



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



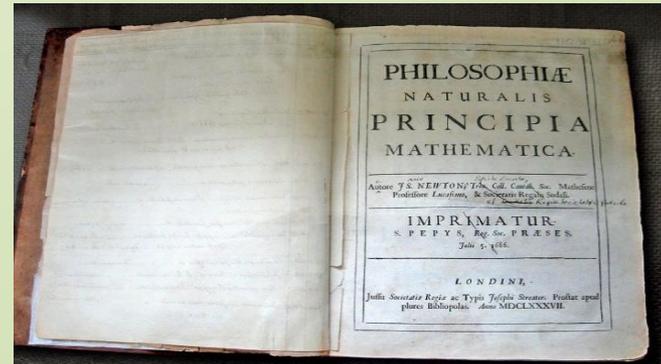
Isaac Newton
(1643-1727)

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

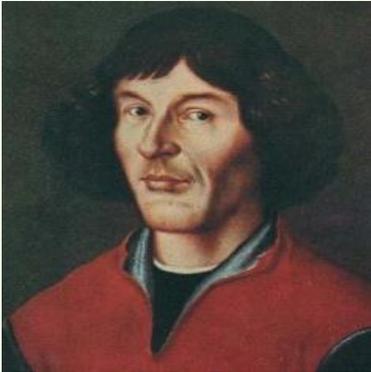
$$F = \frac{G M m}{d^2}$$



Philosophiæ Naturalis Principia Mathematica Isaac Newton (1687)

Un poco de Historia ...

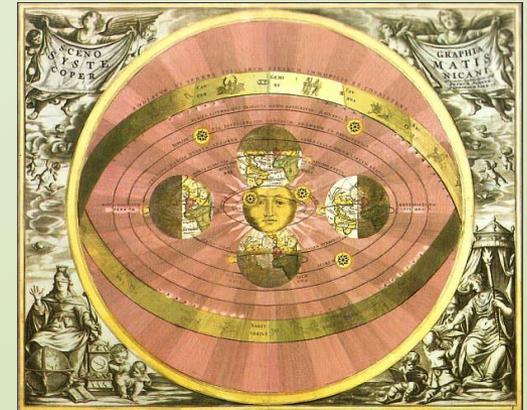
Los planetas y ... la fuerza gravitatoria



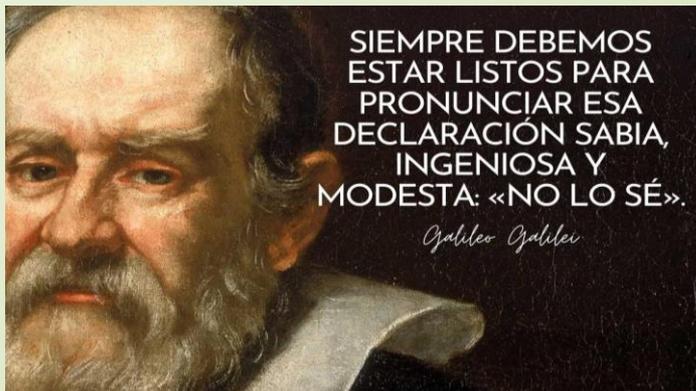
Nicolás Copérnico
(1473-1543)

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

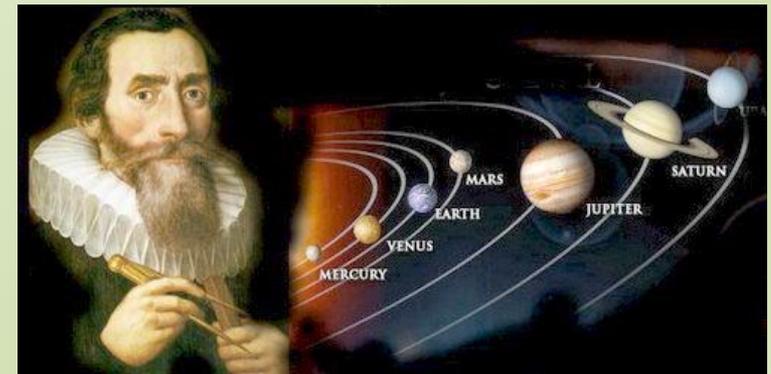
Sistema Heliocéntrico de
Copérnico



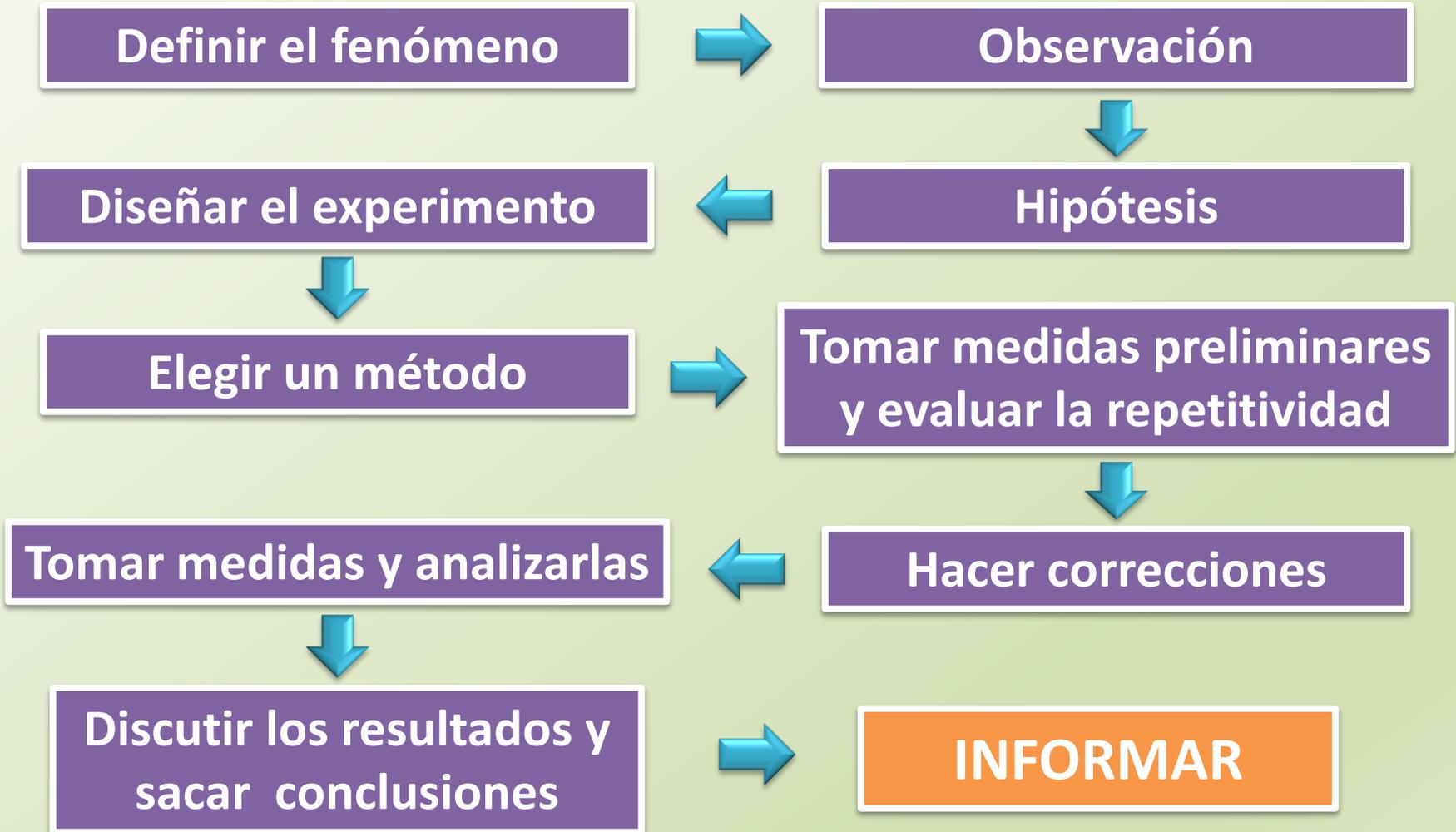
Johannes Kepler (1571-1630)



