

CALIBRACIÓN DE CRONÓMETROS

Por

J. Mauricio López R.



**División de Tiempo y Frecuencia
Centro Nacional de Metrología
(CENAM)**

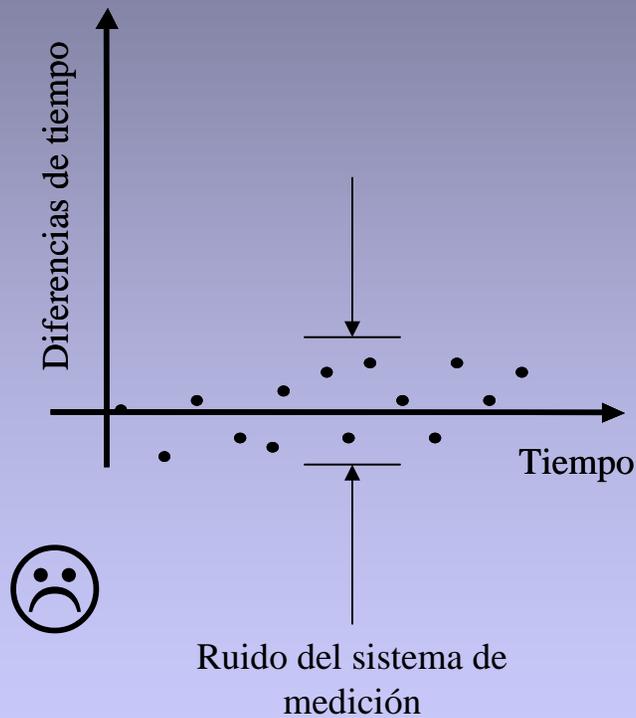
INTRODUCCIÓN



El mercado de la calibración de cronómetros

- ✓ Existen en el país más de 100 millones de relojes de uso cotidiano.
- ✓ Más de la mitad de la industria incorpora la medición de tiempo en sus procesos.
- ✓ A nivel mundial, la calibración de cronómetros es por mucho la actividad de calibración en tiempo y frecuencia con más demanda.

Mediciones de Diferencia de Tiempo



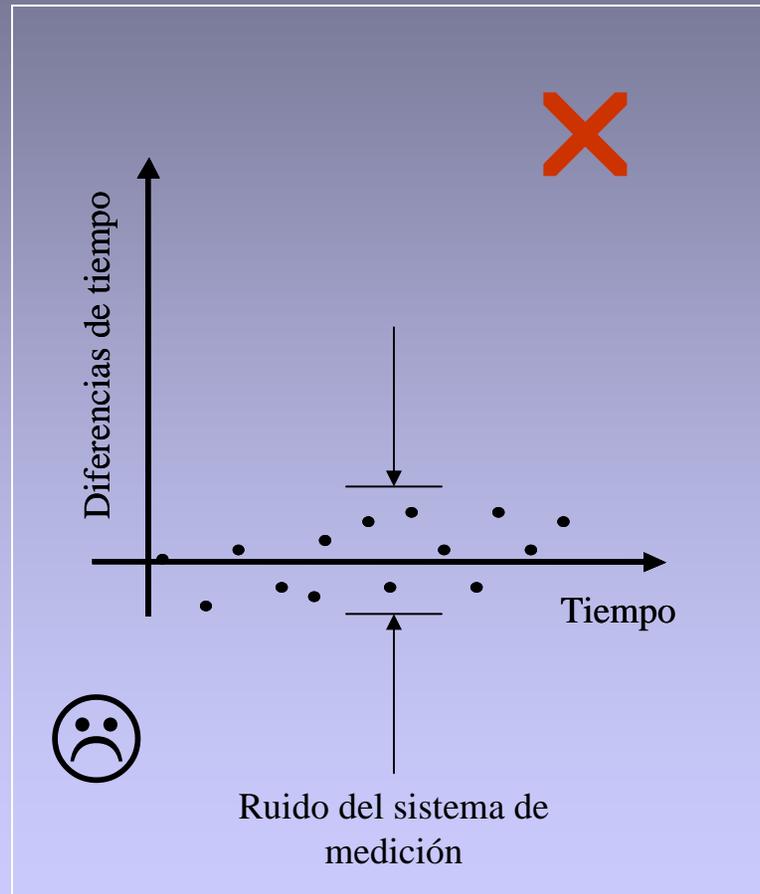
El problema

- El tiempo de toma de mediciones es muy corto en comparación con el ruido que introduce el sistema (el método) de medición

