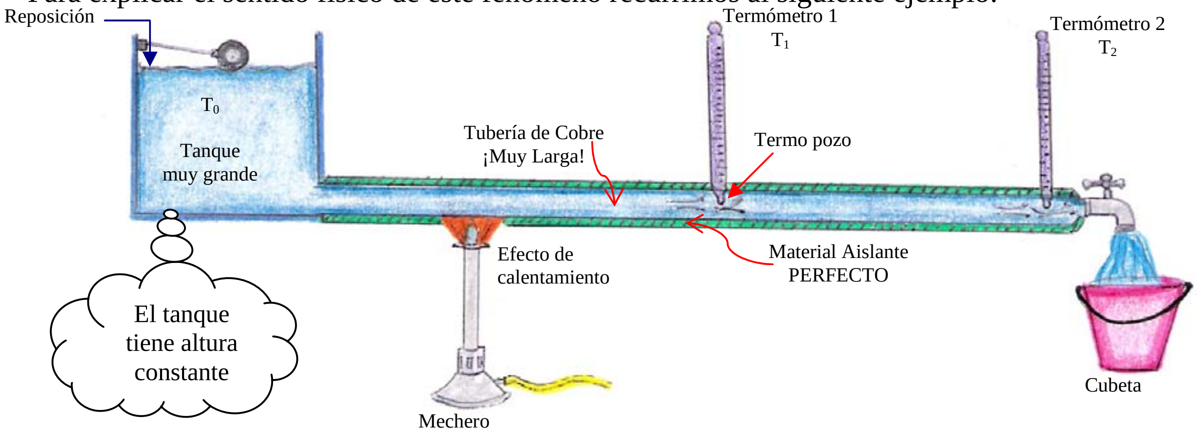
Tiempo Muerto:

Para explicar el sentido físico de éste fenómeno recurrimos al siguiente ejemplo:



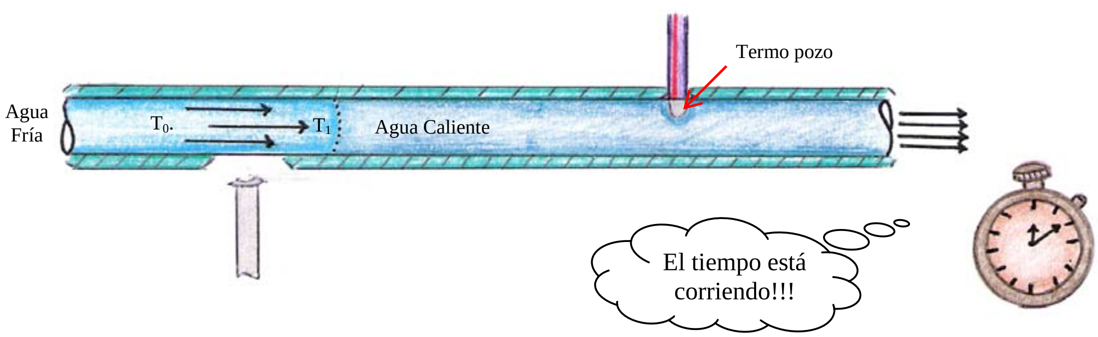
En éste sistema se calienta agua por fuego directo de un mechero. Consideremos que el sistema opera en estado estacionario.

- Dado que el tubo de cobre esta aislado "perfectamente" se puede suponer que solo se transfiere calor de la flama del mechero al líquido.
- Entonces, las temperaturas T_1 y T_2 son iguales en estado estacionario. Además, $T_0 < T_1$.

Evento Perturbativo: Se acaba el gas y el mechero se apaga.

¿Qué se observa?

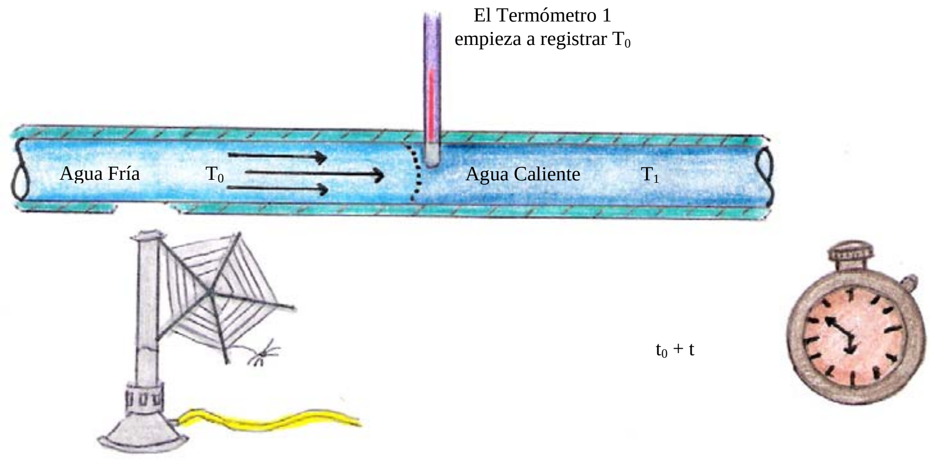
Al momento en que se extingue la flama, t_0 (tiempo cero), el agua fría, a T_0, se mueve a lo largo de la tubería, empujando al agua caliente:



Entonces:

Al tiempo t_0 la lectura del termómetro 1 es T_1, la del termómetro 2 es también T_1 (recuerda que en ése momento $T_1 = T_2$).

