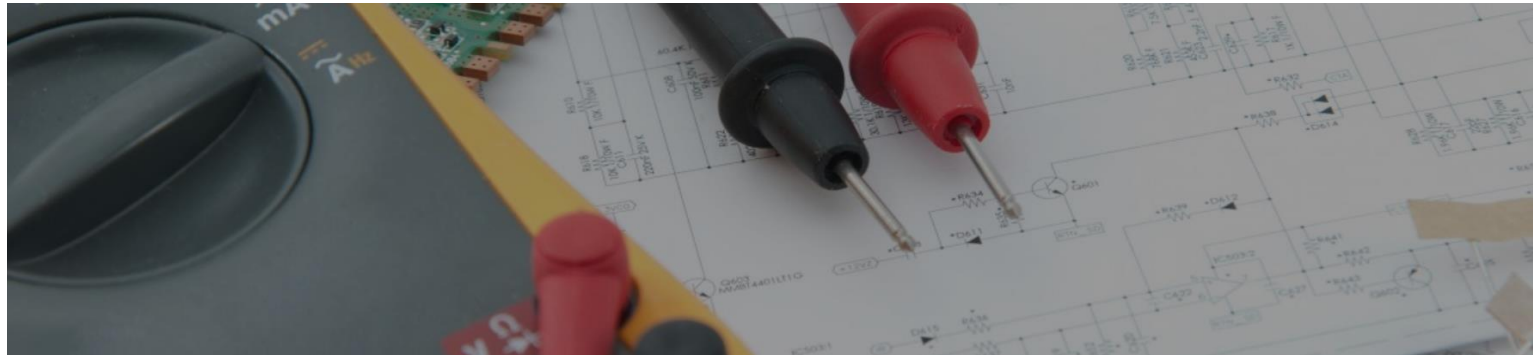


## Unidad Temática N° 4

Uso de osciloscopios analógicos y digitales

Gabinete del Trabajo Práctico N° 4



## Parte 1. Osciloscopio analógico.

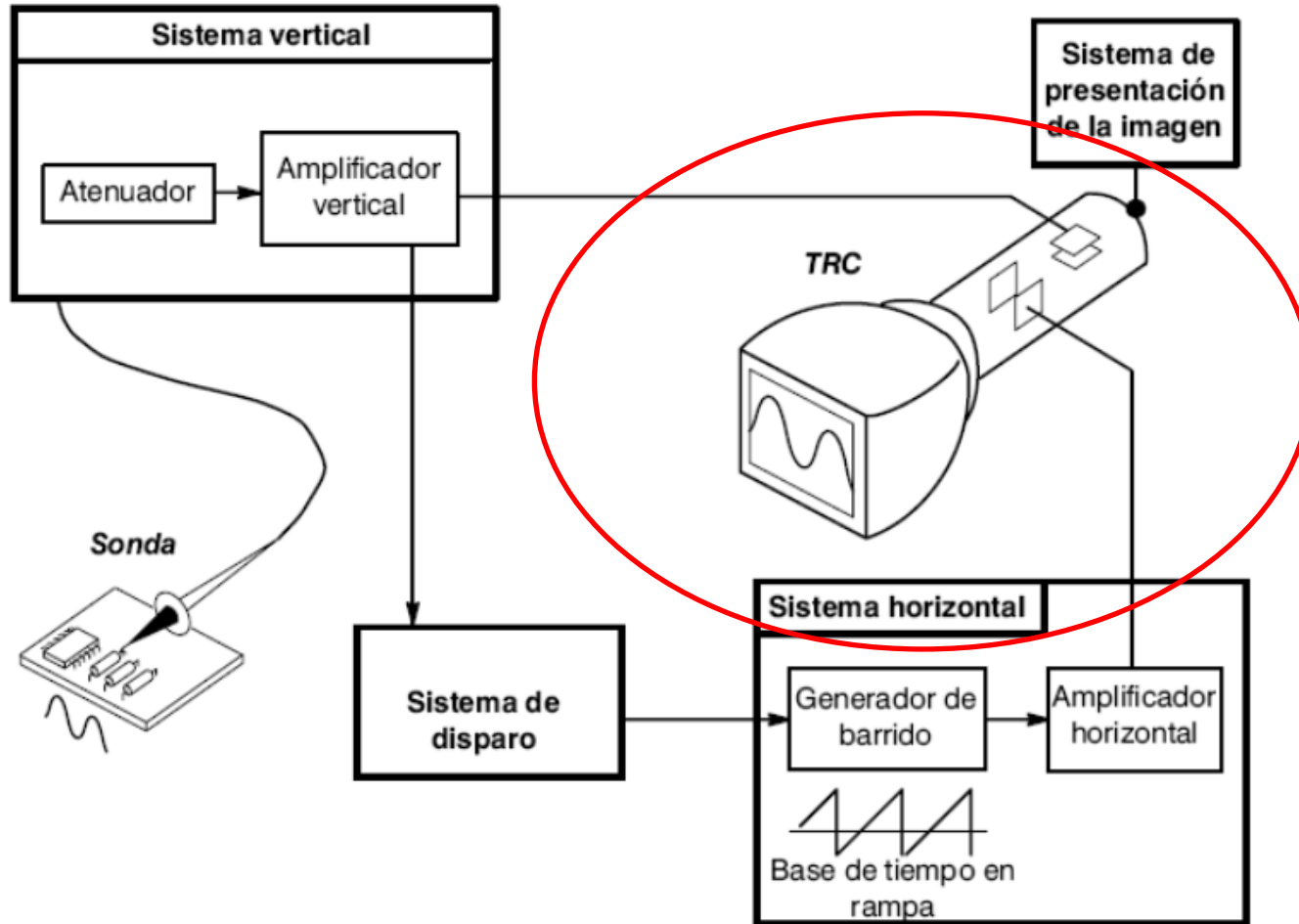