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

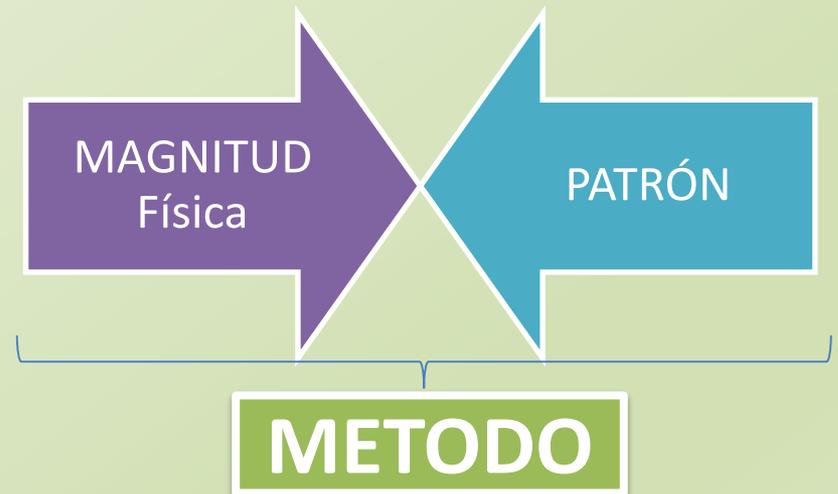
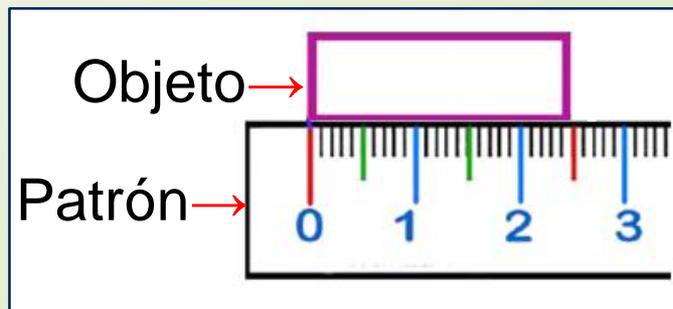


EXPERIMENTO

¿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>

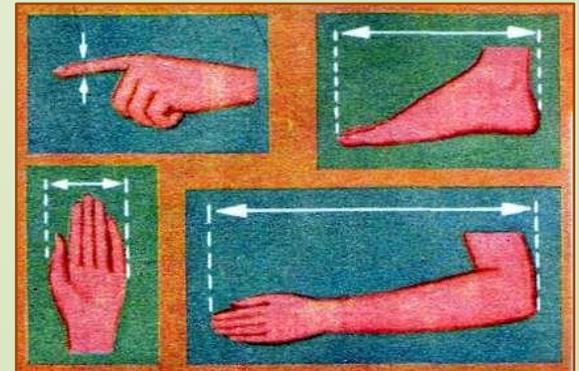
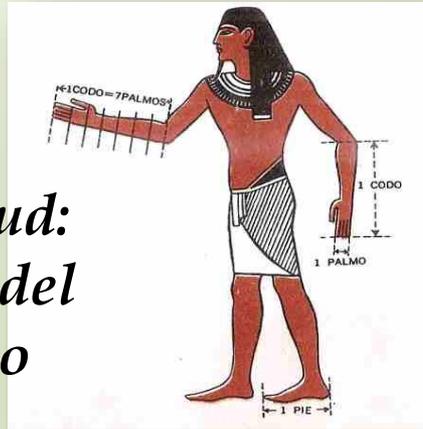
En noviembre de 2018 se aprobó la mayor revisión del **Sistema Internacional de Unidades (SI)** desde su creación (1960). El principal cambio es que a partir de ahora todas las unidades se definen en base a constantes de referencia, como la velocidad de la luz para el metro y la constante de Planck para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

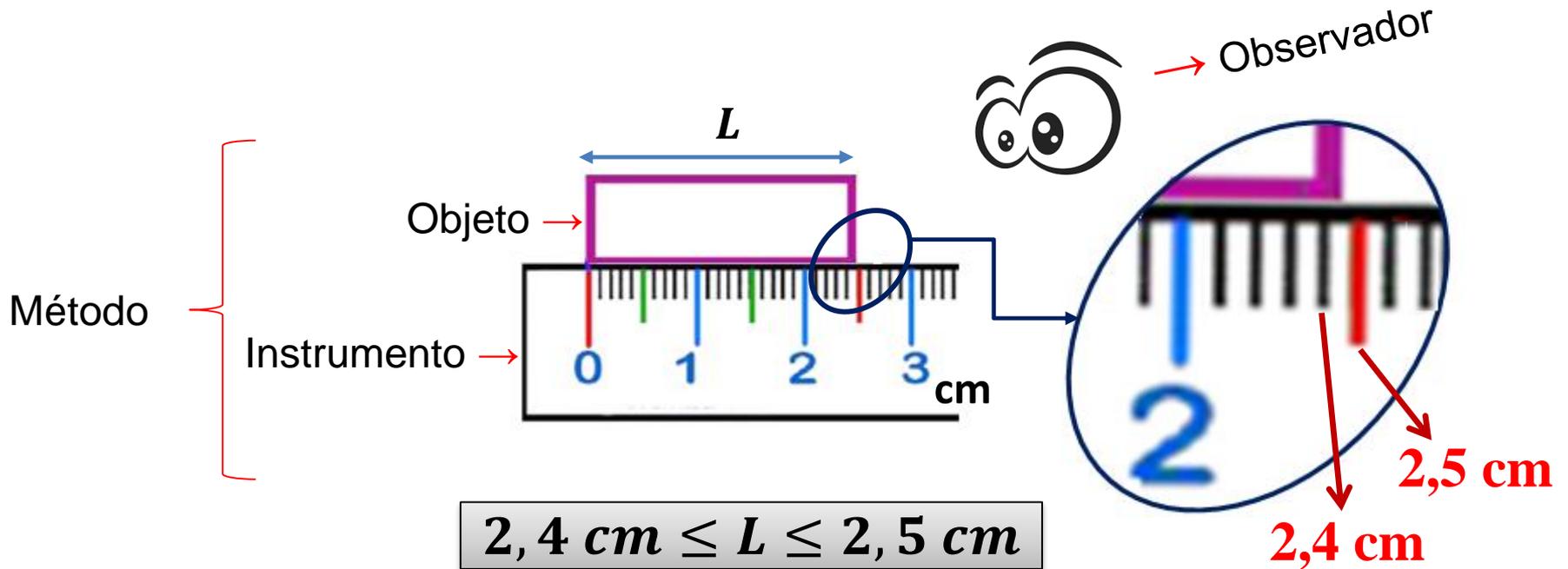


Tiempo: SOL



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)

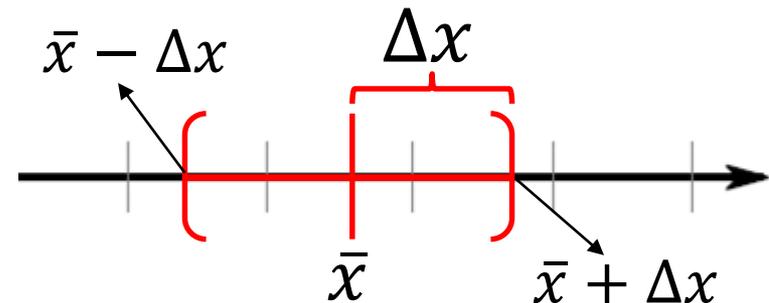
Δx : Incerteza Absoluta

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)

