

Técnicas de medición en el dominio del tiempo

Contenido

- 1. Introducción**
- 2. Métodos directos de medición**
- 3. Mediciones con mezcla de frecuencia**
- 4. Mediciones con doble mezcla de frecuencia**

Introducción

- 1. Osciladores: aplicaciones**
- 2. Definiciones**
- 3. Esquema general para realizar una medición**

El uso de osciladores en la vida cotidiana



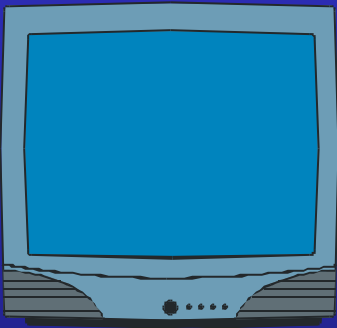
Telefonía



Transporte



Computación

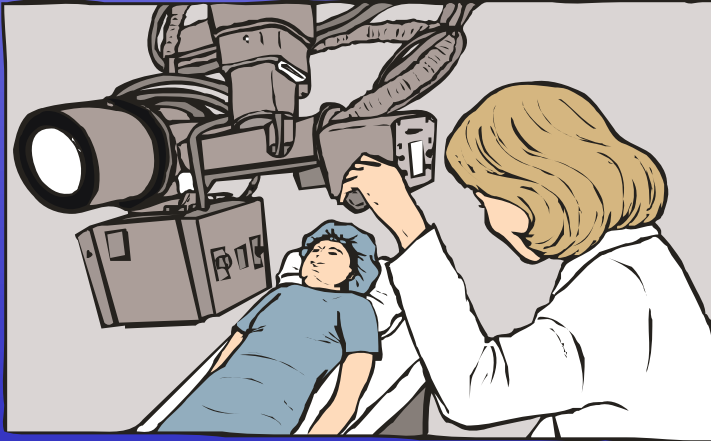


Entretenimiento

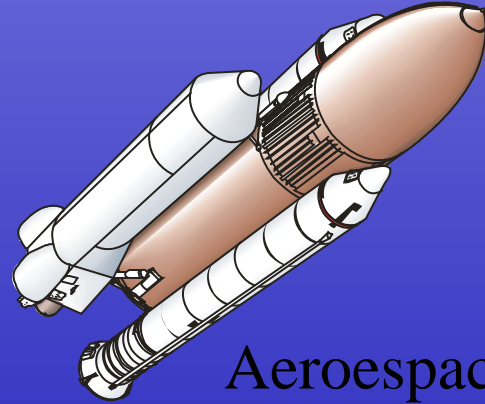


Deporte

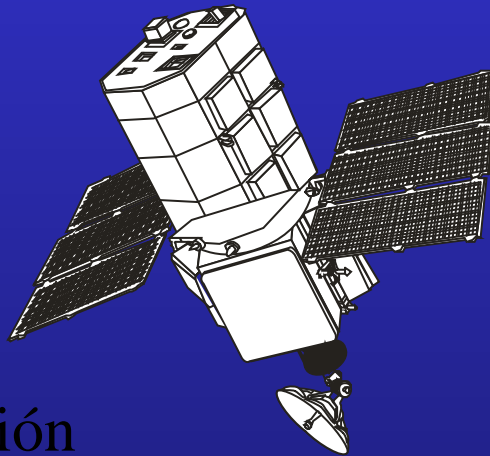
El uso de osciladores en aplicaciones especializadas



Medicina



Aeroespaciales



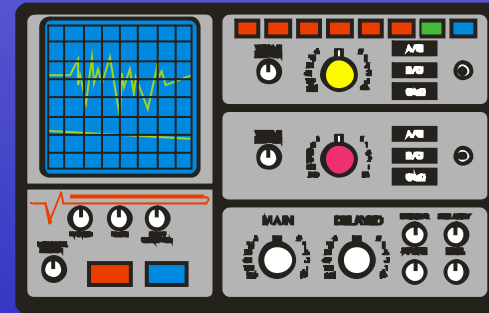
Navegación



Aeronáuticas

El uso de osciladores en aplicaciones en sistemas de medición

- Analizador de espectros
- Frecuencímetros
- Sintetizadores
- Generadores de Frecuencia
- Generadores de Pulsos
- Etc.



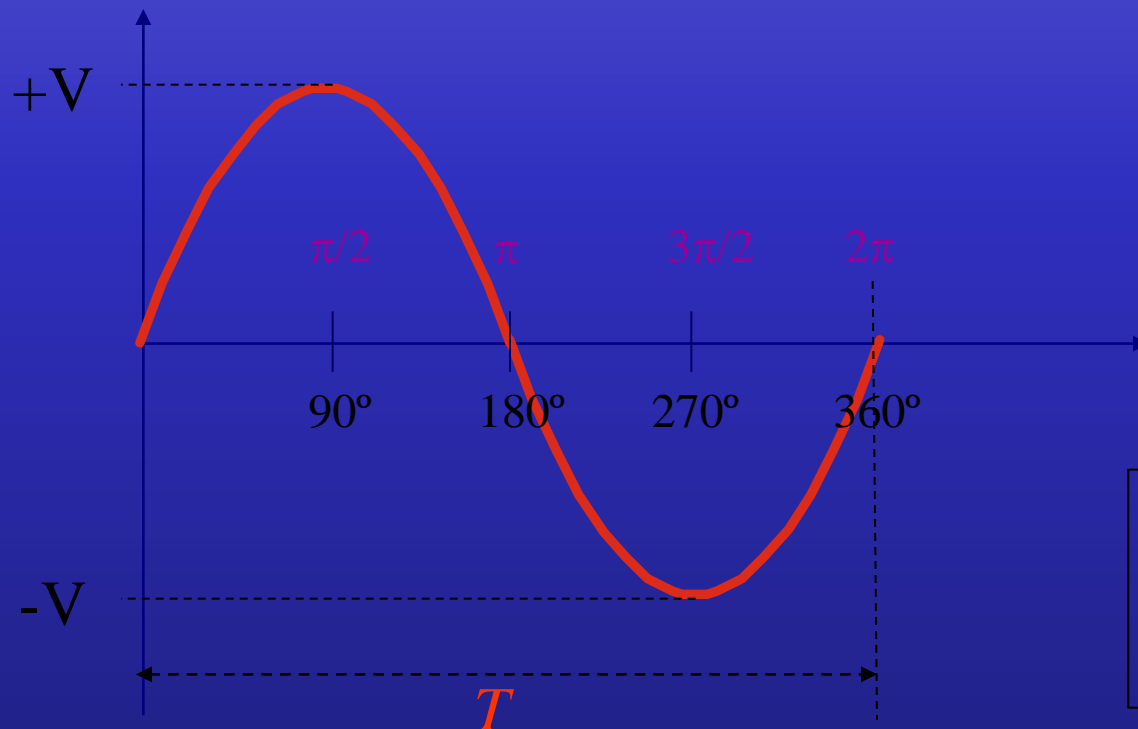
Osciloscopio



Multímetro

Algunas definiciones

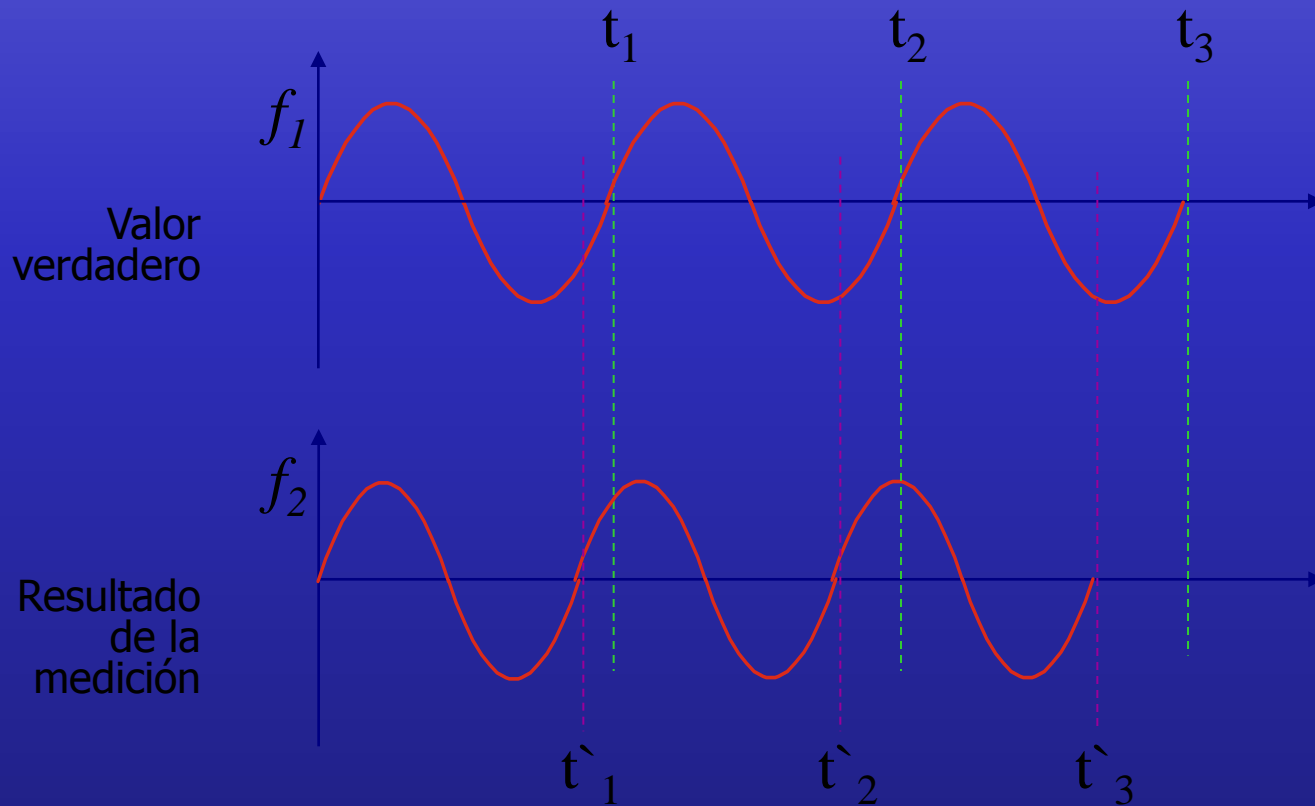
- **Frecuencia (f)**, es el número de eventos por segundo de un fenómeno físico. En particular en señales eléctricas, es el número de cruces positivos por cero por segundo del potencial eléctrico.