**Se basa en el TRC**

### **Mediciones que podemos hacer:**

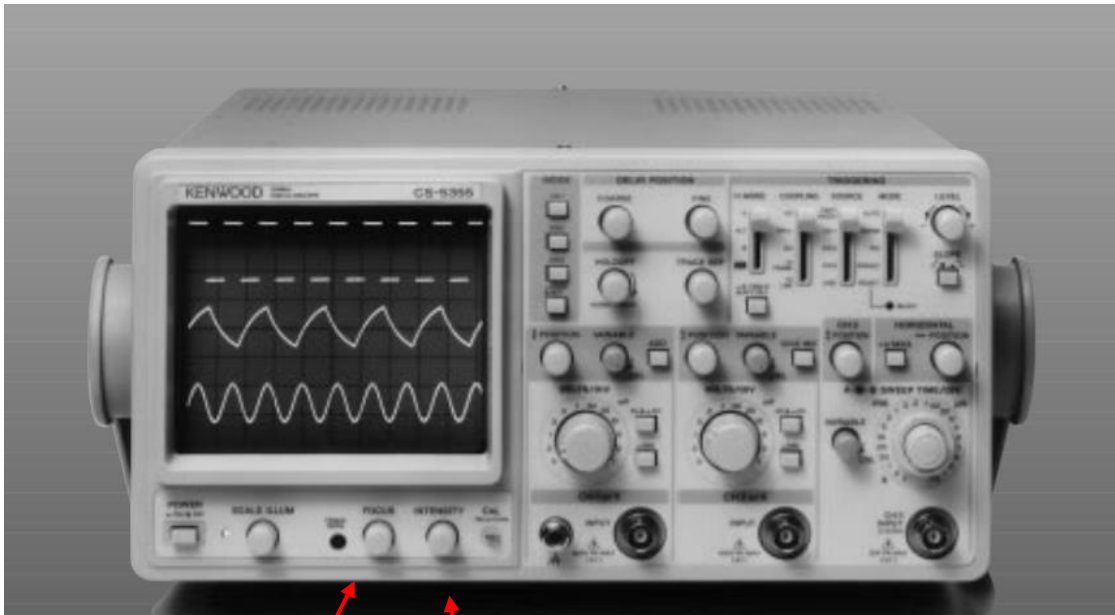
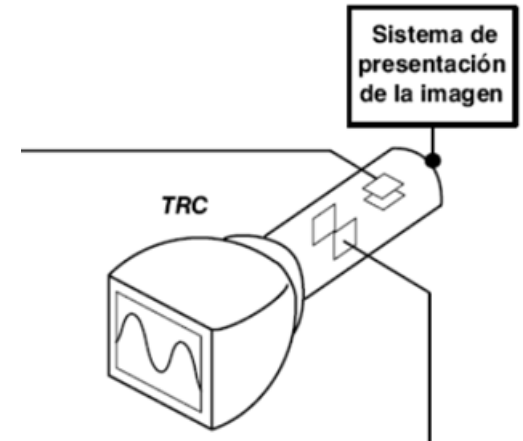
Visualizar y medir una tensión en función del tiempo en régimen permanente