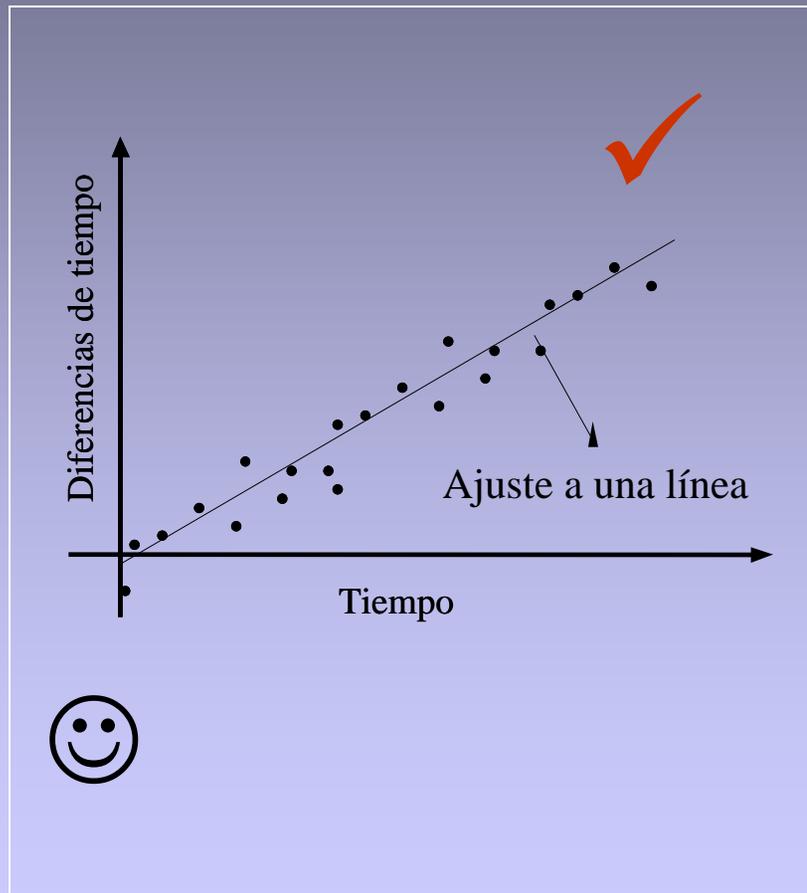
La solución

- Aumentar el tiempo de medición sin cambiar el método
- Utilizar un método de medición que introduzca menor ruido (incertidumbre)

Mediciones de Diferencia de Tiempo

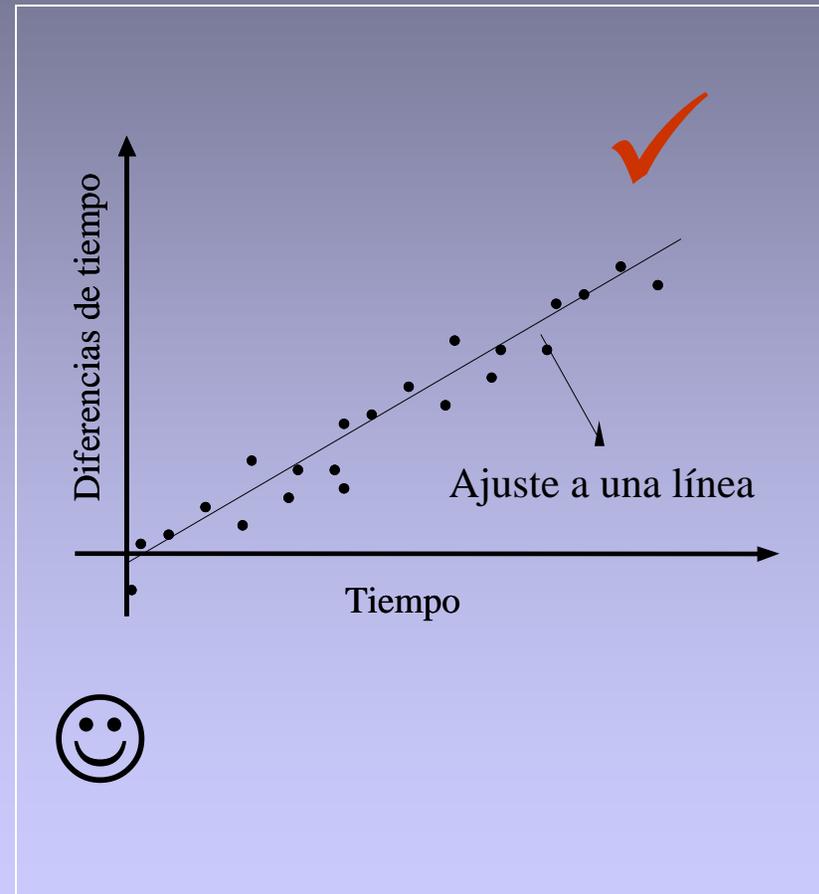
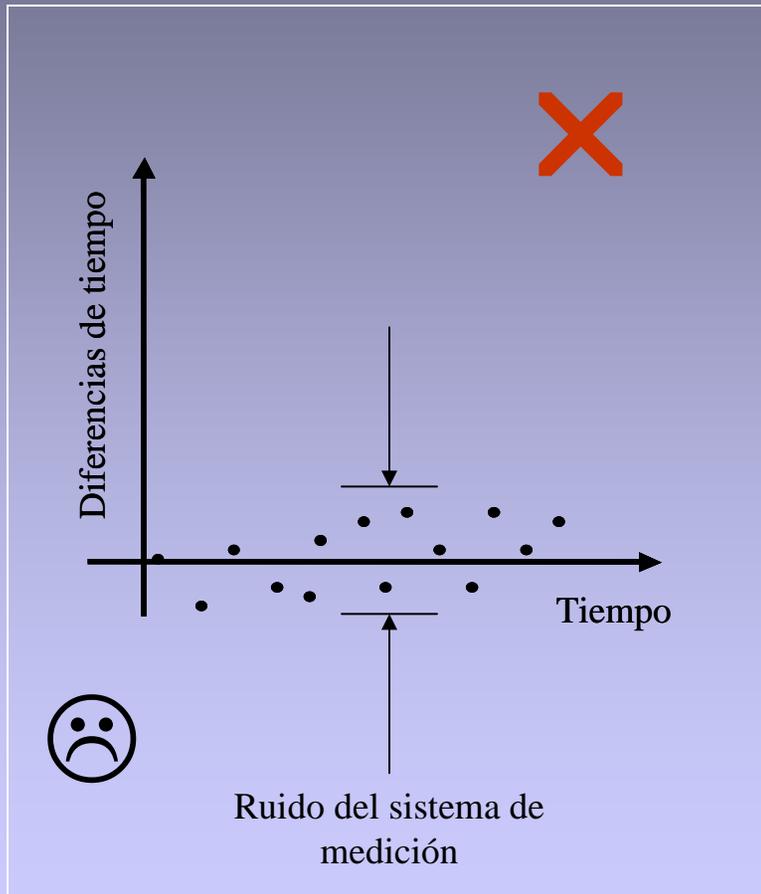


