 \ln(N)$$

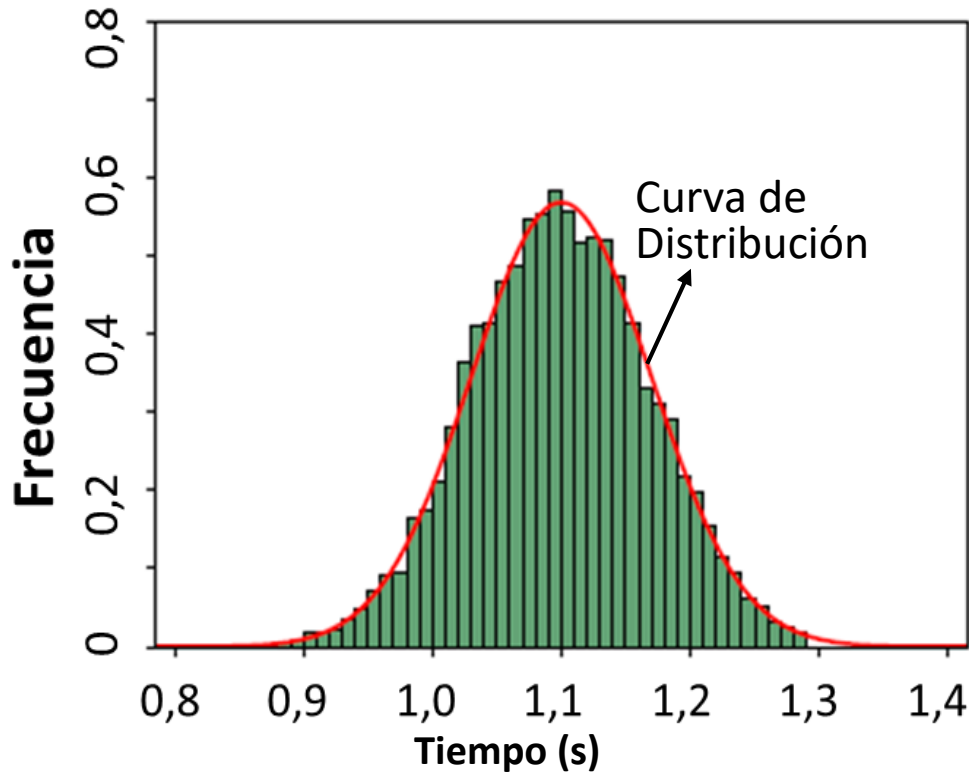
Regla de Sturges



$N \rightarrow \infty$   
 $a \rightarrow dt$



# ¿Si aumenta N?



$$N \rightarrow \infty$$



$$a \rightarrow dt$$



$$F_i \rightarrow f(t)dt$$

$f(t)$ : Función de distribución de probabilidades

Condición de Normalización

$$\sum_i F_i = 1 \rightarrow \int_{-\infty}^{+\infty} f(t)dx = 1$$