$$T = \frac{1}{f} (s)$$

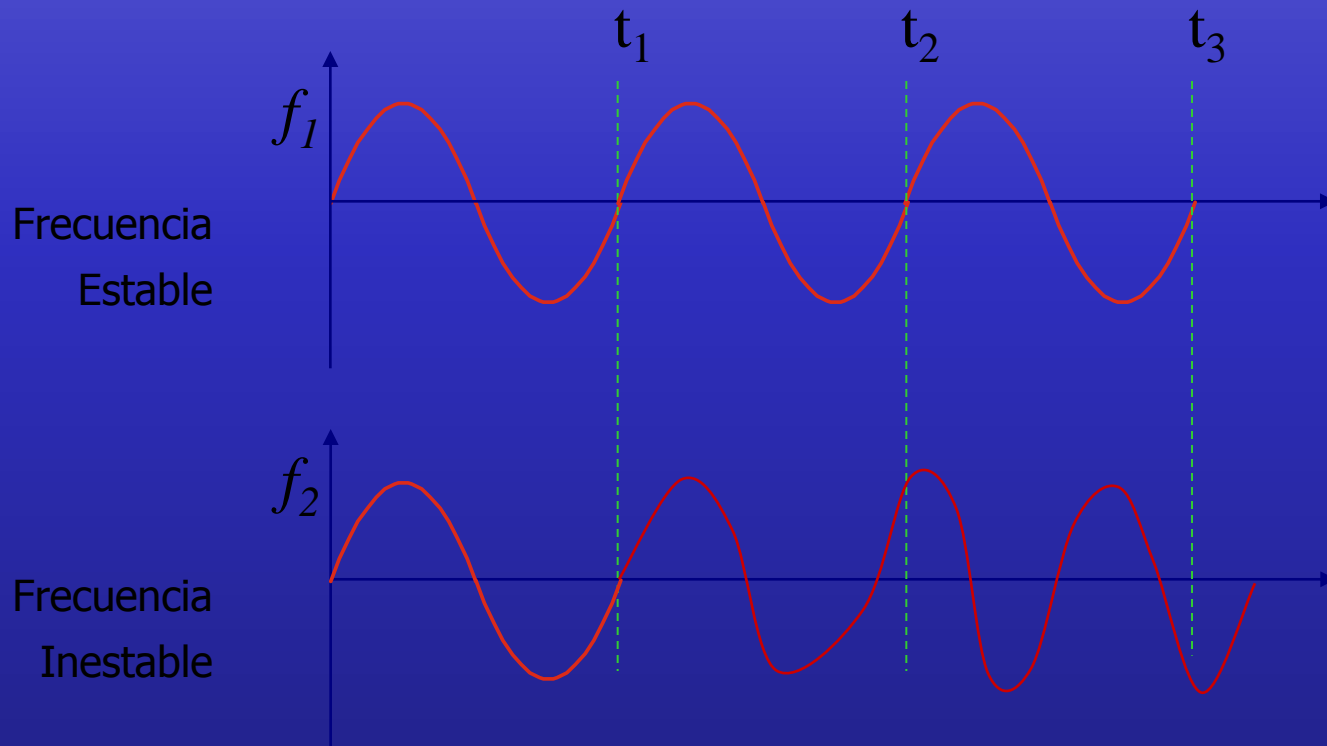
Algunas Definiciones

- **Exactitud (de la medición).** Cercanía de concordancia entre el resultado de una medición y el valor verdadero del mensurando.



Algunas Definiciones

- **Inestabilidad en frecuencia.** Grado de variabilidad de la frecuencia en cierto intervalo de tiempo.



Algunas Definiciones

- **Incertidumbre (de una medición).** Parámetro, asociado con el resultado de una medición, que caracteriza la dispersión de los valores que podrían ser atribuidos razonablemente al mensurando .

Nota (1): El parámetro puede ser, por ejemplo, una desviación estándar (o un múltiplo dado de ésta).

EL MODELO MATEMÁTICO MÁS USADO PARA SEÑALES DE FRECUENCIA

The diagram illustrates the mathematical model for frequency signals, centered around the equation $V(t) = [V_0 + \varepsilon(t)] \text{sen}[2\pi\omega_0 t + \varphi(t)] = [V_0 + \varepsilon(t)_0] \text{sen}\Phi(t)$. Above the equation, two labels with downward arrows indicate the nominal components: 'Amplitud nominal' points to V_0 and 'Frecuencia nominal' points to ω_0 . Below the equation, two labels with upward arrows indicate the noise components: 'Ruido en amplitud' points to $\varepsilon(t)$ and 'Ruido en fase' points to $\varphi(t)$.

Amplitud nominal

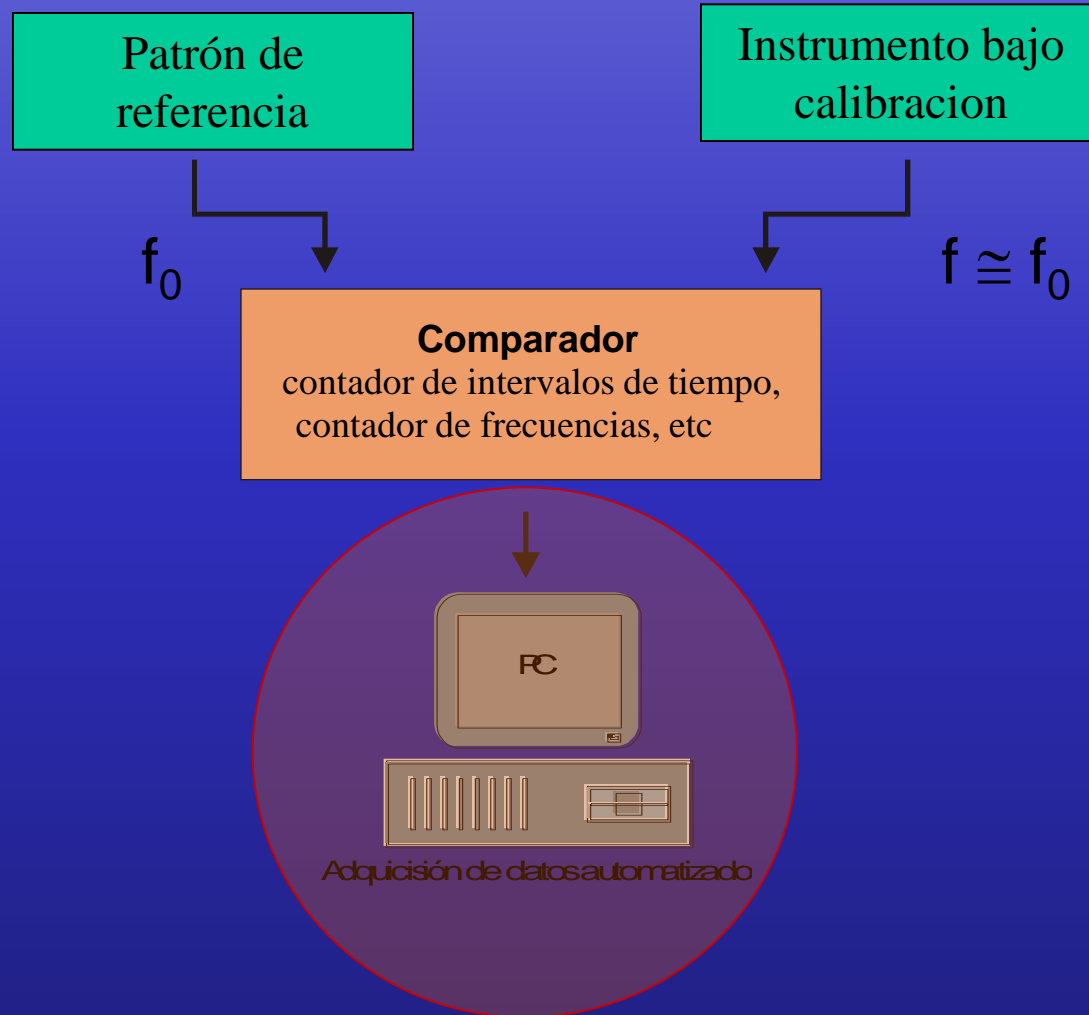
Frecuencia nominal

$$V(t) = [V_0 + \varepsilon(t)] \text{sen}[2\pi\omega_0 t + \varphi(t)] = [V_0 + \varepsilon(t)_0] \text{sen}\Phi(t)$$

Ruido en amplitud

Ruido en fase

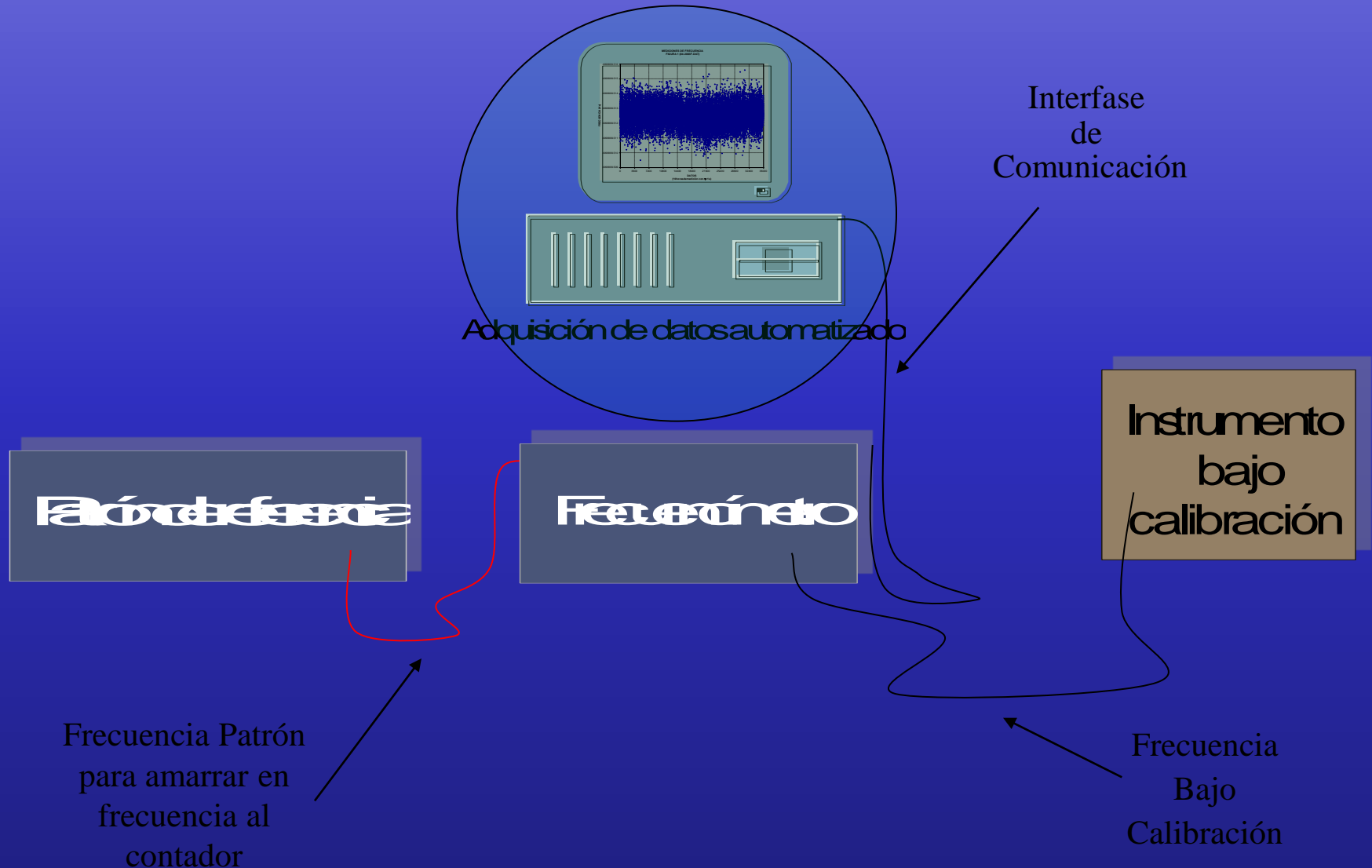
Esquema general en el dominio del tiempo para realizar una medición de tiempo y frecuencia