Δx : Incerteza Absoluta

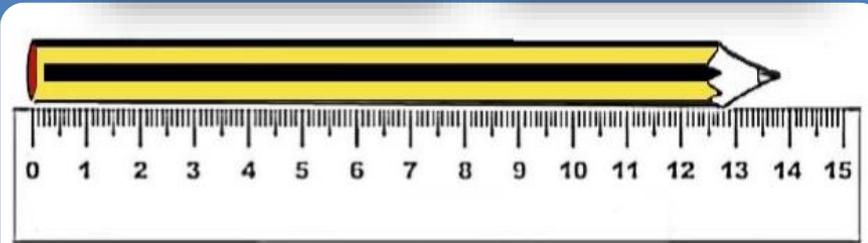
**Fuentes de
incertezas**

Clases de Mediciones

Directas (MD)

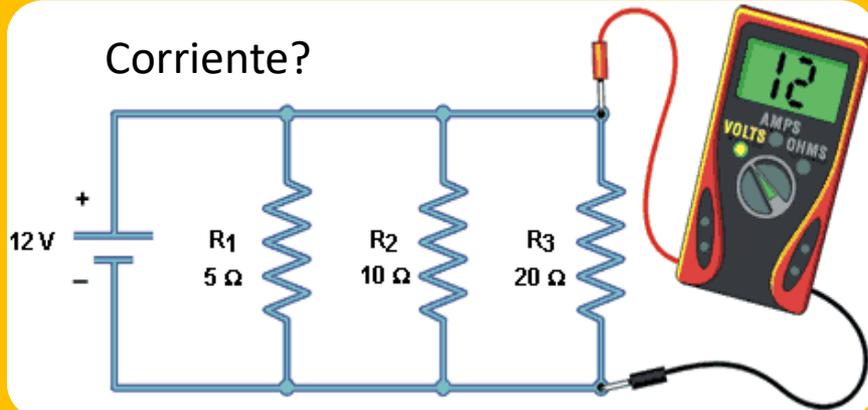
La medida deseada se obtiene de la lectura del instrumento

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)

Δx : Incerteza o error Absoluto

Mediciones Directas (MD)

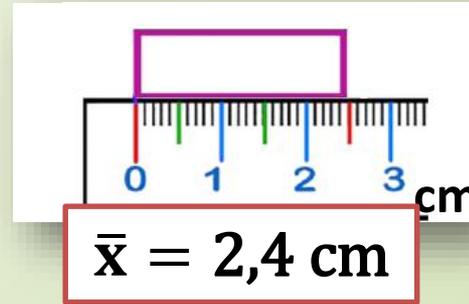
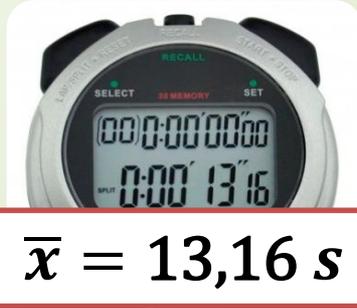
MD

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 (Δx)

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*

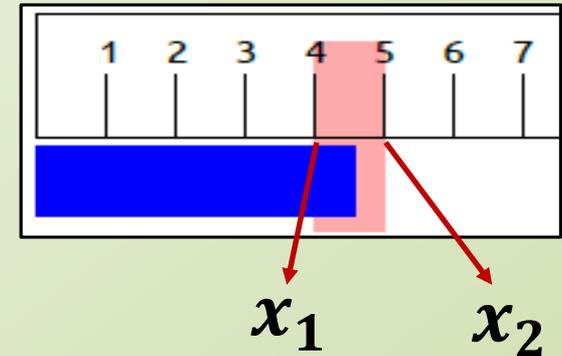
EL INSTRUMENTO como fuente de incerteza

Incetidumbre INSTRUMENTAL

Error de Apreciación (σ_{ap}):

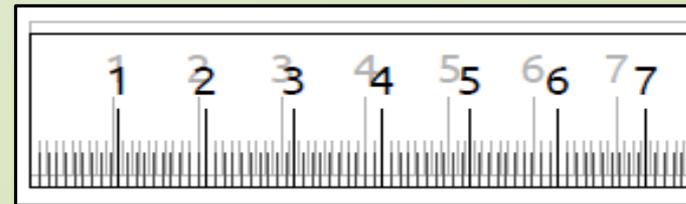
Lo que puede resolver el observador.

Muchas veces: resolución del instrumento



Error de Exactitud (σ_{ex}):

Asociado con el error de calibración del instrumento



Incetidumbre instrumental

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

o

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

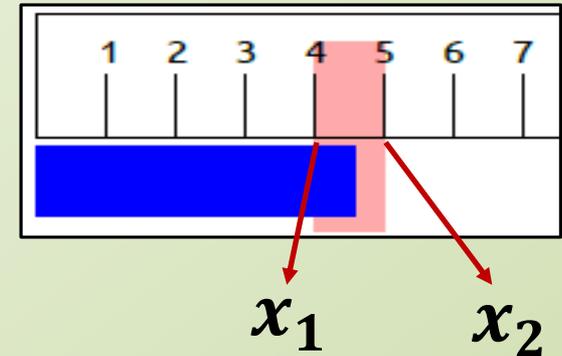
EL INSTRUMENTO como fuente de incerteza

Incetidumbre INSTRUMENTAL

Error de Apreciación (σ_{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

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



\bar{x} = número leído en el instrumento

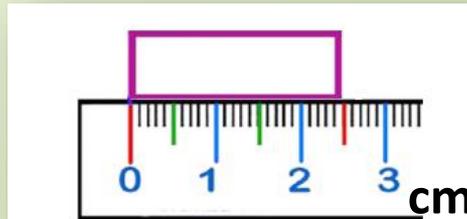


$$\Delta x = \sigma_{ap}$$



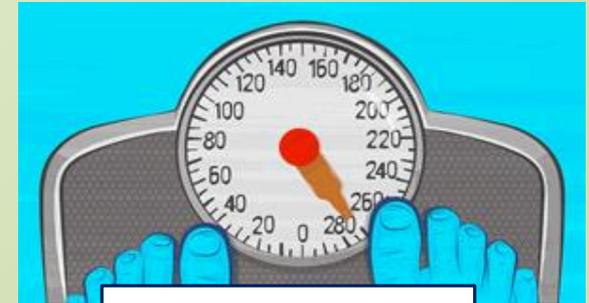
$$\sigma_{ap} = 0,01 \text{ s}$$

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



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

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



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

$$x = ??$$

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

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



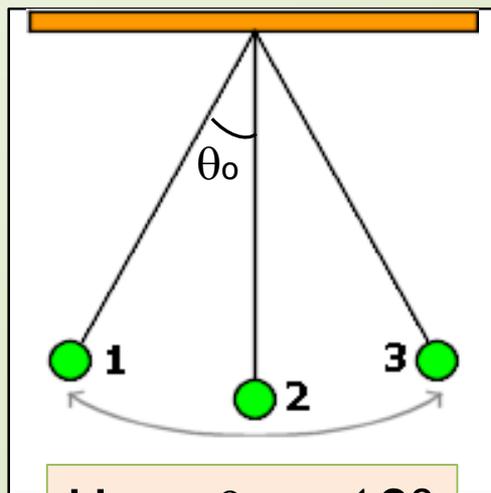
Se calcula R y se lo divide por 4. Se compara $R/4$ con σ_{ap} , Δx será el mayor de ambos

MEDICIÓN DEL PERÍODO DE UN PÉNDULO T

Armar un péndulo simple de 50 cm de largo

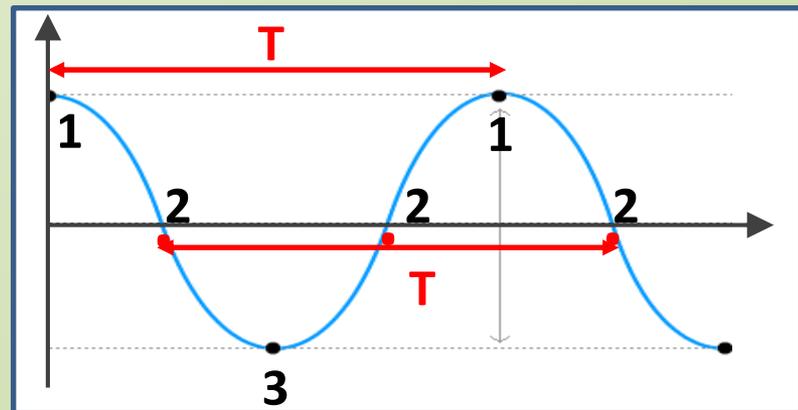
- Cada integrante tome 3 medidas del período del péndulo T usando un cronómetro.