Mediciones de Diferencia de Tiempo



La relación entre el ruido que introduce el sistema de medición y el tiempo total de medición da como resultado que las diferencias de tiempo no sean ocultadas por el ruido. Las mediciones permiten medir la diferencia de frecuencia entre el reloj bajo calibración y el reloj de referencia

Mediciones de Diferencia de Tiempo





Reloj de Referencia



Reloj de Referencia



Reloj de Referencia



Reloj de Referencia



Reloj bajo calibración



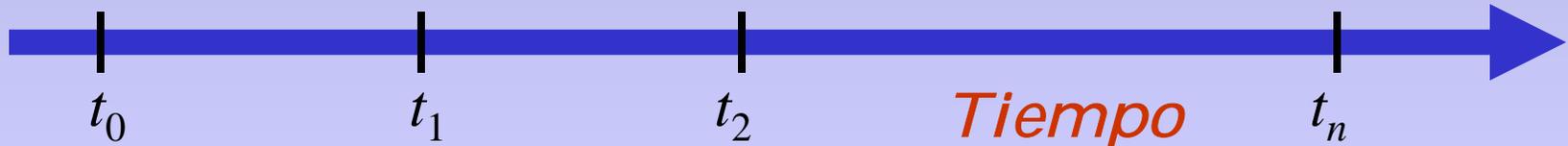
Reloj bajo calibración

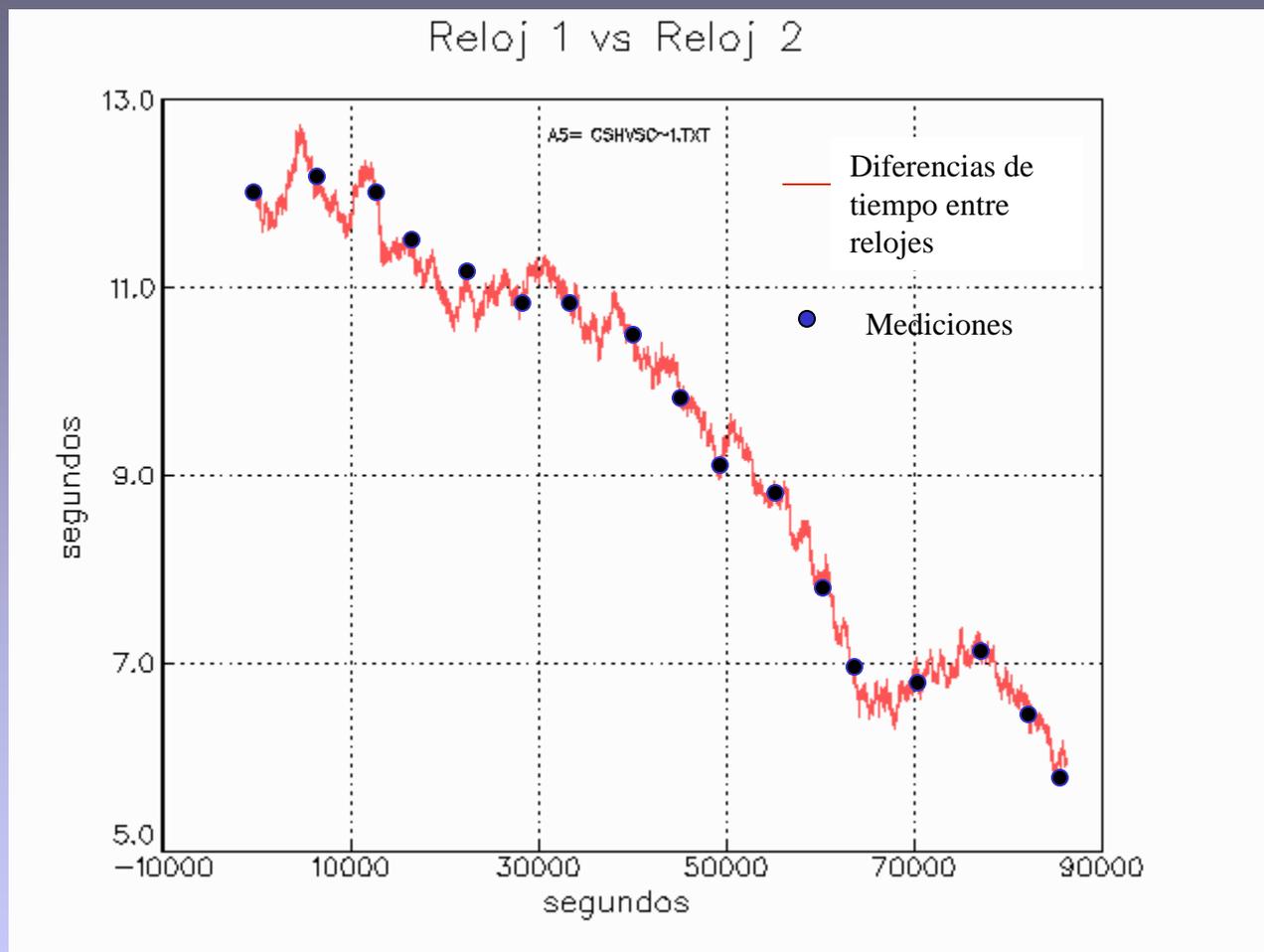


Reloj bajo calibración

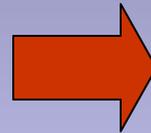
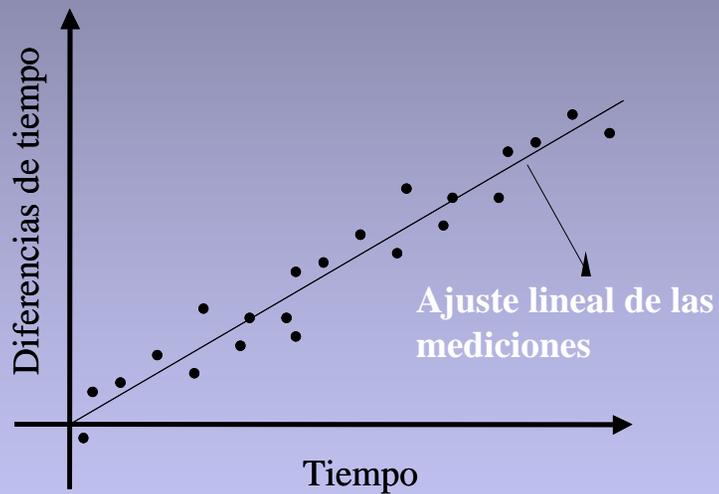