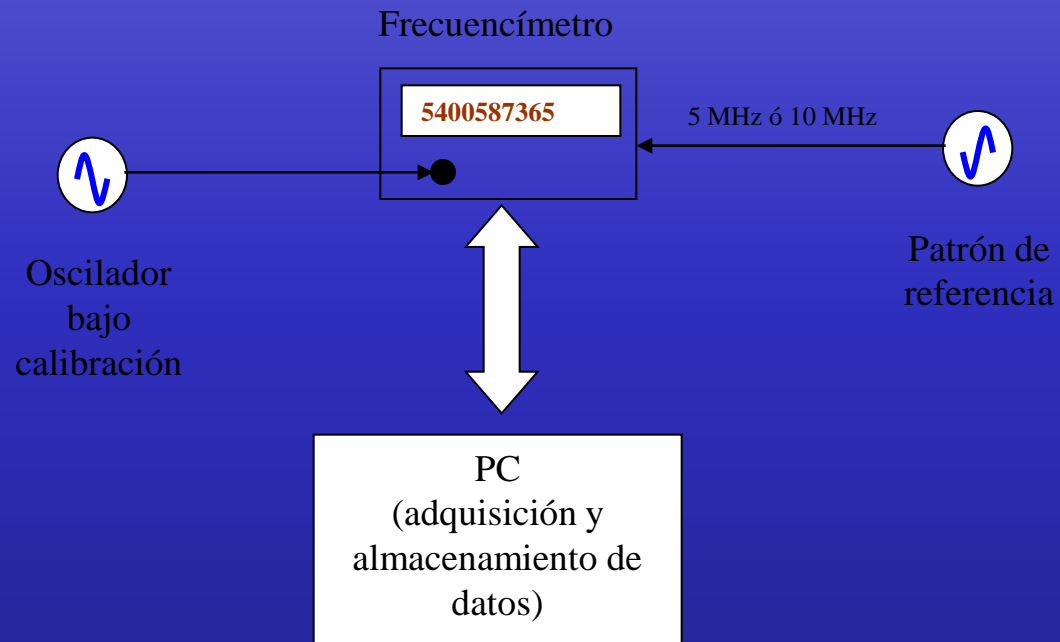
Métodos de medición en el dominio del tiempo

1. Mediciones directas de frecuencia
2. Mediciones directas de diferencia de fase
(Ejemplos genéricos de mediciones de fase)
(Principio de funcionamiento de un mezclador)
3. Diferencia de frecuencias con mezclador
4. Diferencia de fase con mezclador dual

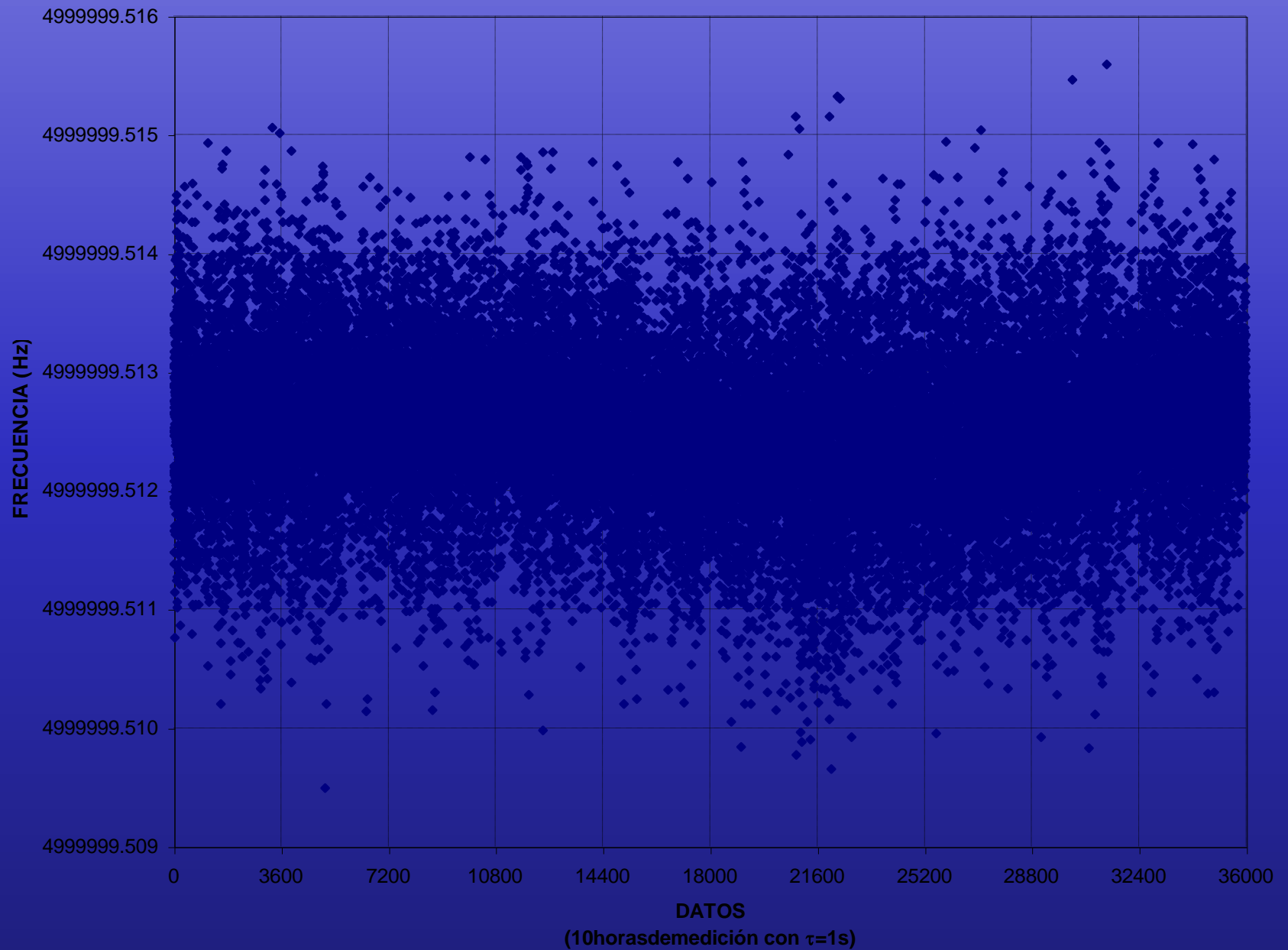
Método de medición directa de frecuencia



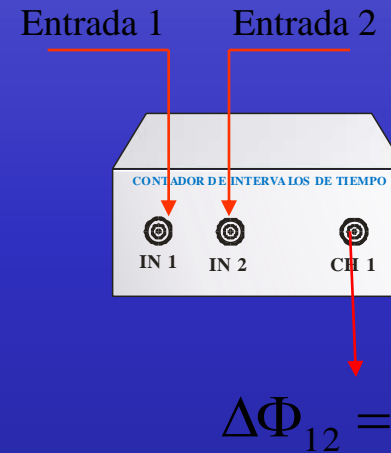
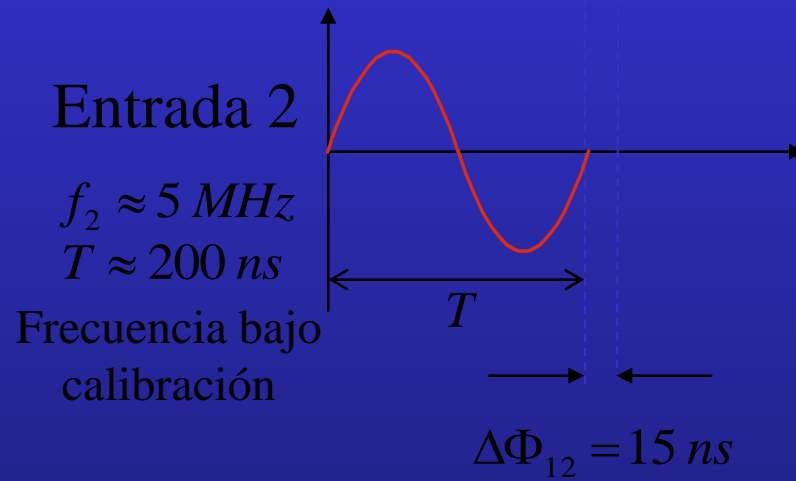
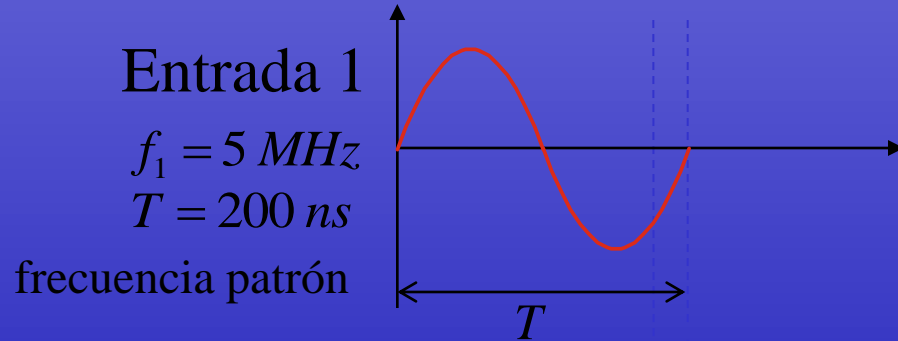
Mediciones directas de frecuencia



MEDICIONES DE FRECUENCIA
FIGURA 1 (04-2003F.DAT)