Visualizar y medir una tensión en función del tiempo en régimen transitorio (memoria)

Visualizar una tensión en función de otra (modo x,y).



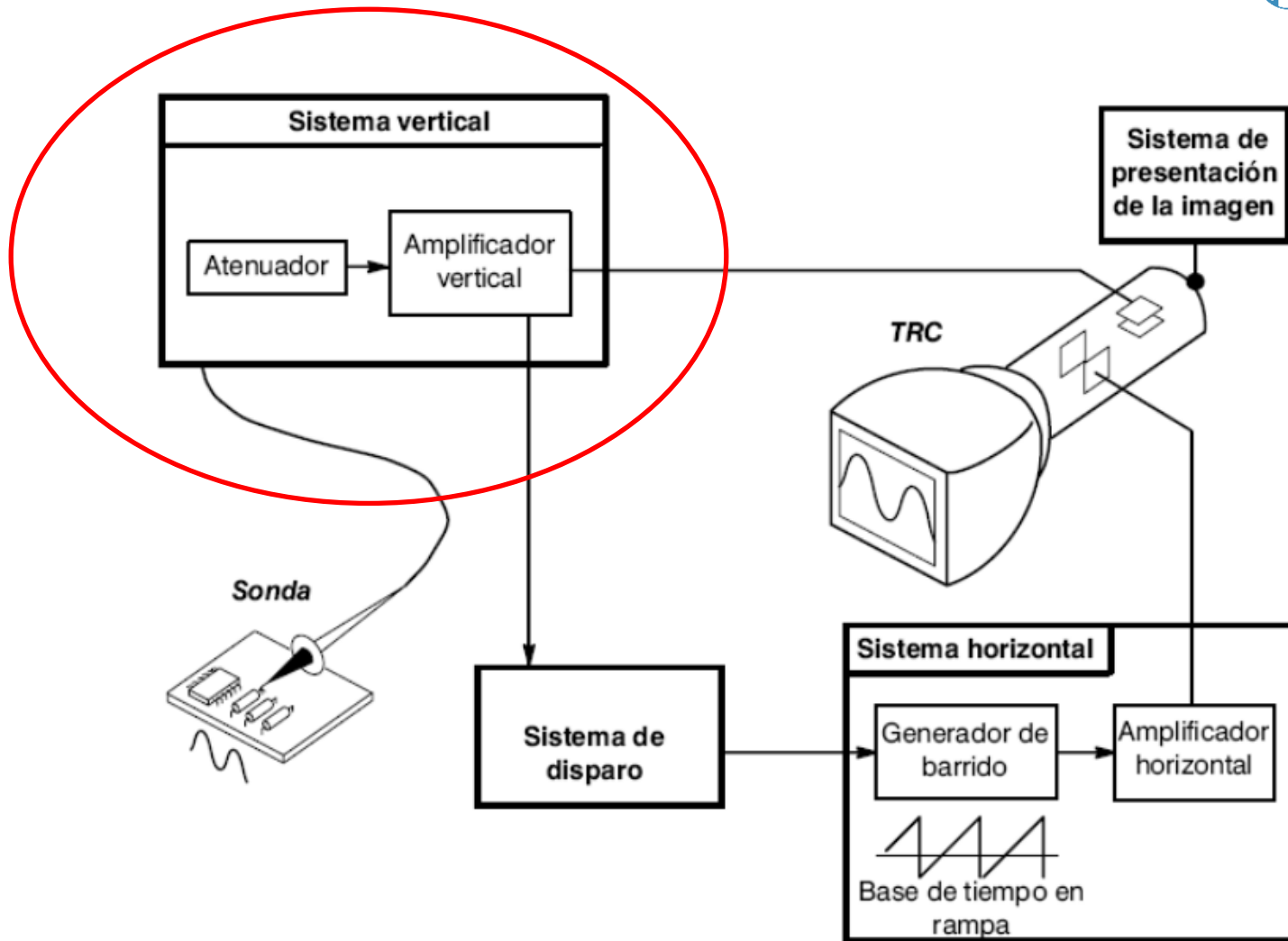
El TRC es el elemento que permite visualizar las tensiones