Reloj bajo calibración





Análisis de datos



$$\Delta t = mt + b \pm u_{\text{exp}}$$

Incertidumbre
expandida



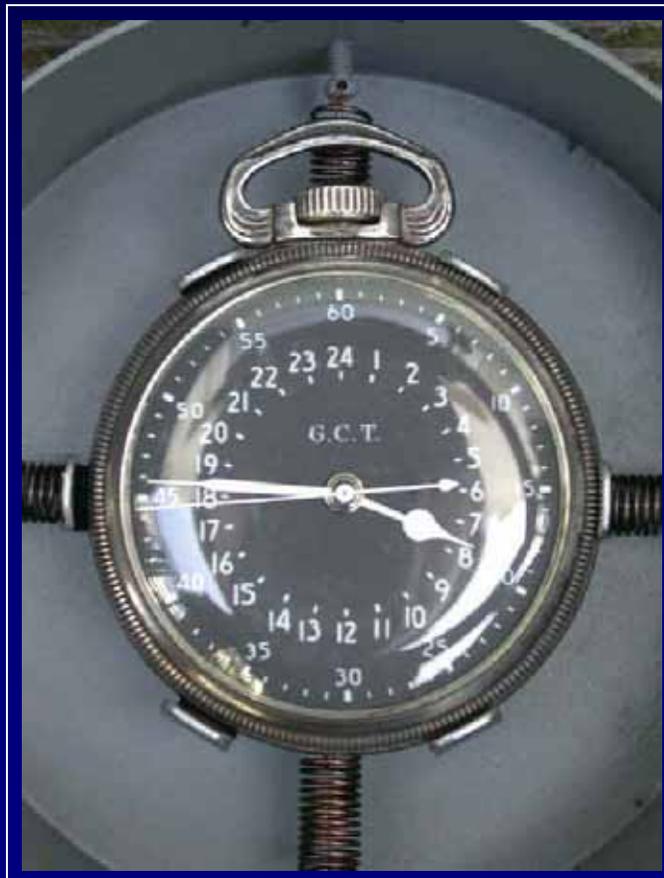
Diferencia
fraccional de
frecuencia



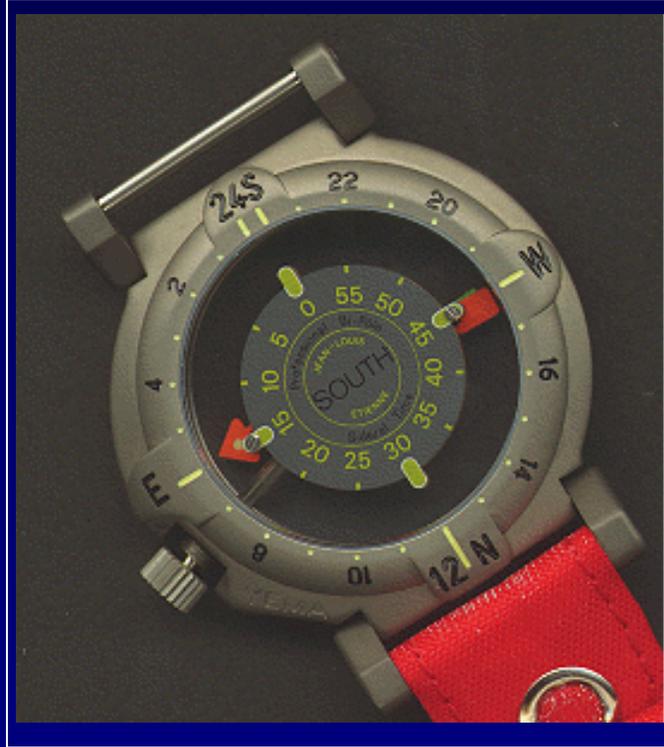
Nivel de sincronía
inicial. $b \approx 0$
para cronómetros



Métodos de calibración



El método fotográfico



Ventajas del método

 **Aplica para relojes o cronómetros que no tienen una señal eléctrica de salida.**

Relojes de pulsera

Cronómetros para deportes

Relojes de pared

 **La adquisición de mediciones puede ser automatizada**

 **Aplica para una extensa variedad de relojes o cronómetros**

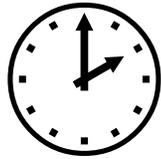
 **Implementación relativamente económica**

Requerimientos del método

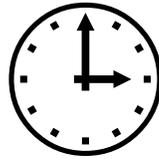
- 🕒 **Cámara fotográfica con disparo automático programable**
- 🕒 **Patrón de referencia con salida gráfica (*display*)**
- 🕒 **Reloj bajo calibración con salida gráfica (*display*)**