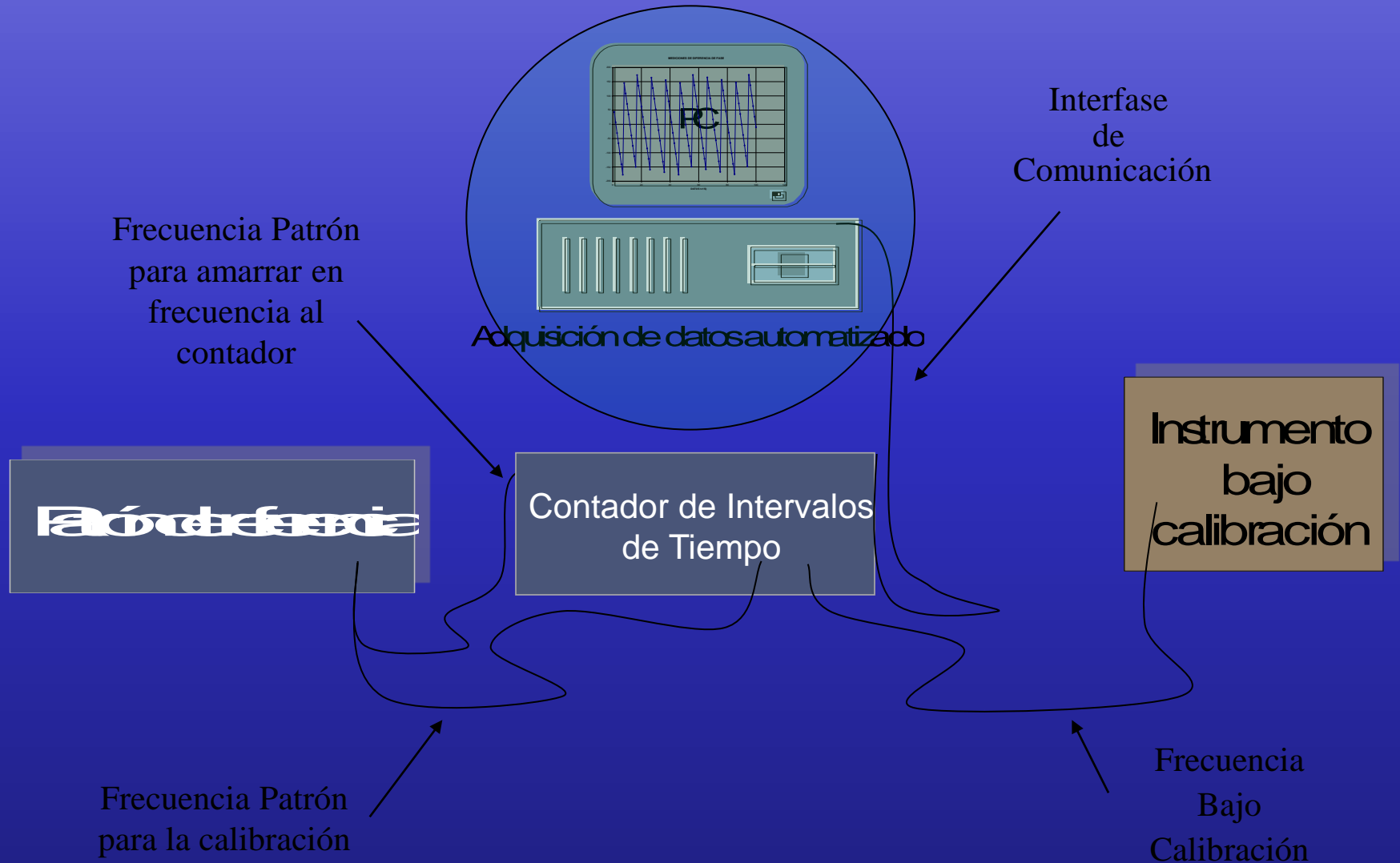


Diferencia de fase

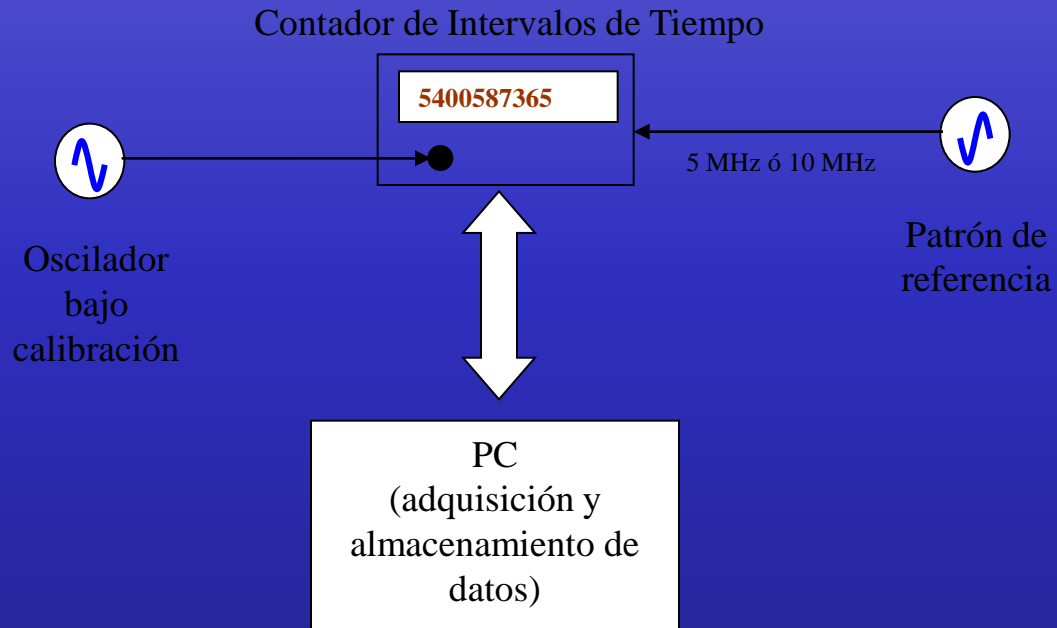


Contador de intervalos de
tiempo

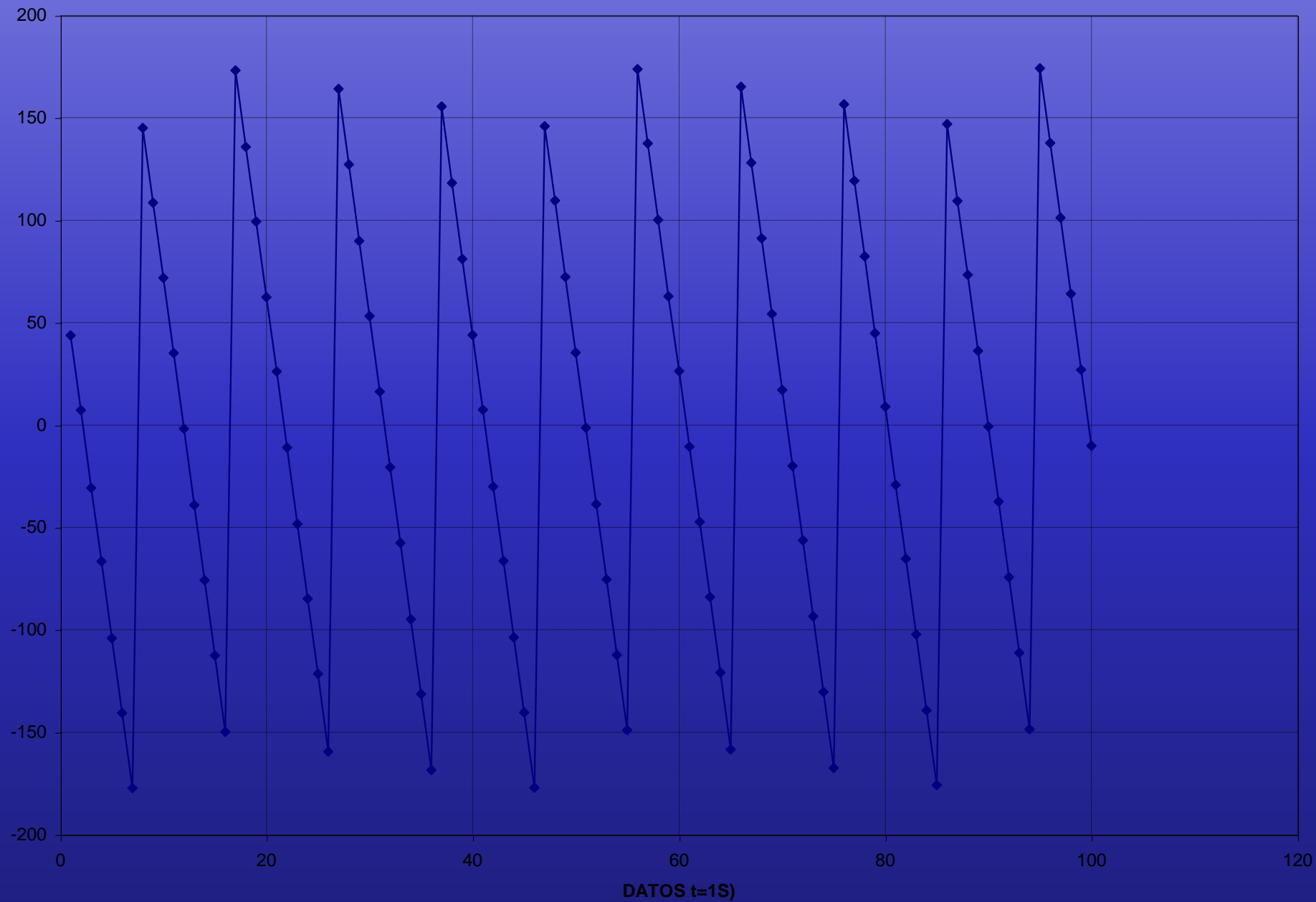
Método de medición directa de diferencia de fase



Mediciones directas de diferencia de fase



MEDICIONES DE DIFERENCIA DE FASE



Diferencia de Fase Acumulada

Entrada 1

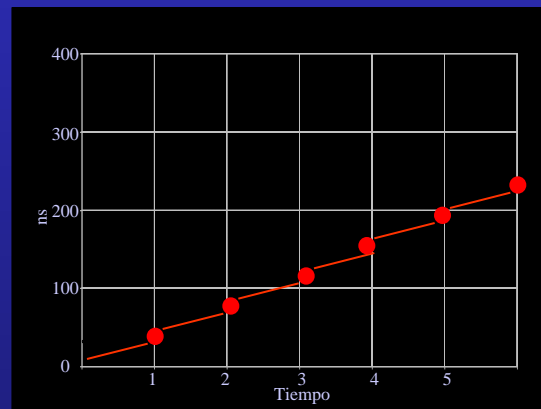
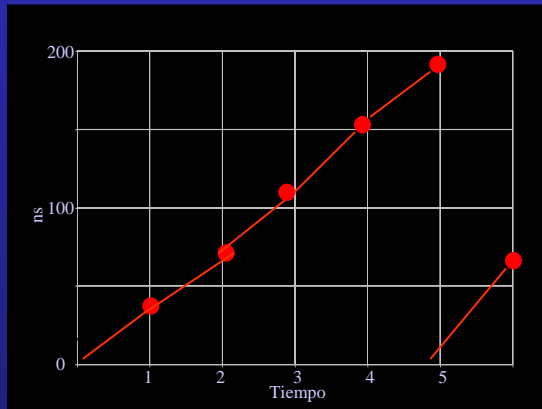
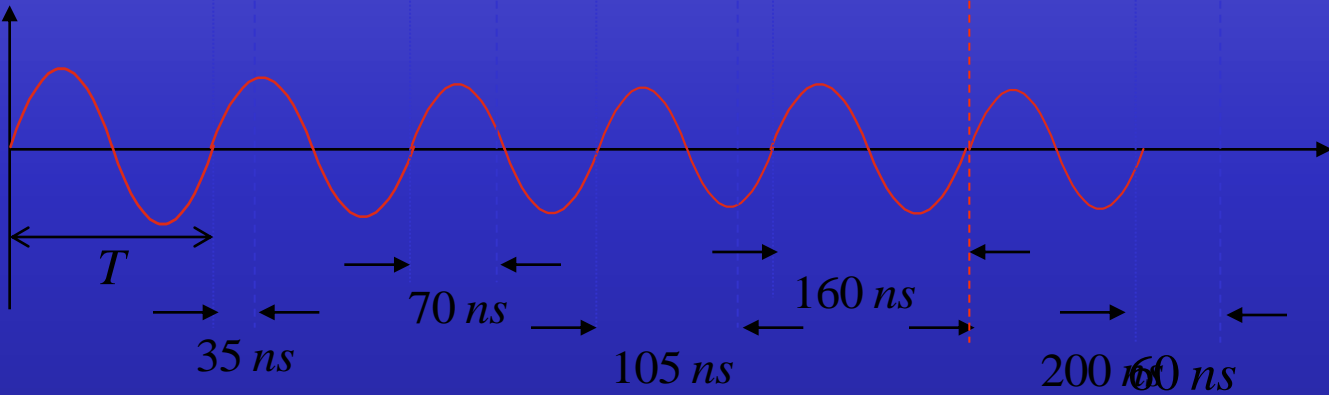
$$f_1 = 5 \text{ MHz}$$