Período del péndulo



Usar $\theta_0 < 10^\circ$

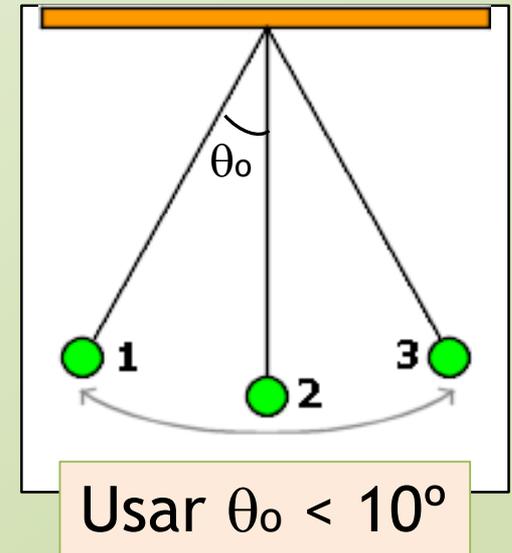
Tiempo que tarda el péndulo en partir desde uno de sus extremos de amplitud (1), pasar por el punto de equilibrio (2), llegar al otro extremo de amplitud (3) y regresar nuevamente al primer punto (1)



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

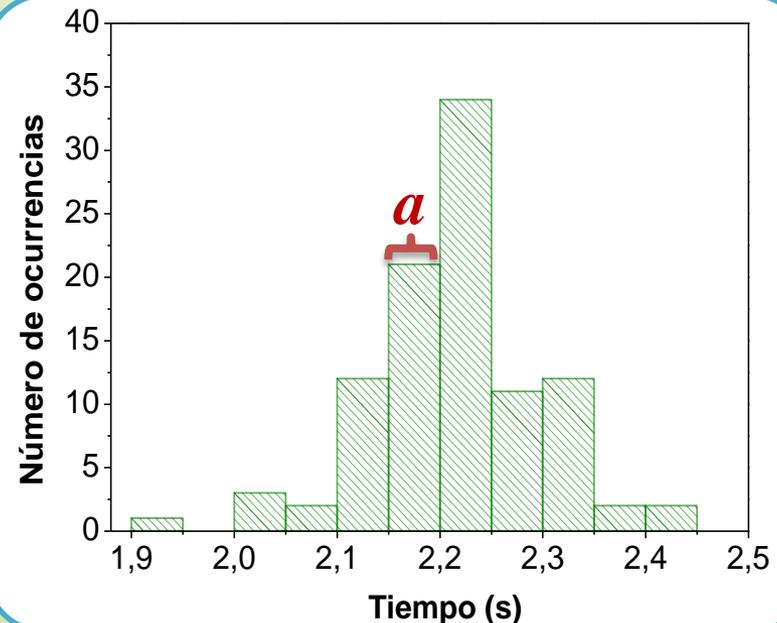
$x: x_1, x_2, \dots, x_j, \dots, x_N$

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^{er} intervalo: $[x_{\min}, x_{\min+a}]$
- Último intervalo: $(x_{\max-a}, x_{\max}]$



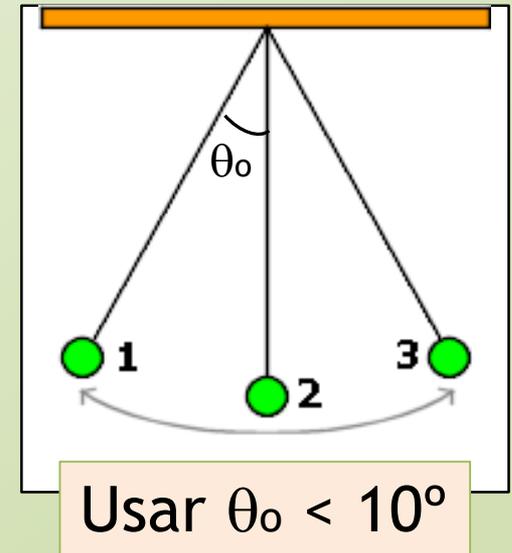
Regla de **Sturges**:

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

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.

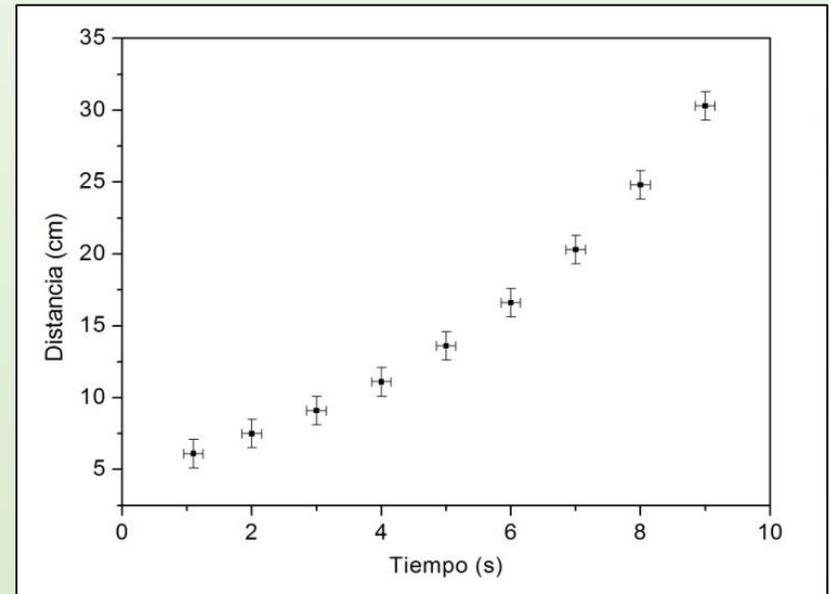
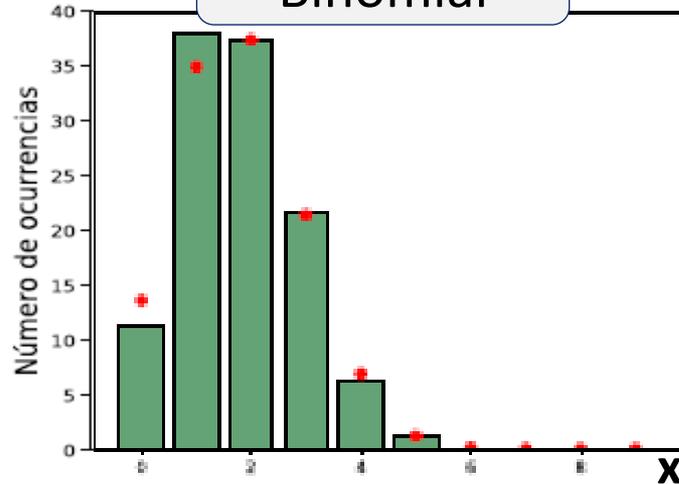


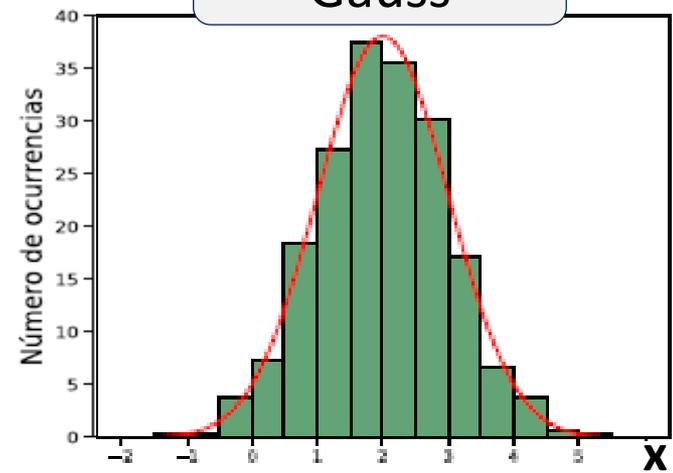
Figura 3. Dependencia de la distancia en función del tiempo para el móvil 1.