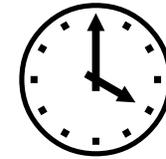
Reloj de Referencia



Reloj de Referencia



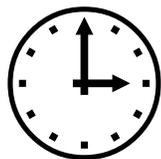
Reloj de Referencia



Reloj de Referencia



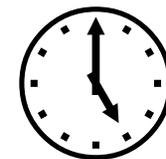
Reloj bajo calibración



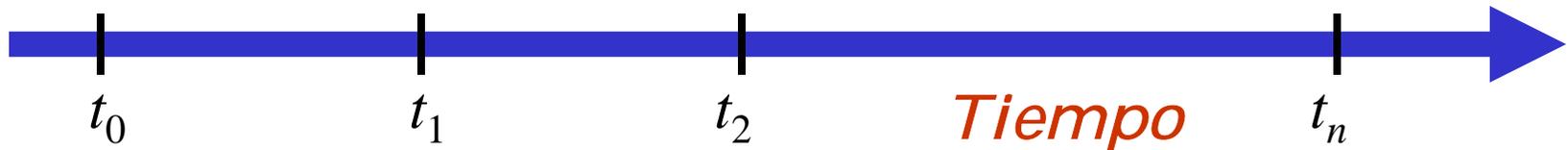
Reloj bajo calibración

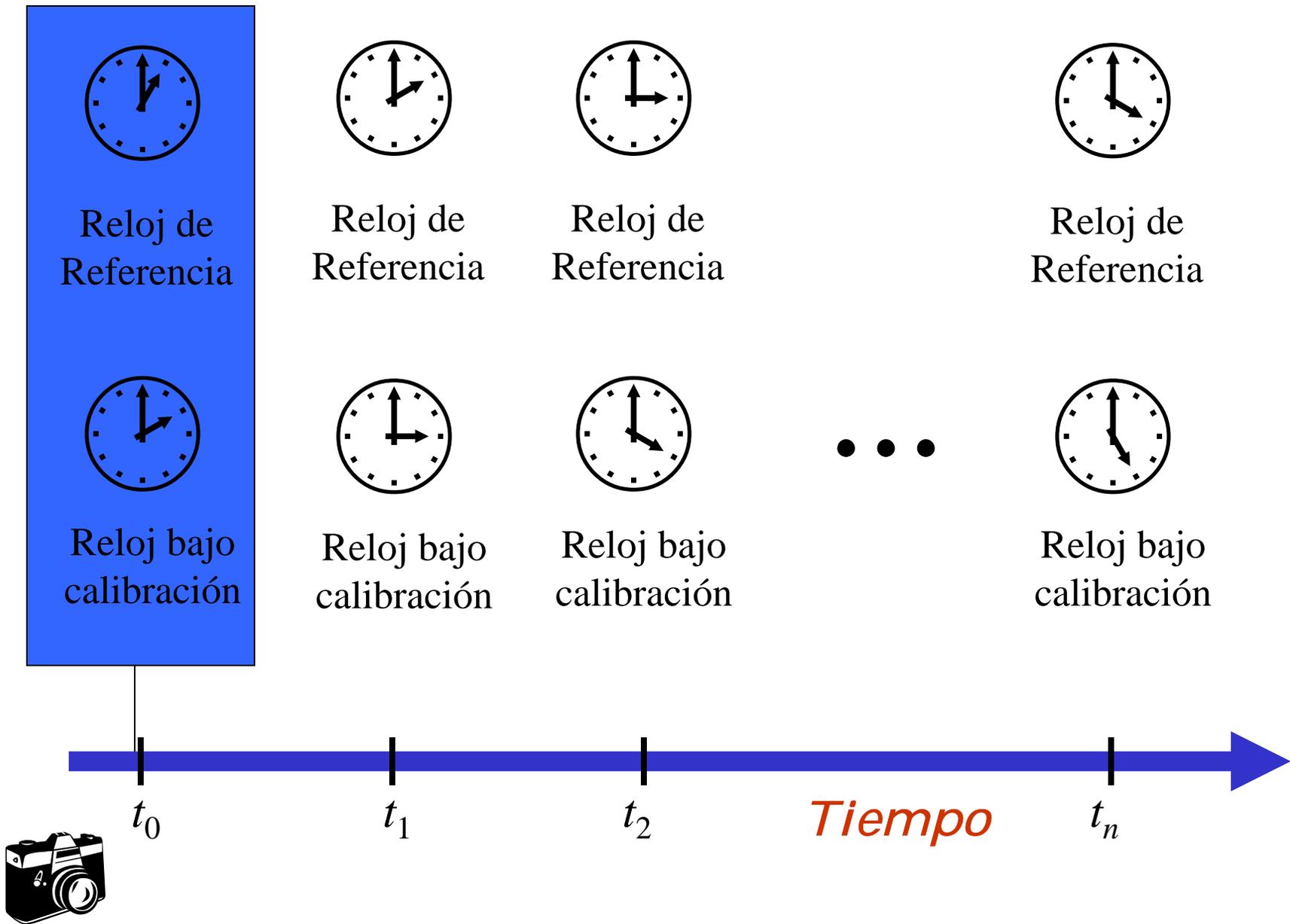