El tiempo pasa… y por fin:

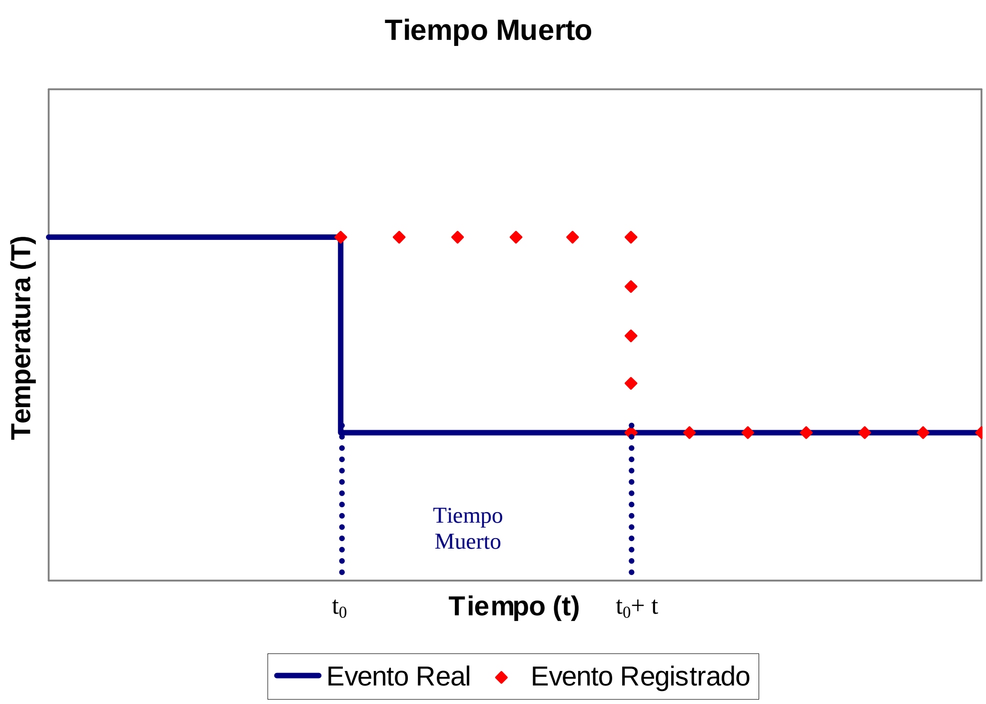


Ahora imagínate ¿Cuánto tiempo tarda en manifestarse T_0 en el termómetro 2?

En conclusión:

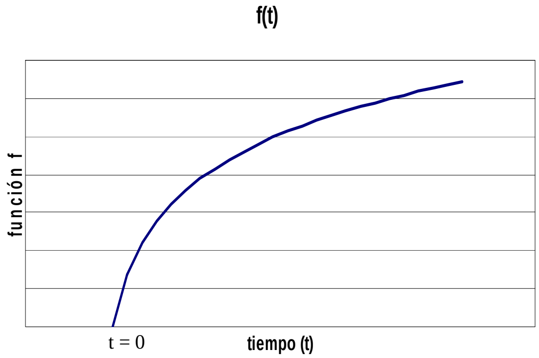
El tiempo que tarda en manifestarse en los instrumentos de medición el cambio de una variable de proceso es el llamado **Tiempo Muerto.**

Gráficamente esto se puede representar de la siguiente manera:



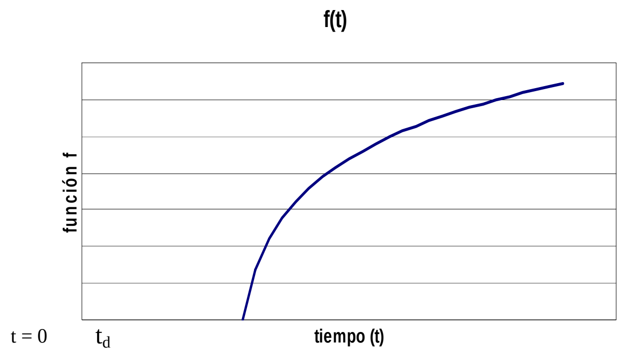
Matemáticas del Tiempo Muerto:

Entonces, la presencia del tiempo muerto significa un desplazamiento de la función del sistema:



Para ésta:
f(t)

Para ésta otra
$f(t-t_d)$



Luego se puede demostrar que:

¡Ojo! Es un exponencial

$$\mathcal{L}\left[f\left(t-t_d\right)\right]=\underbrace{e^{-st_d}}*\bar{f}$$

Éste es el efecto del tiempo muerto

Ahora tenemos un problema, el tiempo muerto produce en el dominio de la frecuencia un exponencial y no un polinomio.
Para resolver éste asunto se propone el uso de las siguientes aproximaciones llamadas:

“IDENTIDADES DE PADÉ”

- Aproximación de 1° Orden:

$$e^{-st_d} \approx \frac{1-\frac{t_d}{2}s}{1+\frac{t_d}{2}s}$$

- Aproximación de 2° Orden:

$$e^{-st_d} \approx \frac{\left(t_d\right)^2 s^2-6t_d s+12}{\left(t_d\right)^2 s^2+6t_d s+12}$$