Ejemplos de distribuciones

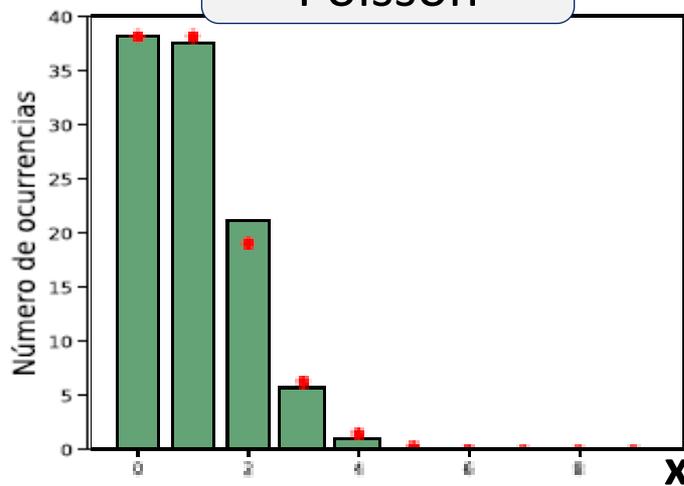
Binomial



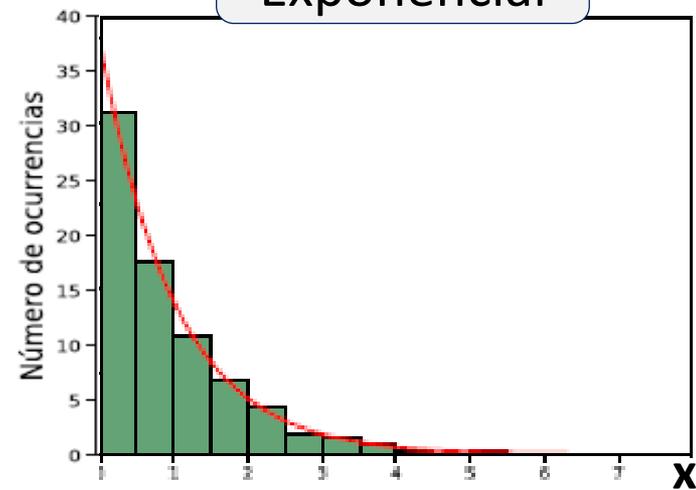
Gauss



Poisson

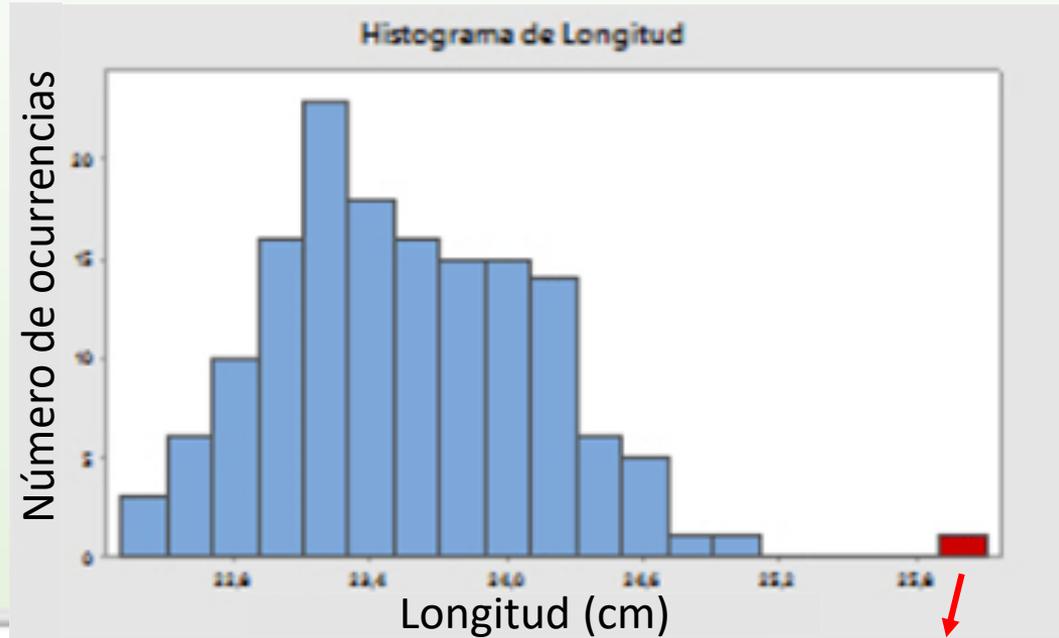


Exponencial



Cuánta info me da un Histograma!

Un Ejemplo con los datos ordenados de menor a mayor



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



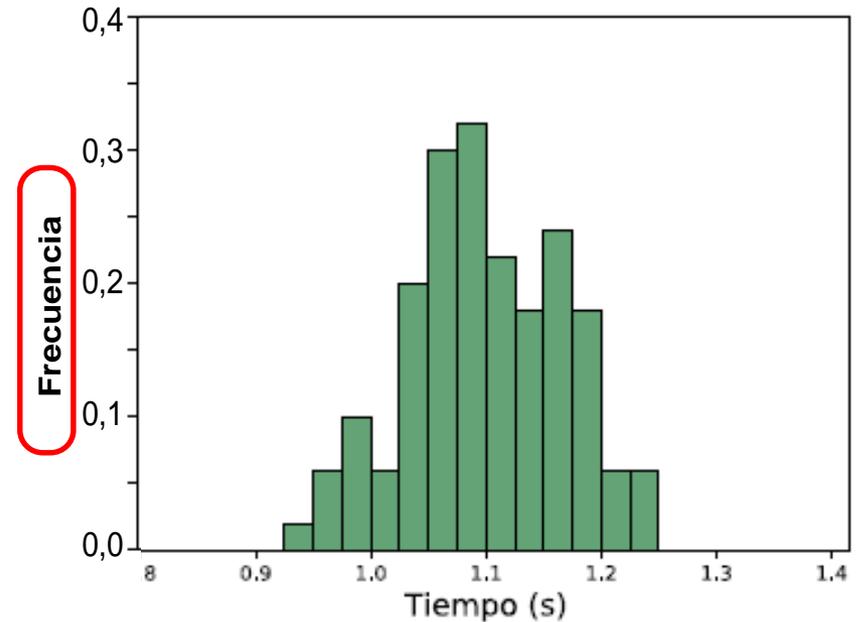
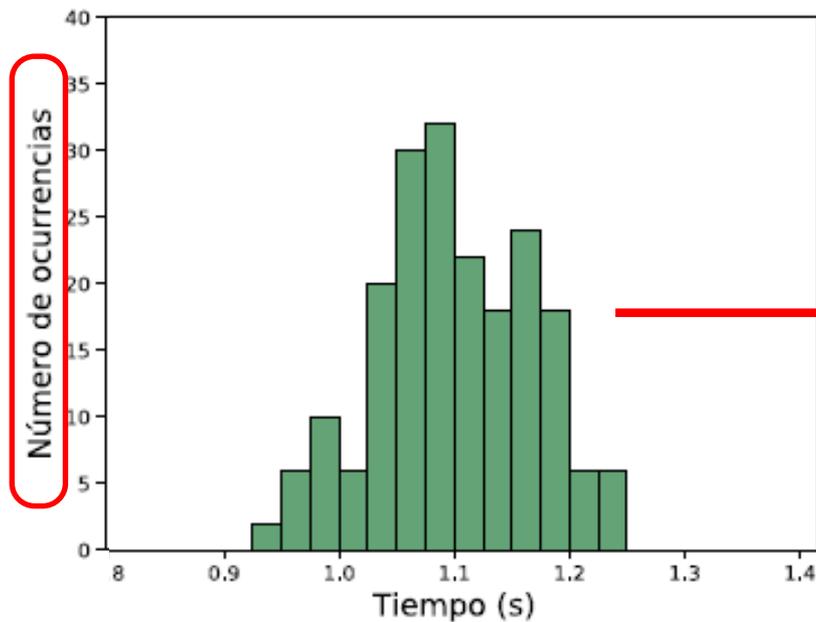
Medir el **período de un faro** $N = 100$ veces