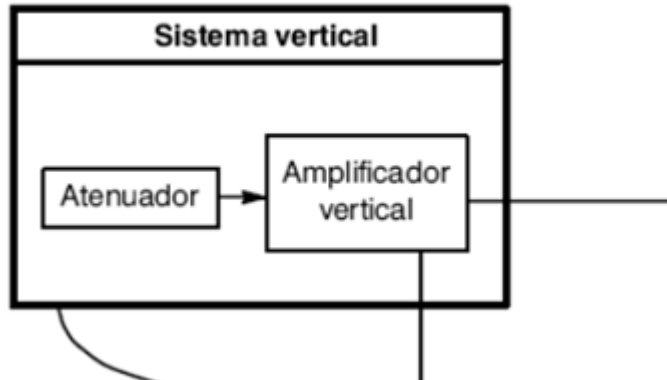


Foco

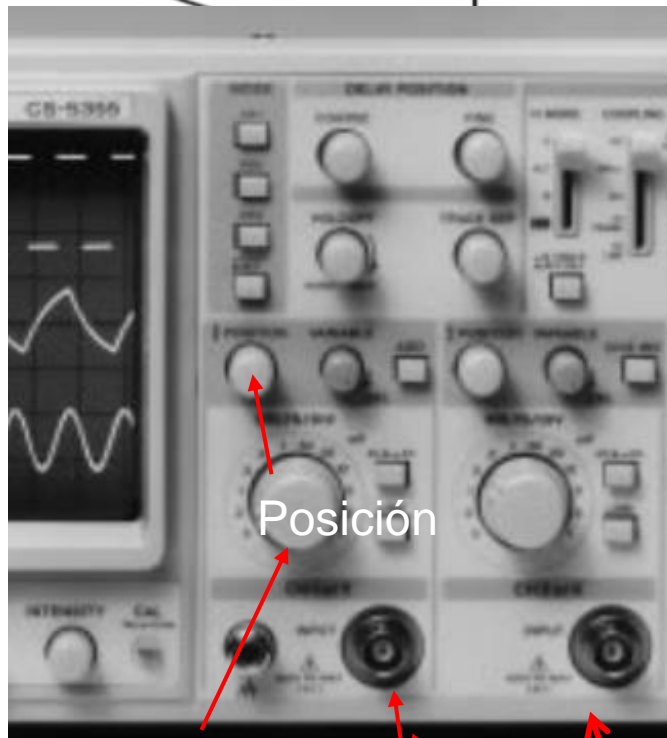
Intensidad

Regulan la imagen accionado sobre el "cañón" del TRC





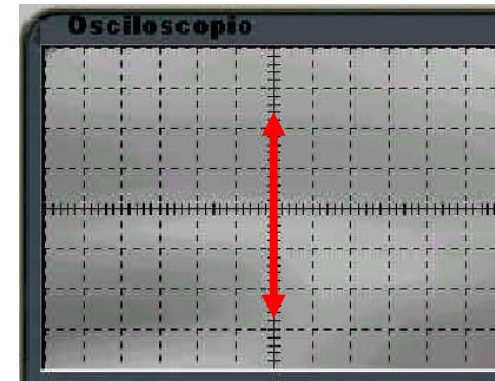
El **sistema vertical** permite controlar las excursiones verticales del haz