$$T = 200 \text{ ns}$$



Entrada 2

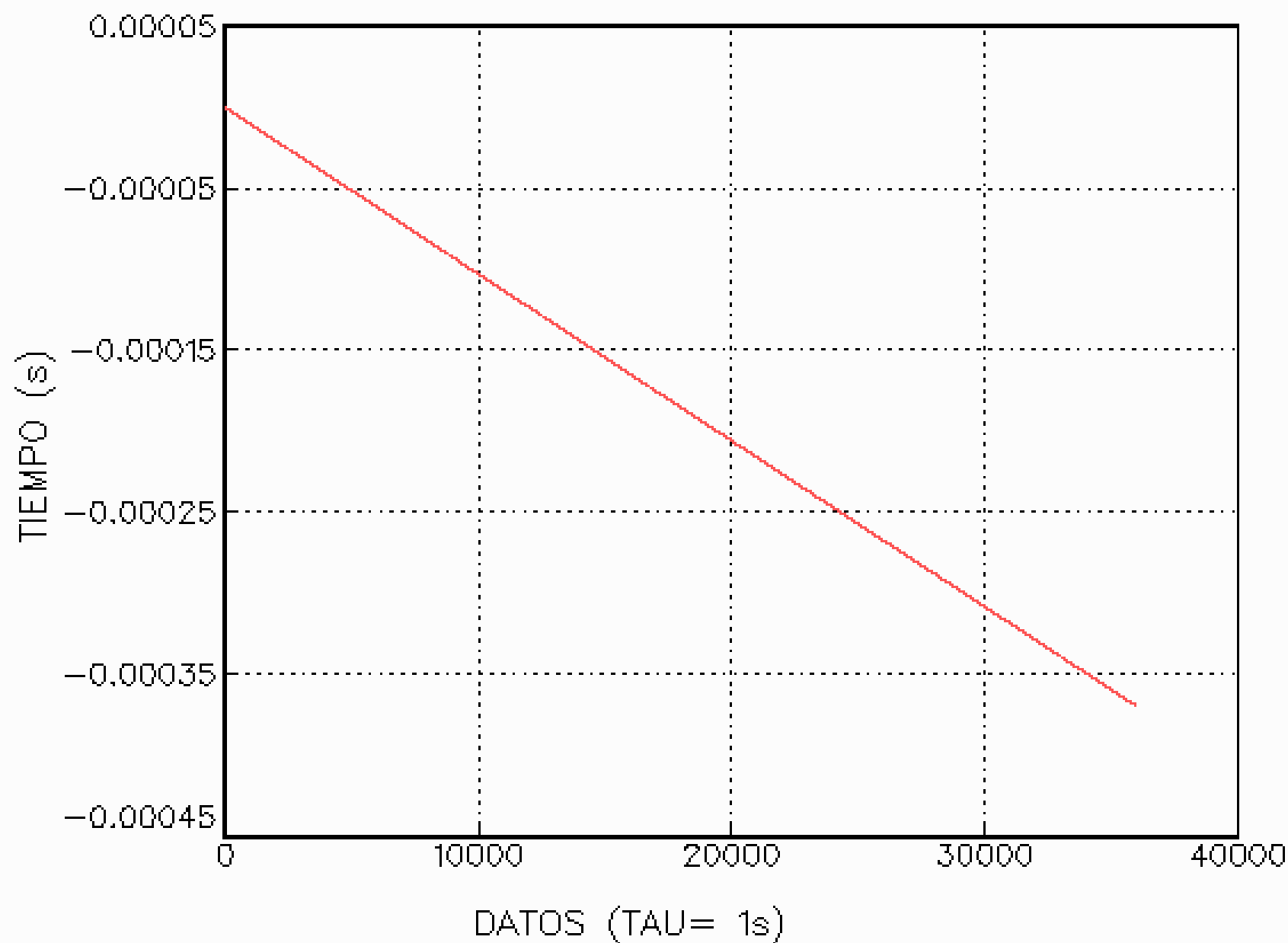
$$f_2 \approx 5 \text{ MHz}$$



Un ejemplo de medición de
diferencia de fase

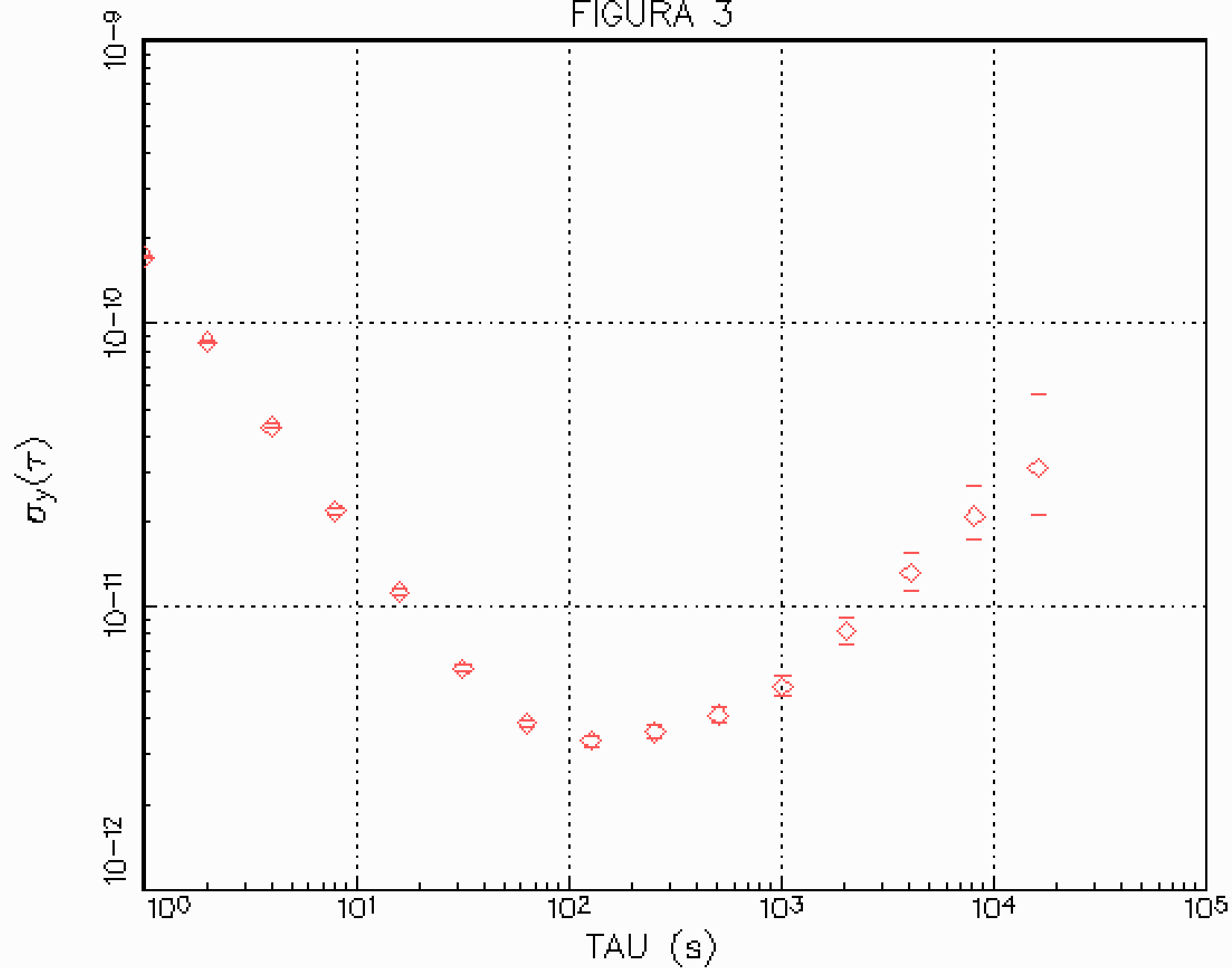
MEDICIONES DE DIFERENCIA DE FASE

FIGURA 1



AVAR Y BARRAS DE INCERTIDUMBRE

FIGURA 3

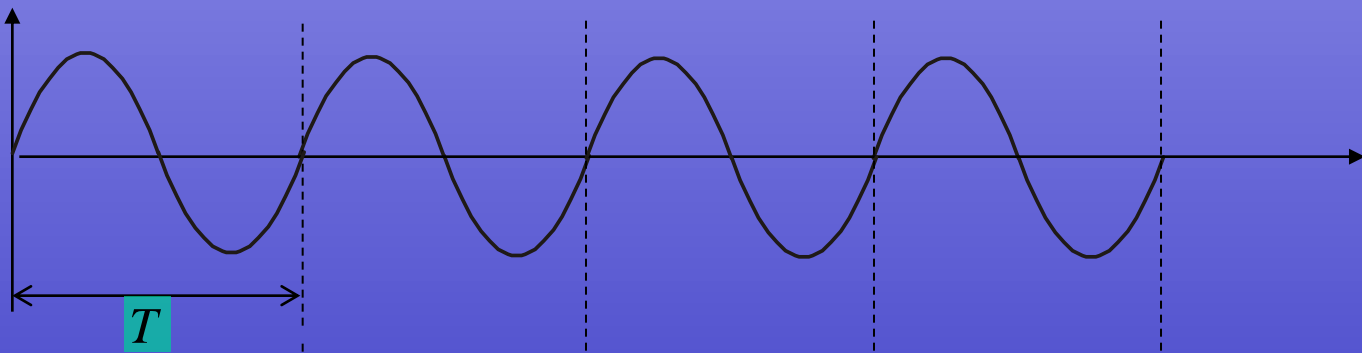


Ejemplos genéricos de mediciones de
diferencia de fase

Entrada 1

$$f_1 = 5 \text{ MHz}$$

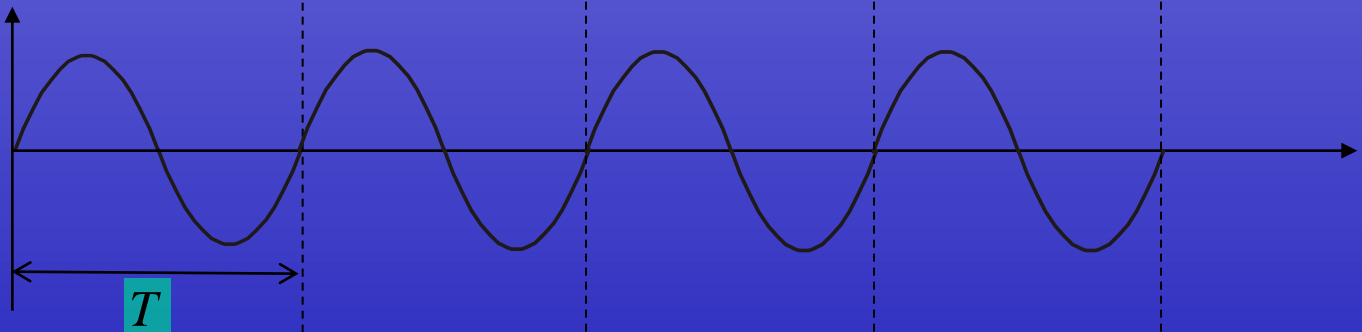
$$T = 200 \text{ ns}$$



Entrada 2

$$f_2 = 5 \text{ MHz}$$

$$T = 200 \text{ ns}$$



Diferencia de Fase

X

0

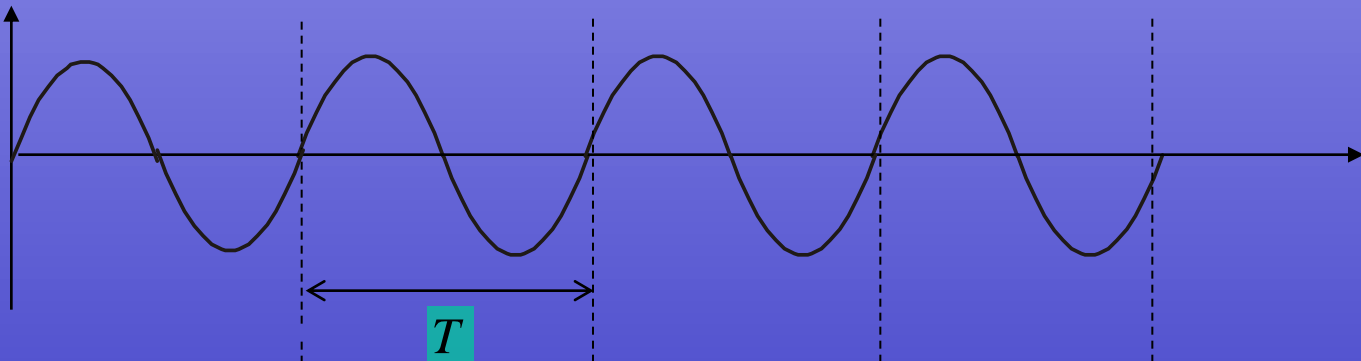
Tiempo

Caso ideal en el que la frecuencia bajo comparación es “perfecta”