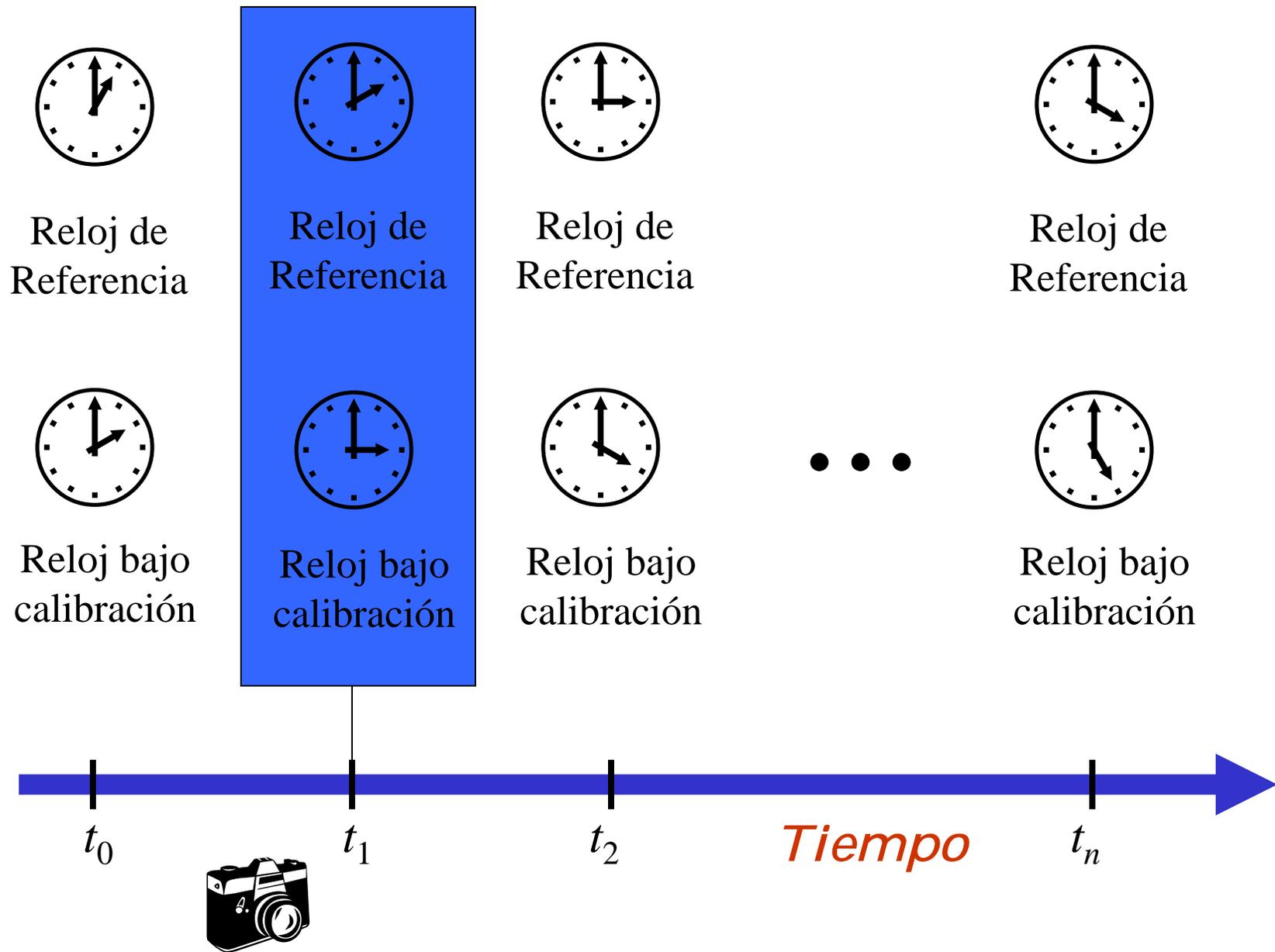
Reloj bajo calibración

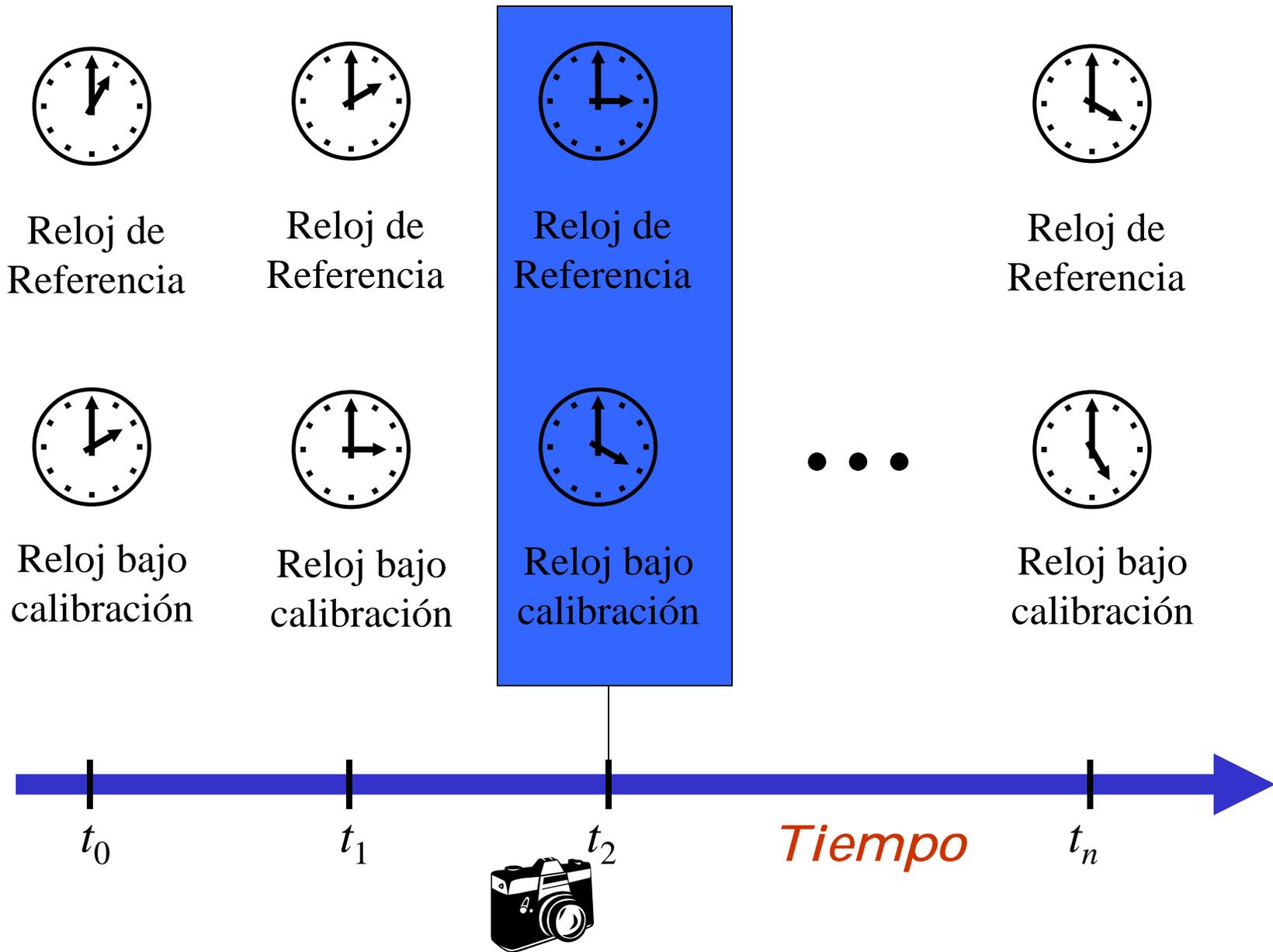


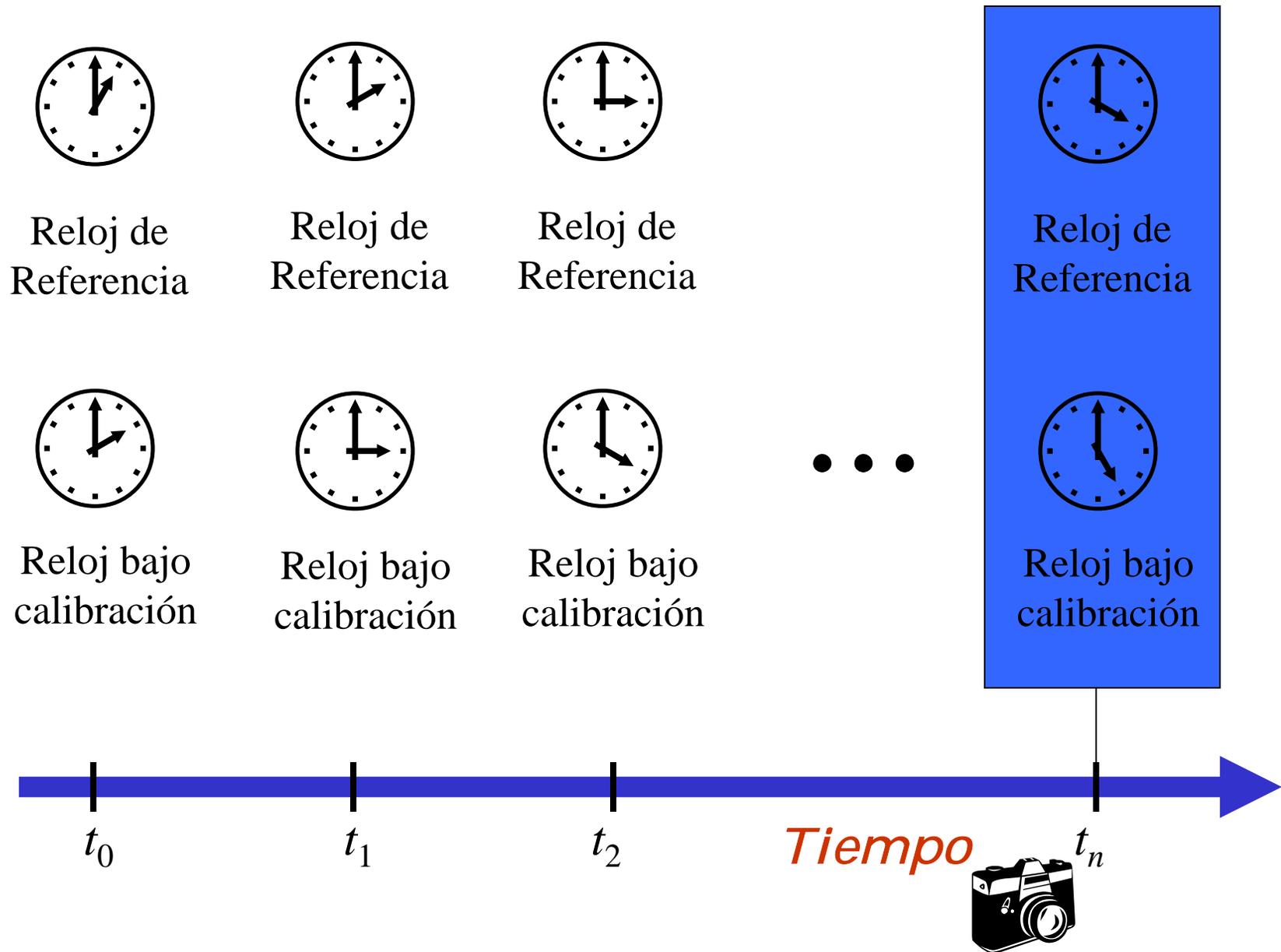
Reloj bajo calibración











CALIBRACIÓN DE CRONÓMETROS

GRACIAS

Por

J. Mauricio López R.



**División de Tiempo y Frecuencia
Centro Nacional de Metrología
(CENAM)**