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

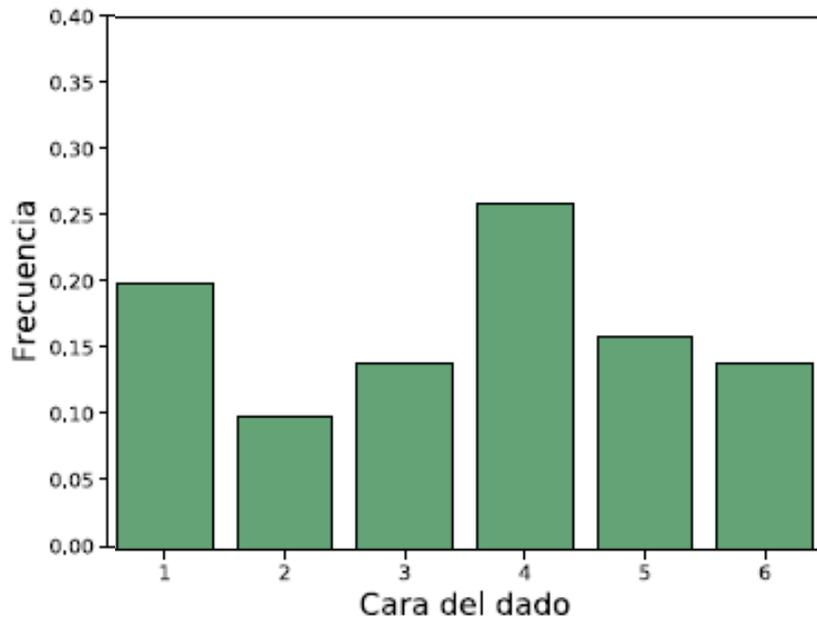
$$\sum_j \text{Número de ocurrencias}_j = N$$

$$\sum_j F_j = 1$$

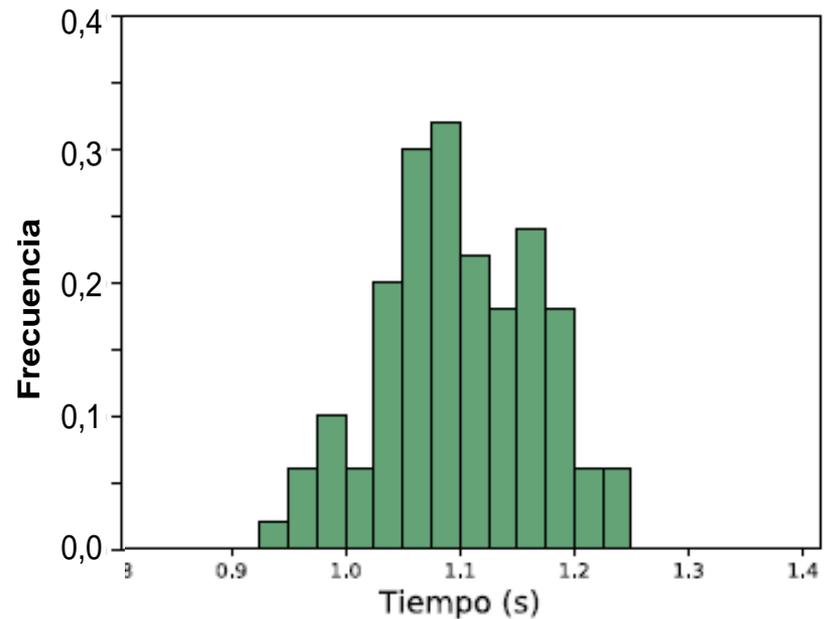
Distribución de Probabilidades

¿Cómo se distribuyen los datos?

Tirar un **dado N = 100 veces**



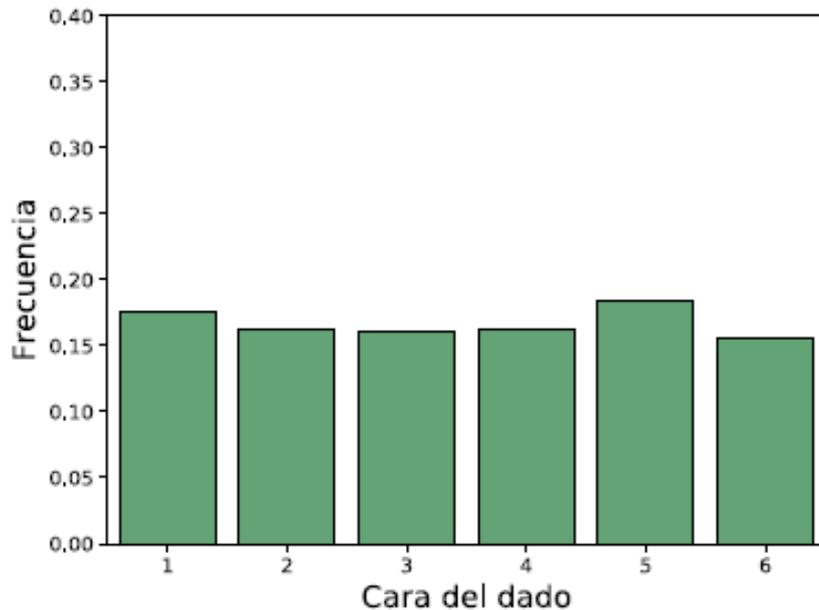
Medir el **período de un faro N = 100 veces**



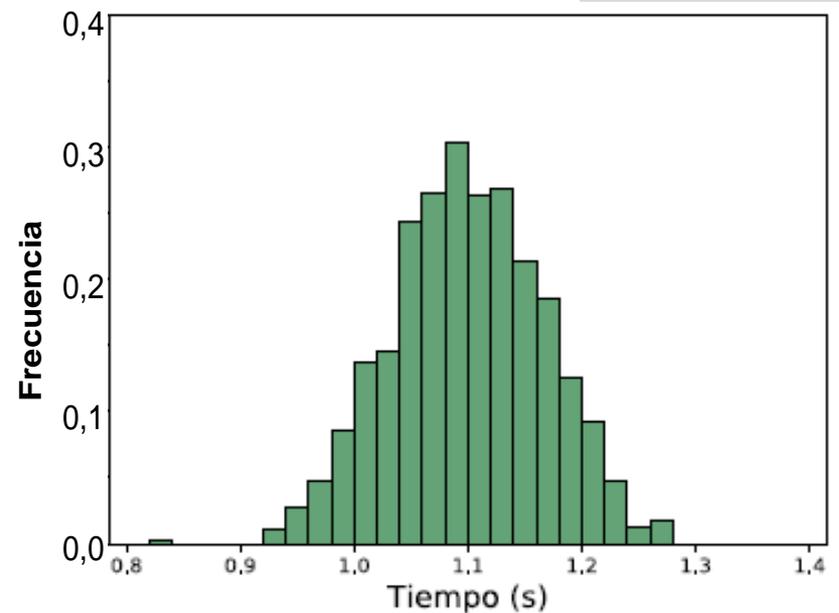
Distribución de Probabilidades

¿Cómo se distribuyen los datos?