Entrada 1

$$f_1 = 5 \text{ MHz}$$

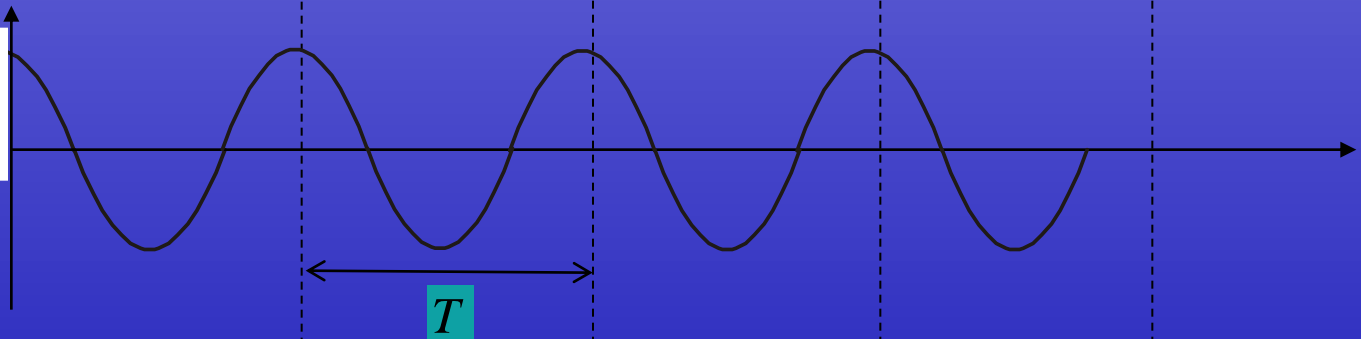
$$T = 200 \text{ ns}$$



Entrada 2

$$f_2 = 5 \text{ MHz}$$

$$T = 200 \text{ ns}$$



Diferencia de Fase

X

$T/4$

0



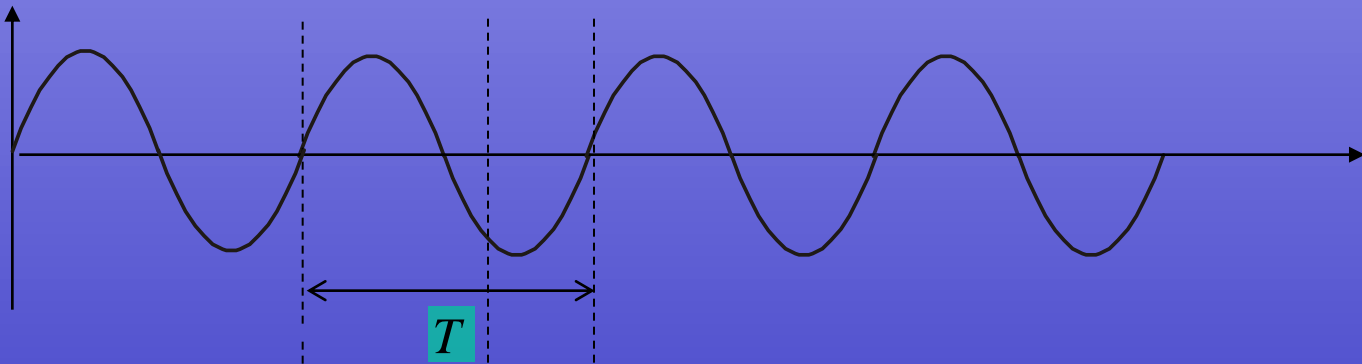
Caso ideal en el que la frecuencia bajo comparación es “perfecta” pero con un error de sincronización.

Tiempo

Entrada 1

$$f_1 = 5 \text{ MHz}$$

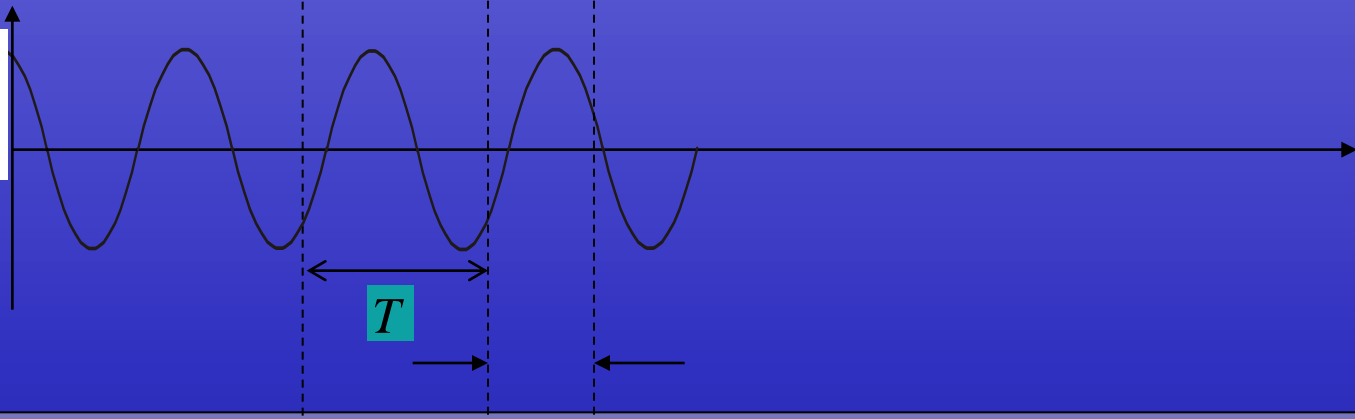
$$T = 200 \text{ ns}$$



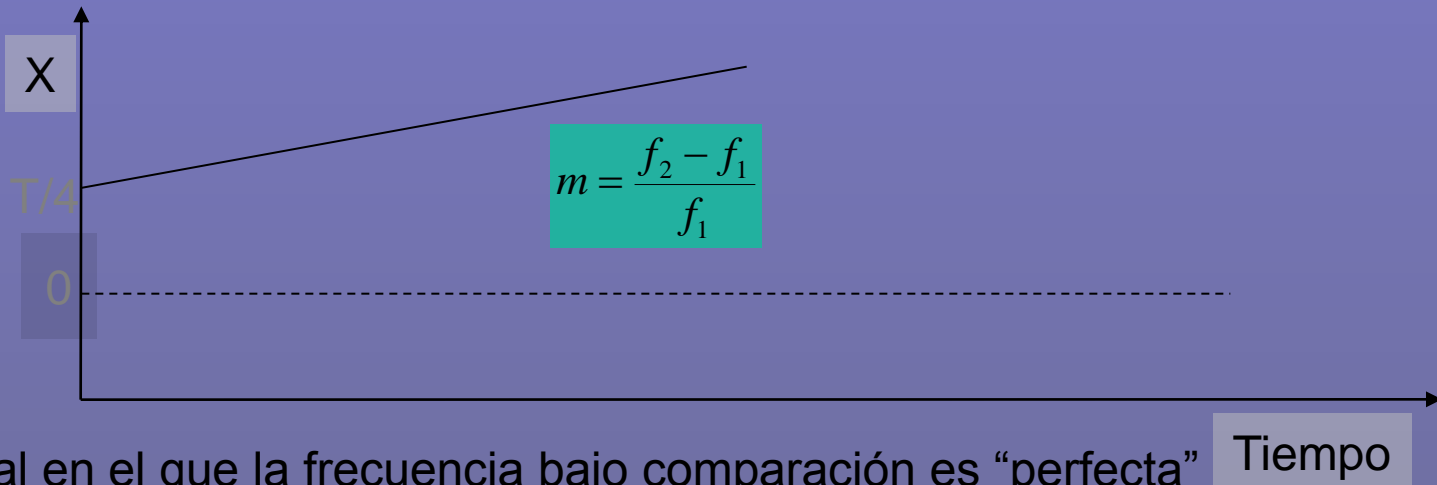
Entrada 2

$$f_2 = 5 \text{ MHz} + \delta$$

$$T \approx 200 \text{ ns}$$



Diferencia de Fase

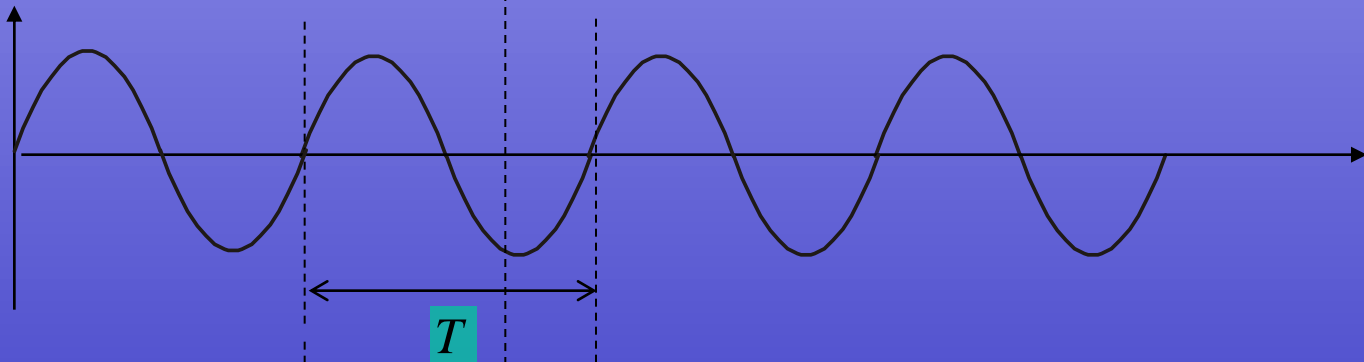


Caso ideal en el que la frecuencia bajo comparación es “perfecta” pero con un error de sincronización y sintonización.

Entrada 1

$$f_1 = 5 \text{ MHz}$$

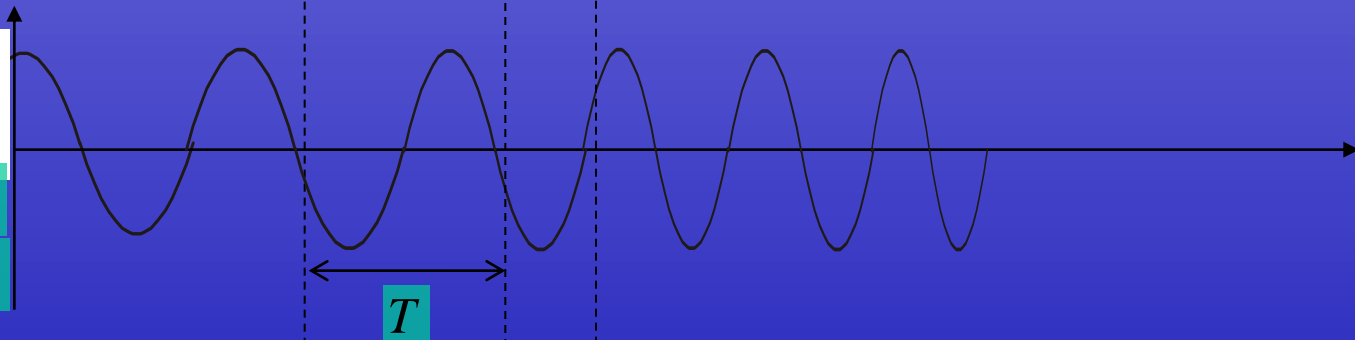
$$T = 200 \text{ ns}$$



Entrada 2

$$f_2 = 5 \text{ MHz} + c \times t$$

$$T = 200 \text{ ns} + \phi(t)$$



Diferencia de Fase

X

$$X(t) = x_0 + y_0 t + \frac{1}{2} D t^2 + \varepsilon(t)$$

T/4

0

X0: error de sincronización

Y0: error de sintonización

D: corrimiento de f por envejecimiento

E: desviaciones aleatorias

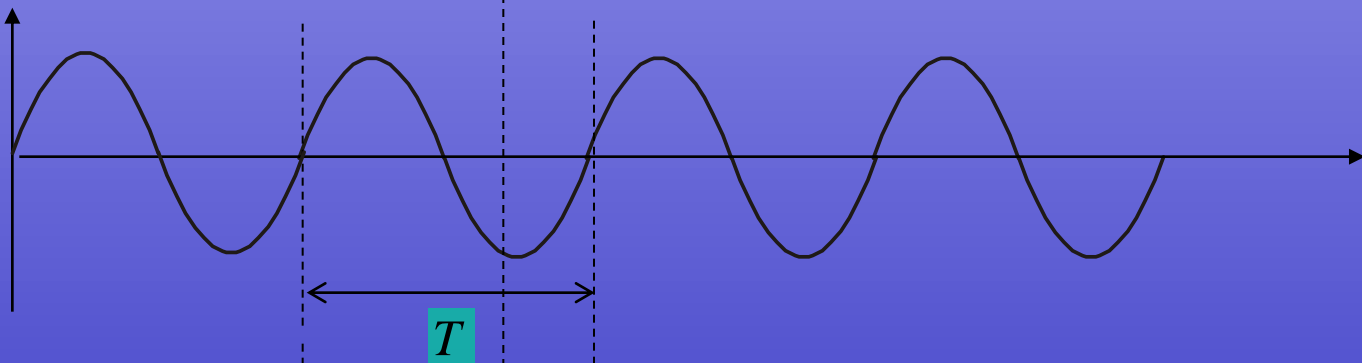
Tiempo

Frecuencia bajo comparación con corrimiento lineal en el tiempo.