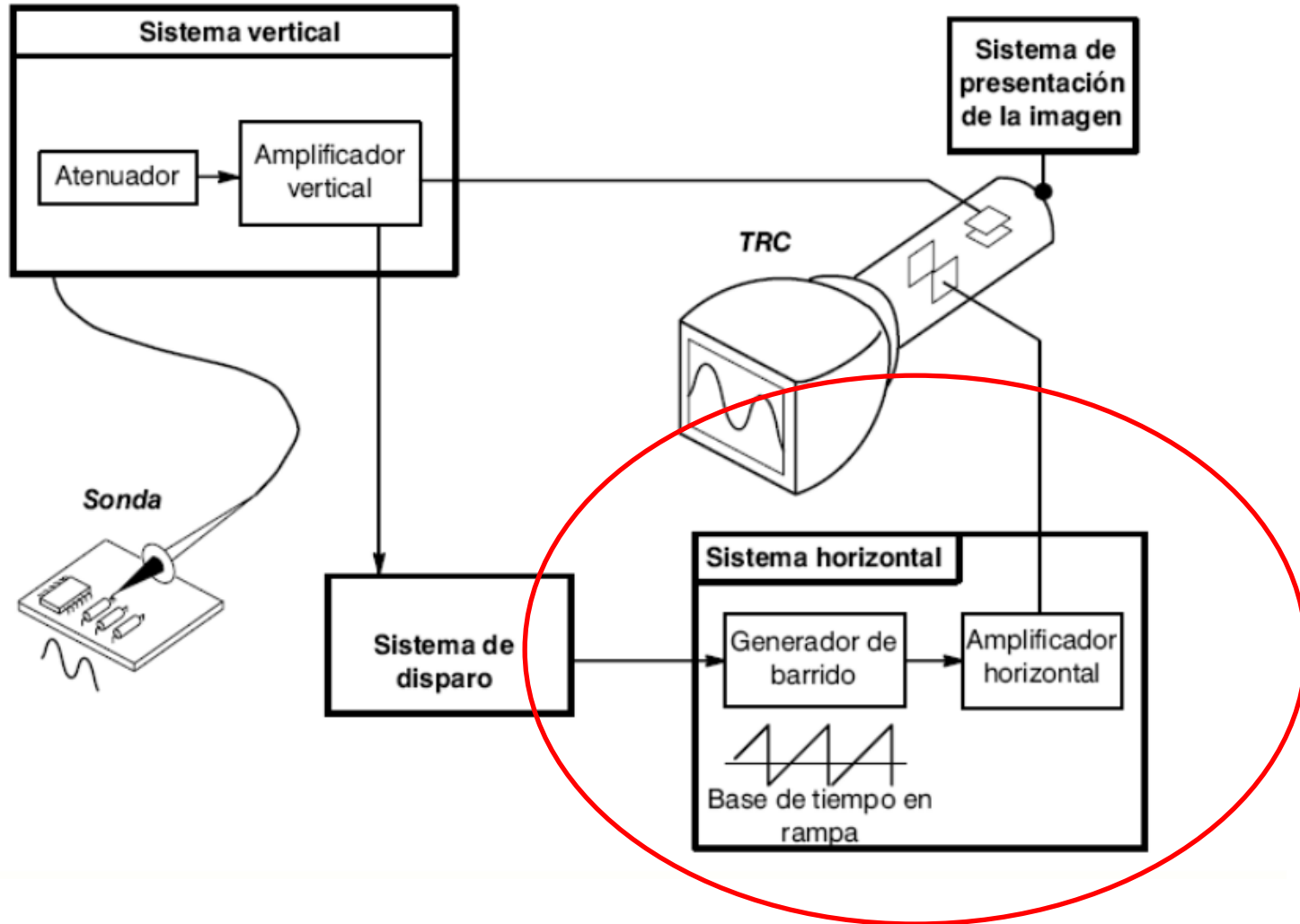
Atenuador

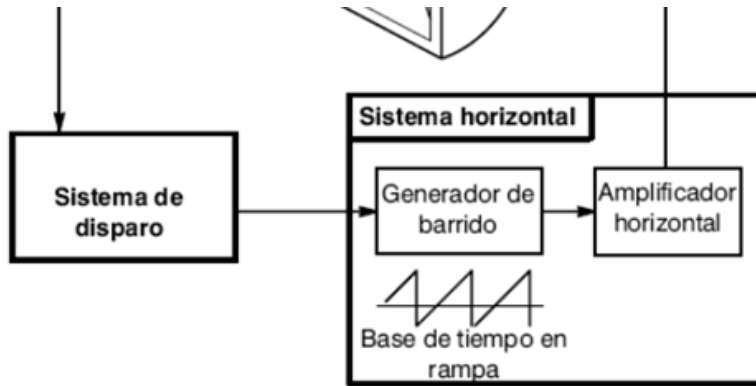
Posición

Entrada

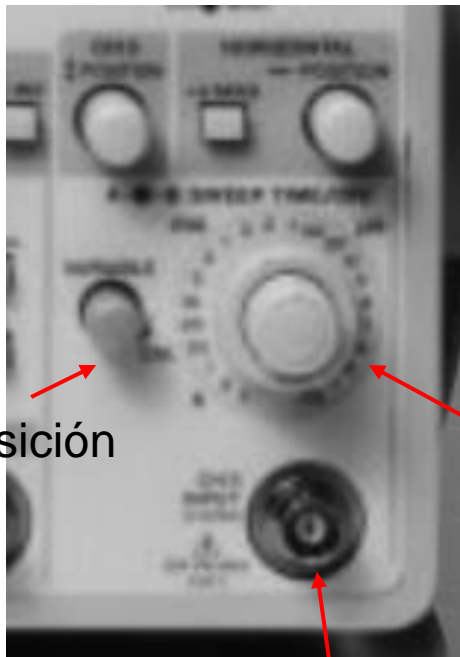


El Kenwood posee dos canales





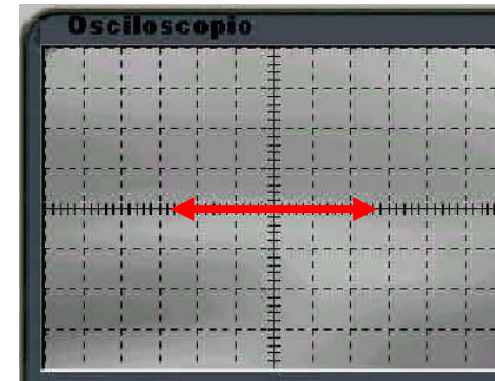
El **sistema horizontal** permite controlar las excursiones horizontales del haz