Tirar un dado $N = 1000$ veces



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



Distribución de Probabilidades

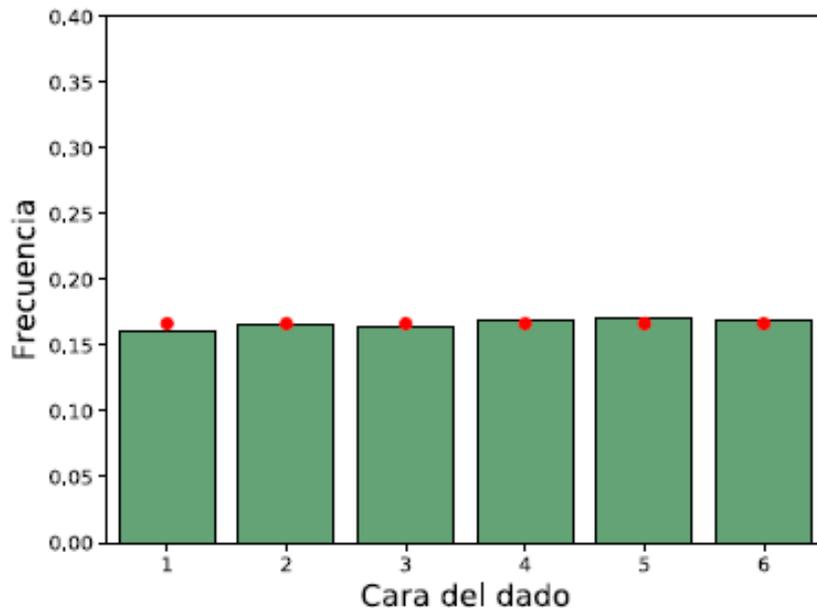
¿Cómo se distribuyen los datos?

Tirar un dado $N = 10000$ veces

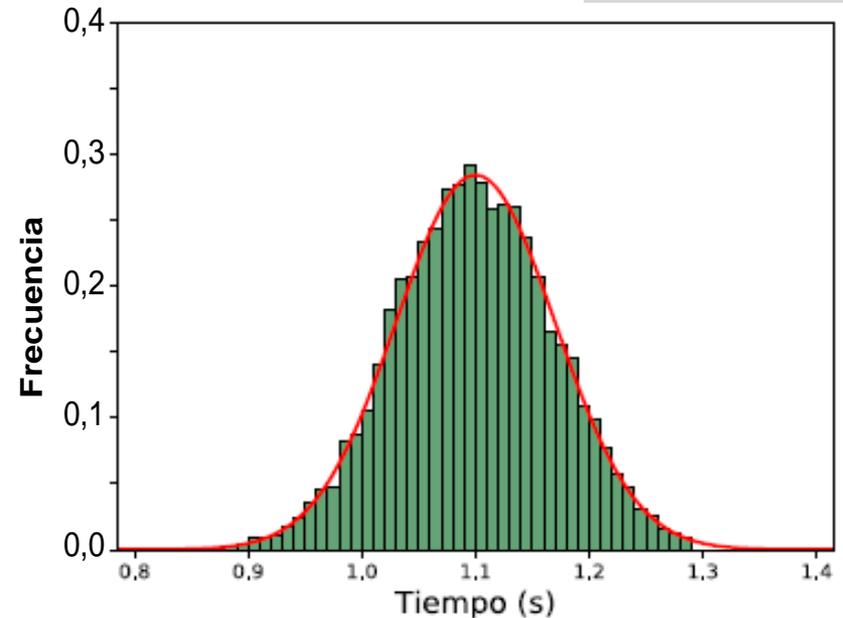
Medir el período de un faro $N = 10000$ veces

Distribución de probabilidades

$N = 10000$



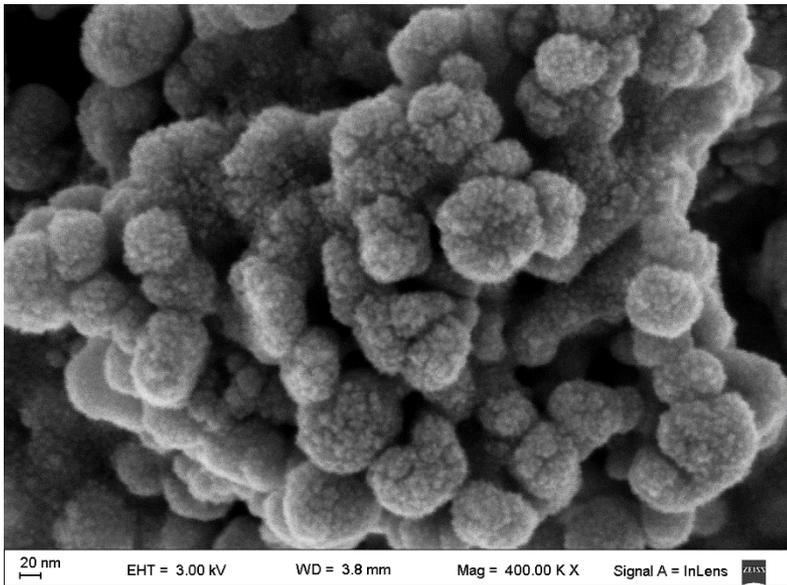
Discreto



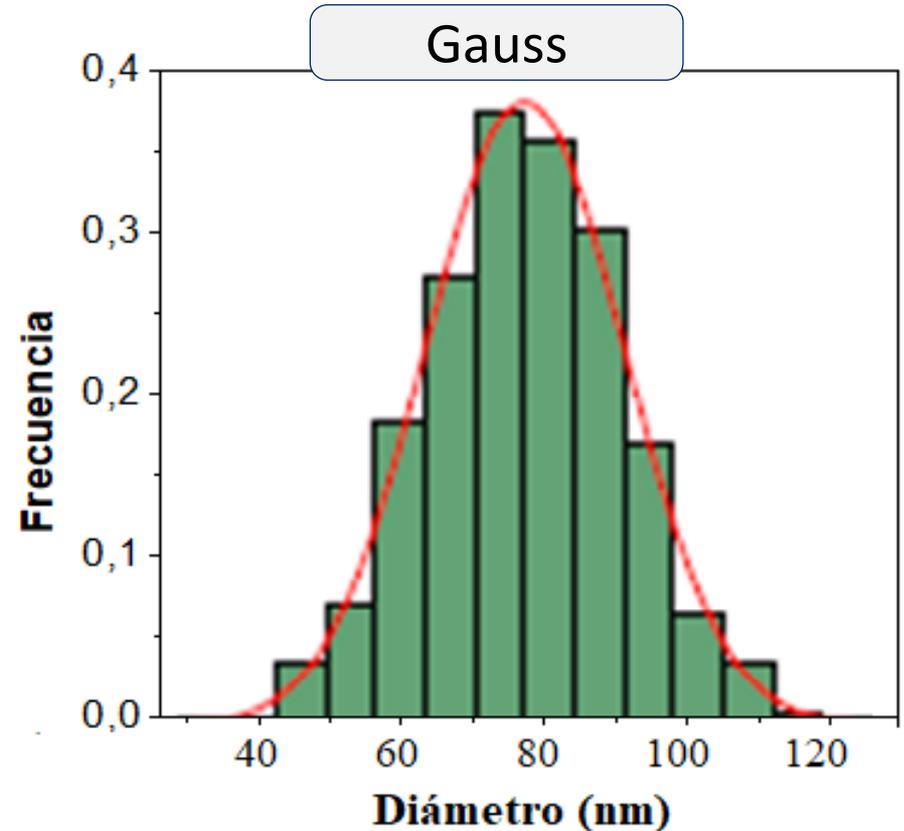
Continuo

Distribución Gaussiana

Microscopía electrónica de barrido (SEM)