Entrada 1

$$f_1 = 5 \text{ MHz}$$

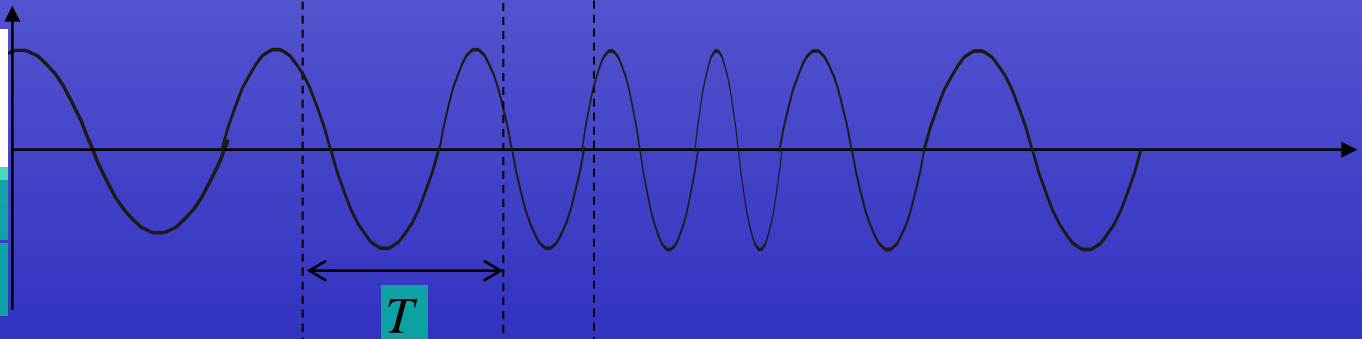
$$T = 200 \text{ ns}$$



Entrada 2

$$f_2 = 5 \text{ MHz} + \delta(t)$$

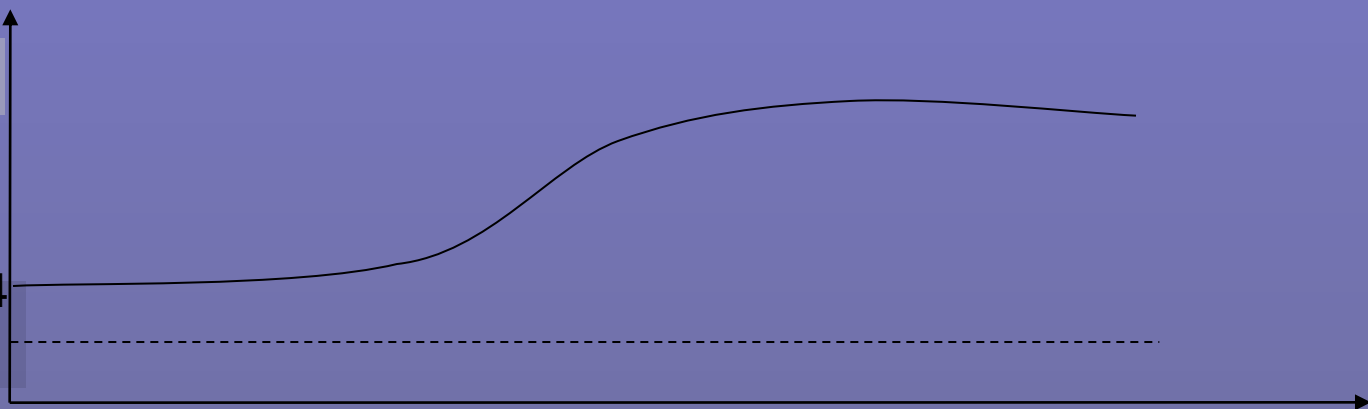
$$T = 200 \text{ ns} + \phi(t)$$



Diferencia de Fase

X

T/4
0



Tiempo

Frecuencia bajo comparación con ruido aleatorio.

Principio de Funcionamiento del Mezclador de Frecuencias

Principio de funcionamiento de un mezclador de frecuencias

$$V_1(t) = A_1 \text{sen } \phi_1$$



$$V_2(t) = A_2 \text{sen } \phi_2$$

$$\begin{aligned} V(t) &= V_1(t) \times V_2(t) \\ &= A_1 \text{sen } \phi_1 \times A_2 \text{sen } \phi_2 \end{aligned}$$

Principio de funcionamiento de un mezclador de frecuencias

$$V(t) = V_1(t) \times V_2(t) = A_1 \text{sen} \phi_1 \times A_2 \text{sen} \phi_2$$

$$= A_1 \left(\frac{e^{i\phi_1} - e^{-i\phi_1}}{2i} \right) \times A_2 \left(\frac{e^{i\phi_2} - e^{-i\phi_2}}{2i} \right)$$

$$= A_1 A_2 \left(\frac{e^{i\phi_1+i\phi_2} - e^{i\phi_1-i\phi_2} - e^{-i\phi_1+i\phi_2} + e^{-i\phi_1-i\phi_2}}{4 \times i \times i} \right)$$

$$= A_1 A_2 \left(\frac{e^{i(\phi_1+\phi_2)} + e^{-i(\phi_1+\phi_2)} - e^{i(\phi_1-\phi_2)} - e^{-i(\phi_1-\phi_2)}}{4 \times 1} \right)$$

$$= \frac{A_1 A_2}{2} \left(\frac{e^{i(\phi_1+\phi_2)} + e^{-i(\phi_1+\phi_2)}}{2} - \frac{e^{i(\phi_1-\phi_2)} + e^{-i(\phi_1-\phi_2)}}{2} \right)$$

$$= \frac{A_1 A_2}{2} (\cos(\phi_1 + \phi_2) - \cos(\phi_1 - \phi_2))$$

$$\text{sen} \theta = \frac{e^{i\theta} - e^{-i\theta}}{2i}$$

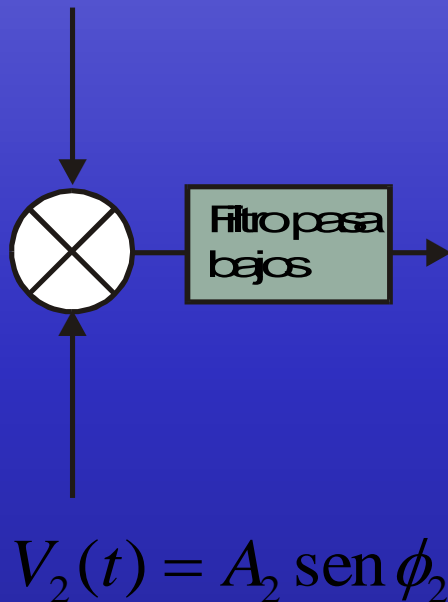
$$\cos \theta = \frac{e^{i\theta} + e^{-i\theta}}{2}$$

Principio de funcionamiento de un mezclador de frecuencias

$$V_1(t) = A_1 \sin \phi_1$$

$$V(t) = V_1(t) \times V_2(t)$$

$$= A_1 \sin \phi_1 \times A_2 \sin \phi_2$$



$$V(t) = \frac{A_1 A_2}{2} \cos(\phi_1 + \phi_2) - \frac{A_1 A_2}{2} \cos(\phi_1 - \phi_2)$$

10 MHz + 10 MHz \approx 20 MHz
frecuencias altas

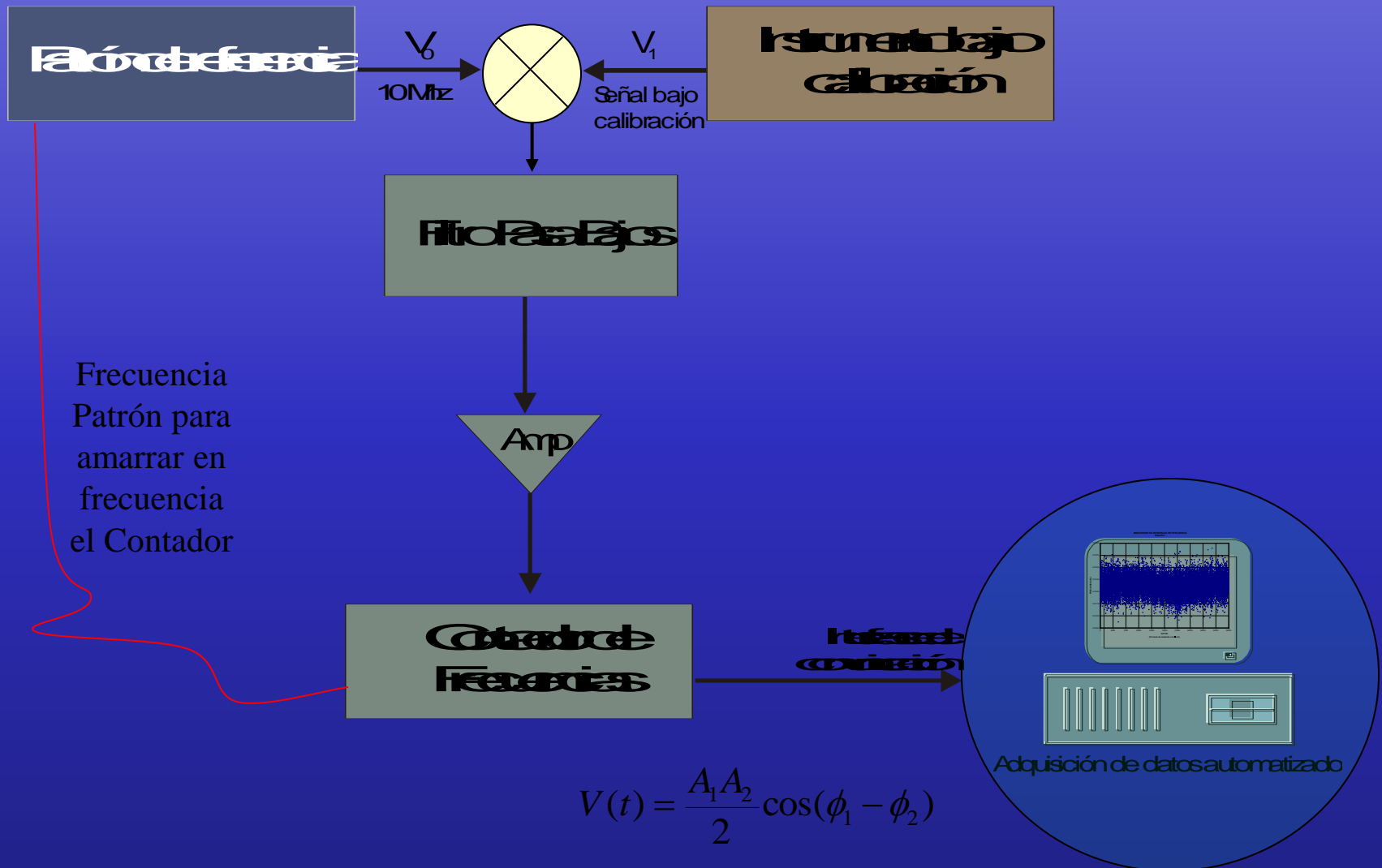
10 MHz - 10 MHz \approx 0
frecuencias bajas