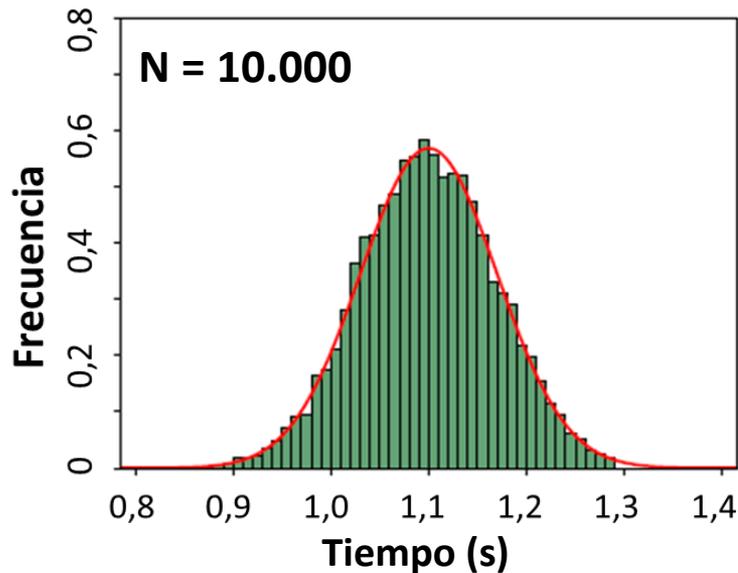
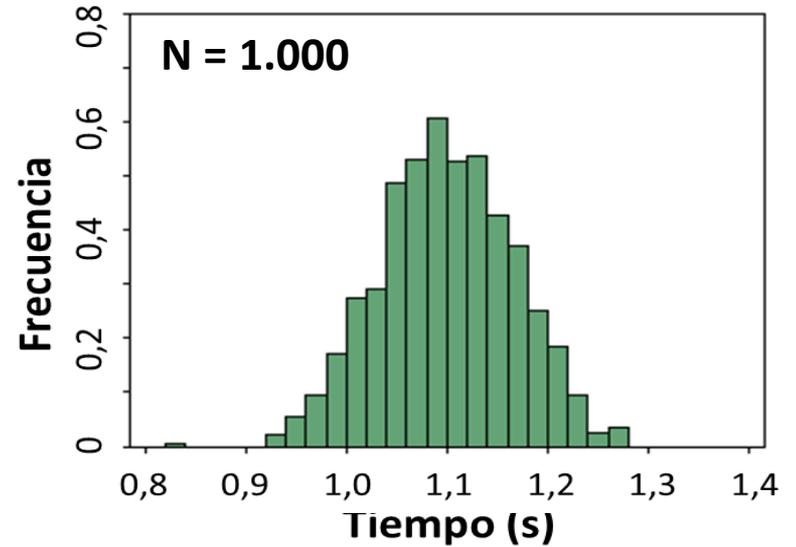
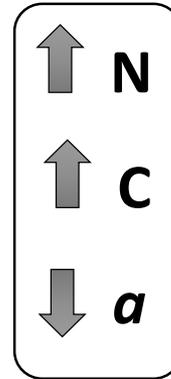
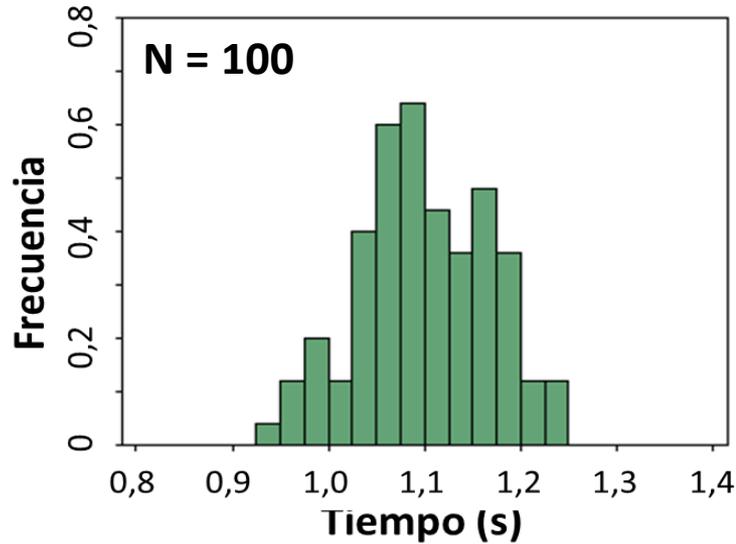
Nanopartículas de Plata sintetizadas con almidón (AgNP). Trabajo del LP&MC



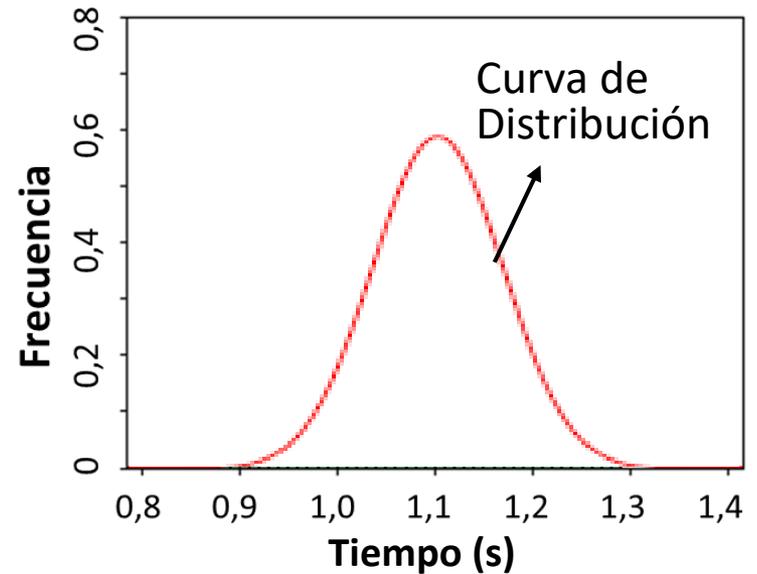
¿Si aumenta N?

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

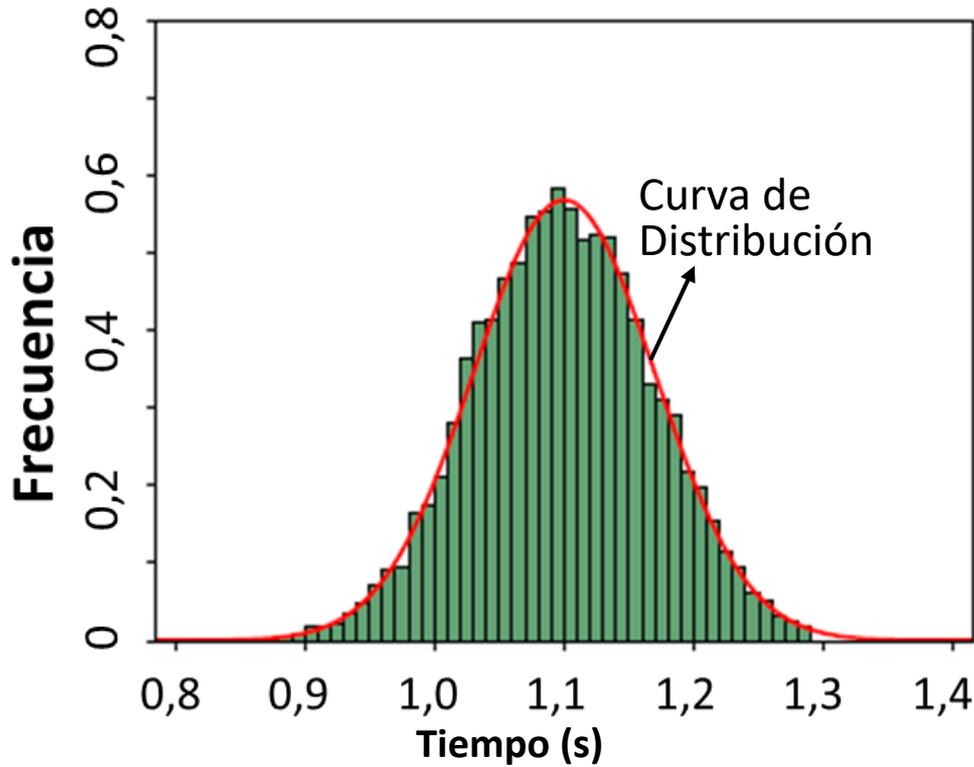
Regla de Sturges



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



¿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

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