Utilizando un filtro pasa bajos, se atenúan las frecuencias altas:

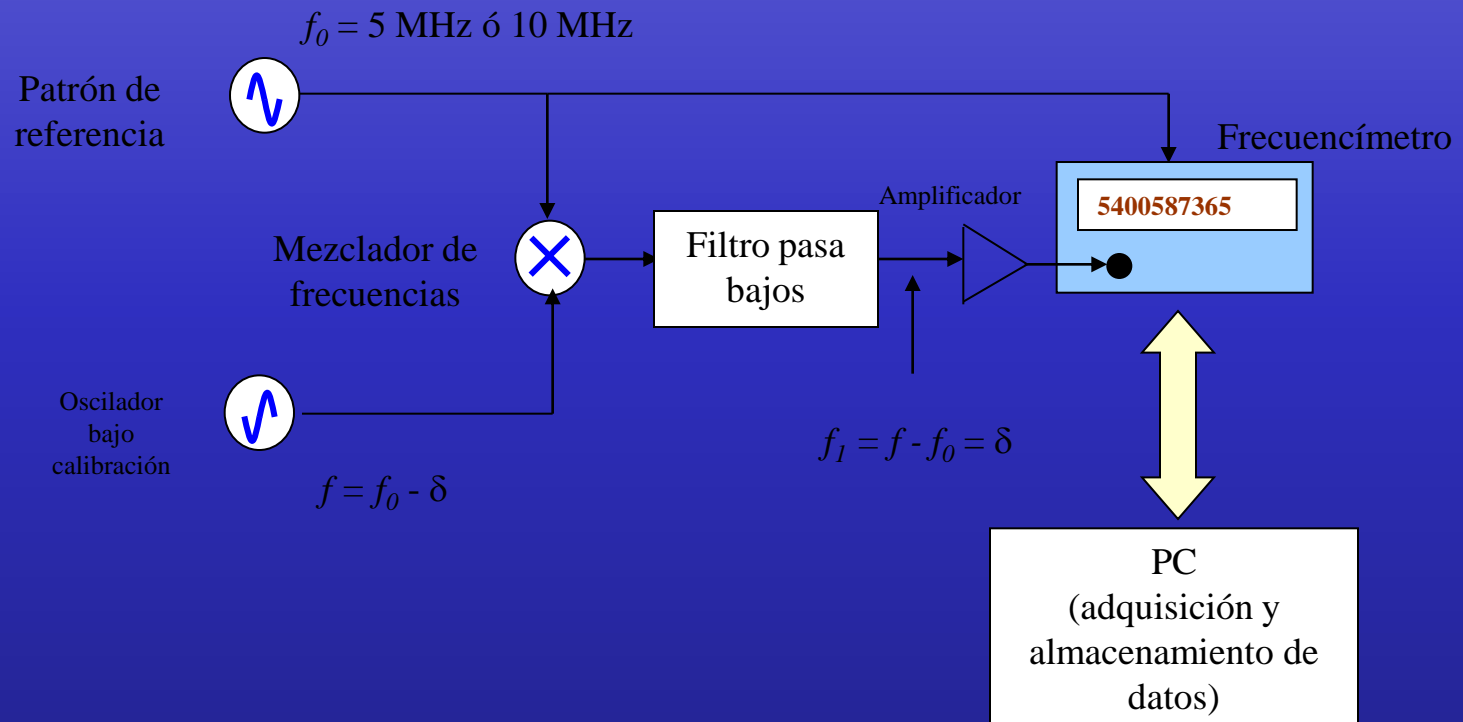
$$V(t) = \frac{A_1 A_2}{2} \cos(\phi_1 - \phi_2)$$

Método de diferencias de Frecuencias con Mezclador

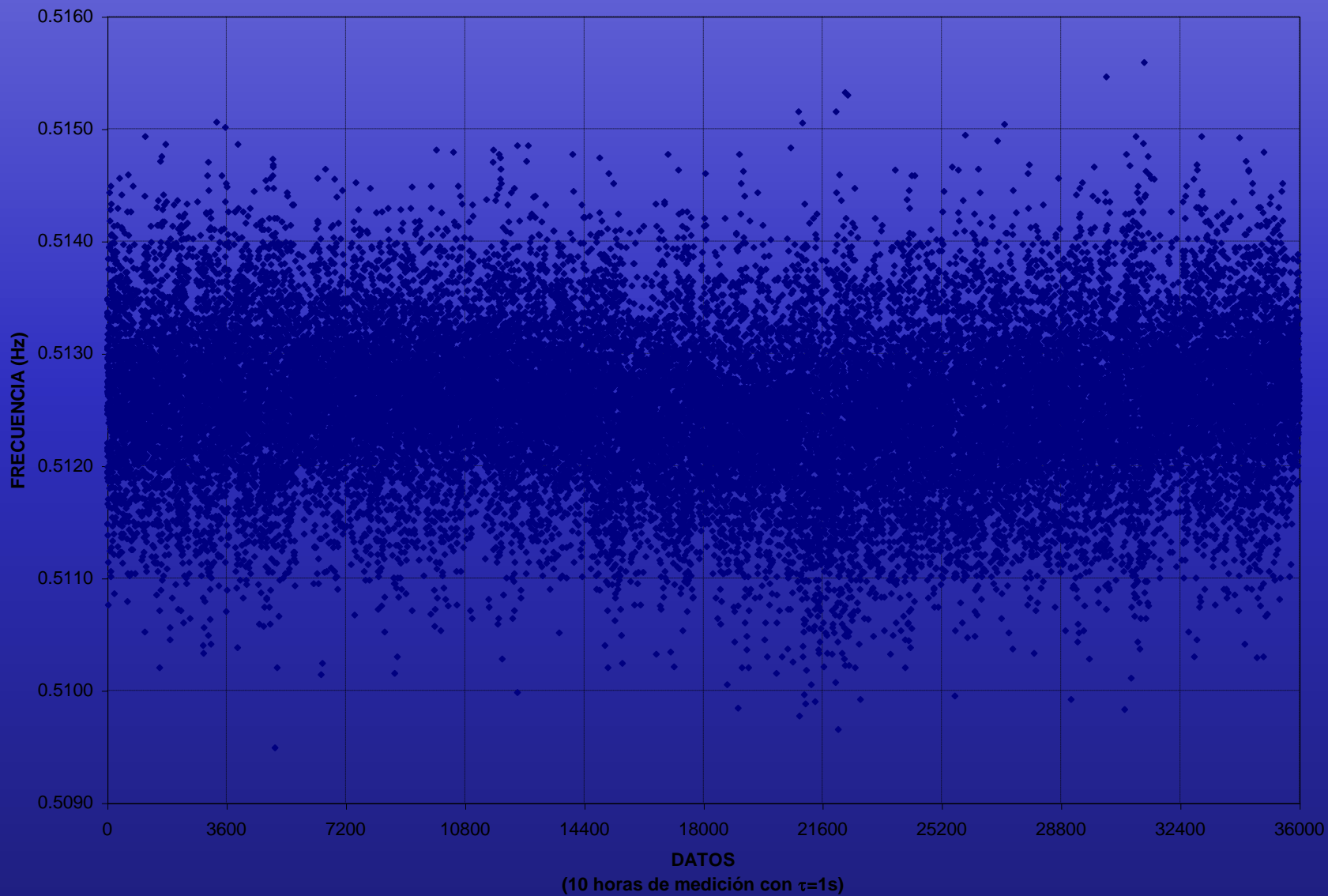
Método de medición de diferencia de frecuencias con mezclador



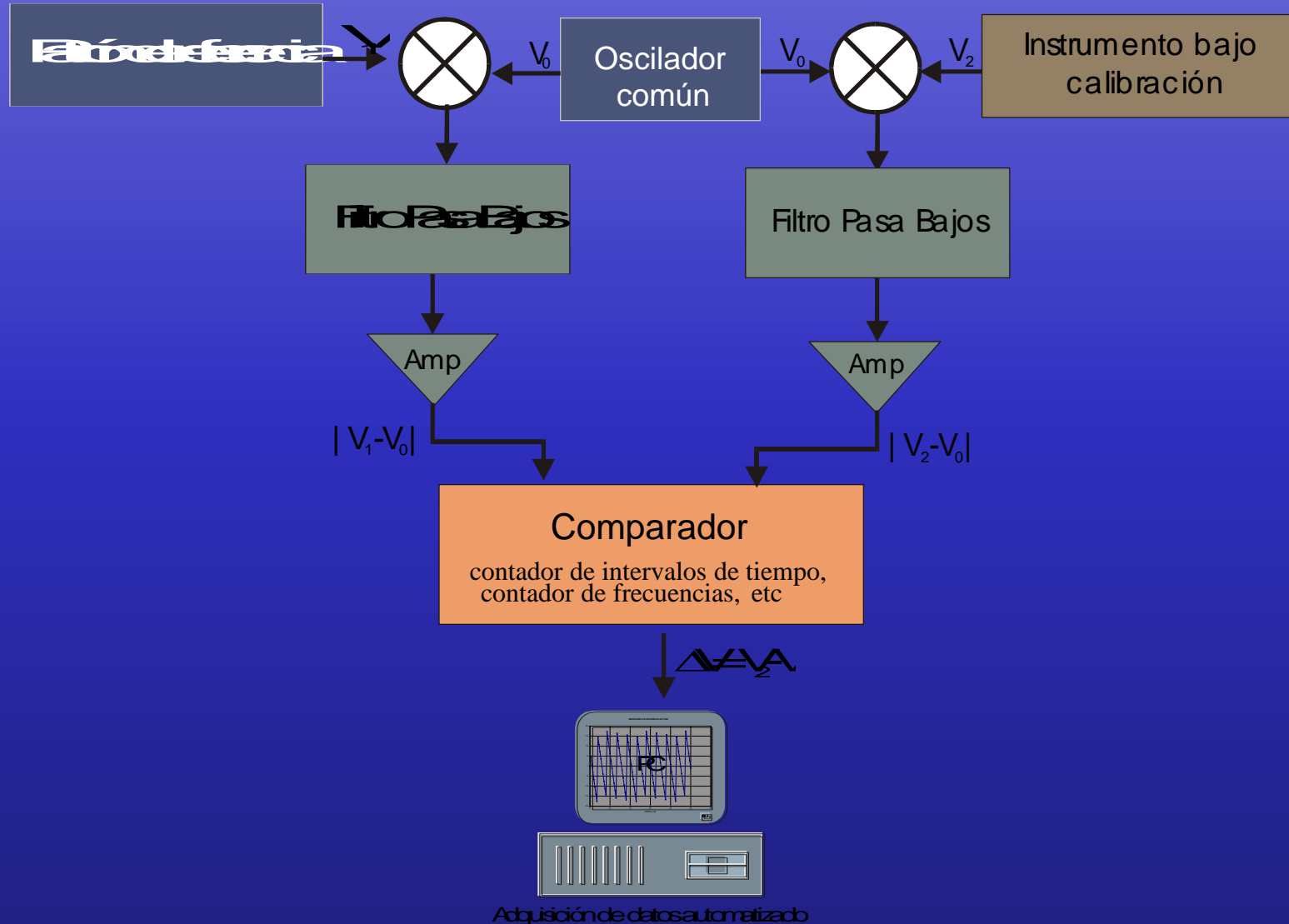
Mediciones con mezcla de frecuencia



MEDICIONES DE DIFERENCIA DE FRECUENCIA
FIGURA 1



Medición de diferencia de fase con mezclador dual



Análisis del método de doble mezcla de frecuencia