Posición

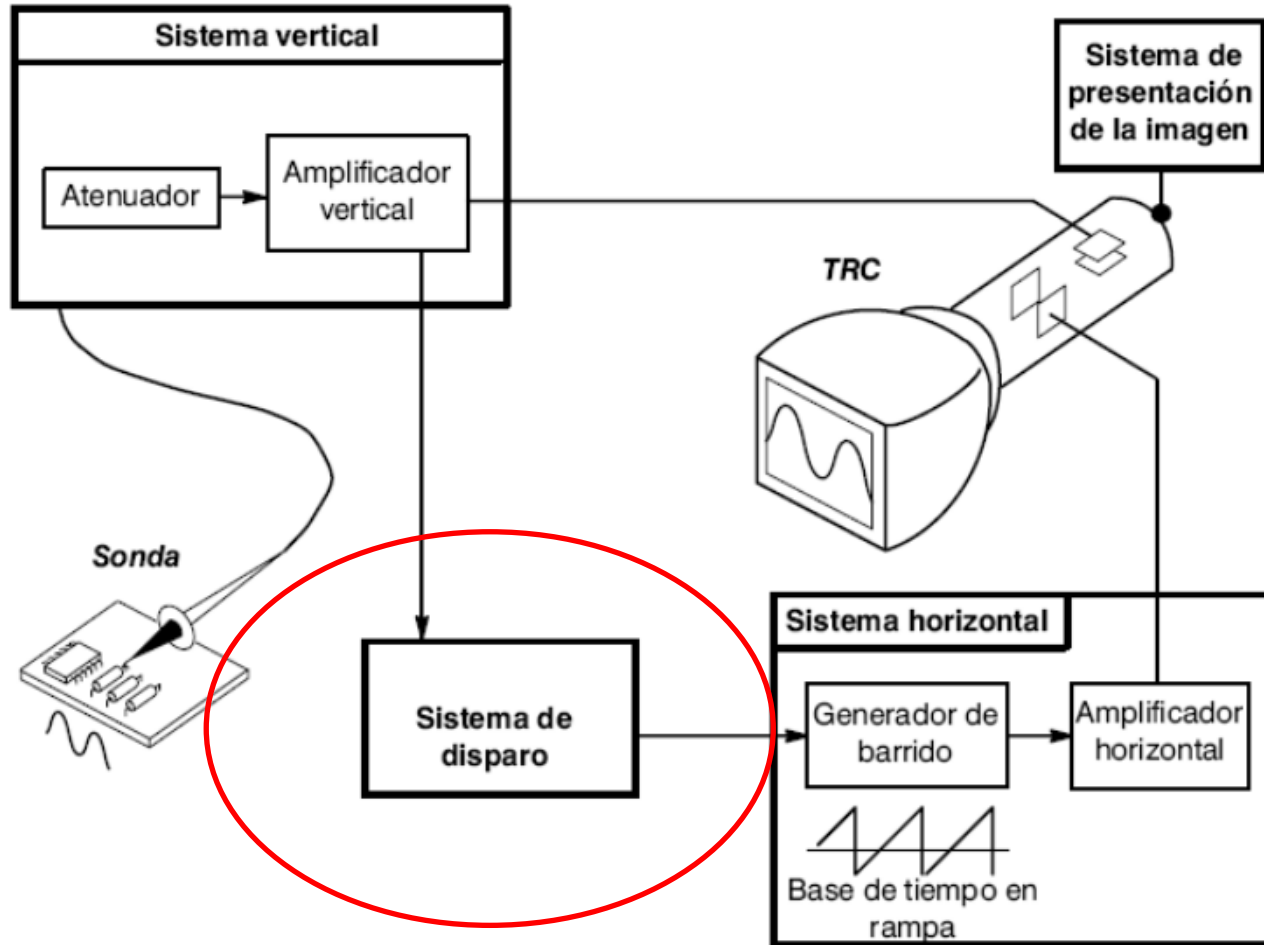
Ajuste de la base de tiempo (s/div)

Entrada para el modo xy

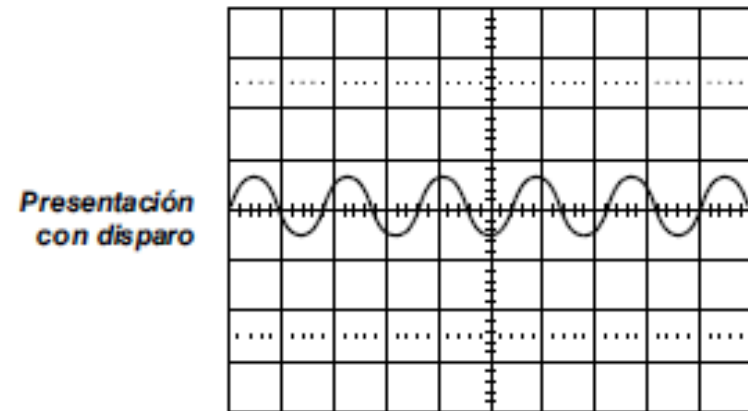
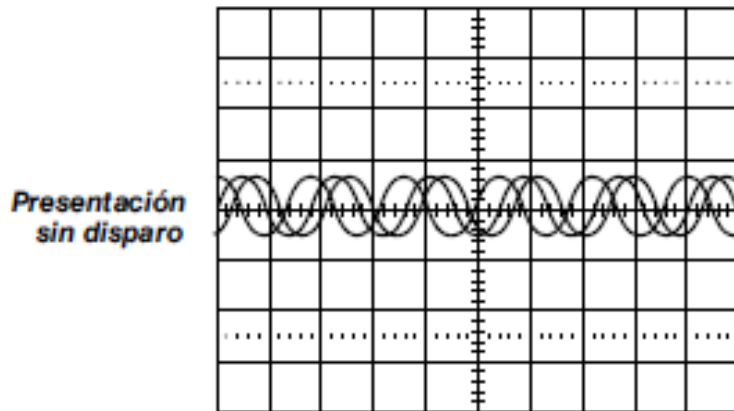


Para visualizar en función del tiempo se usa una señal "diente de sierra"



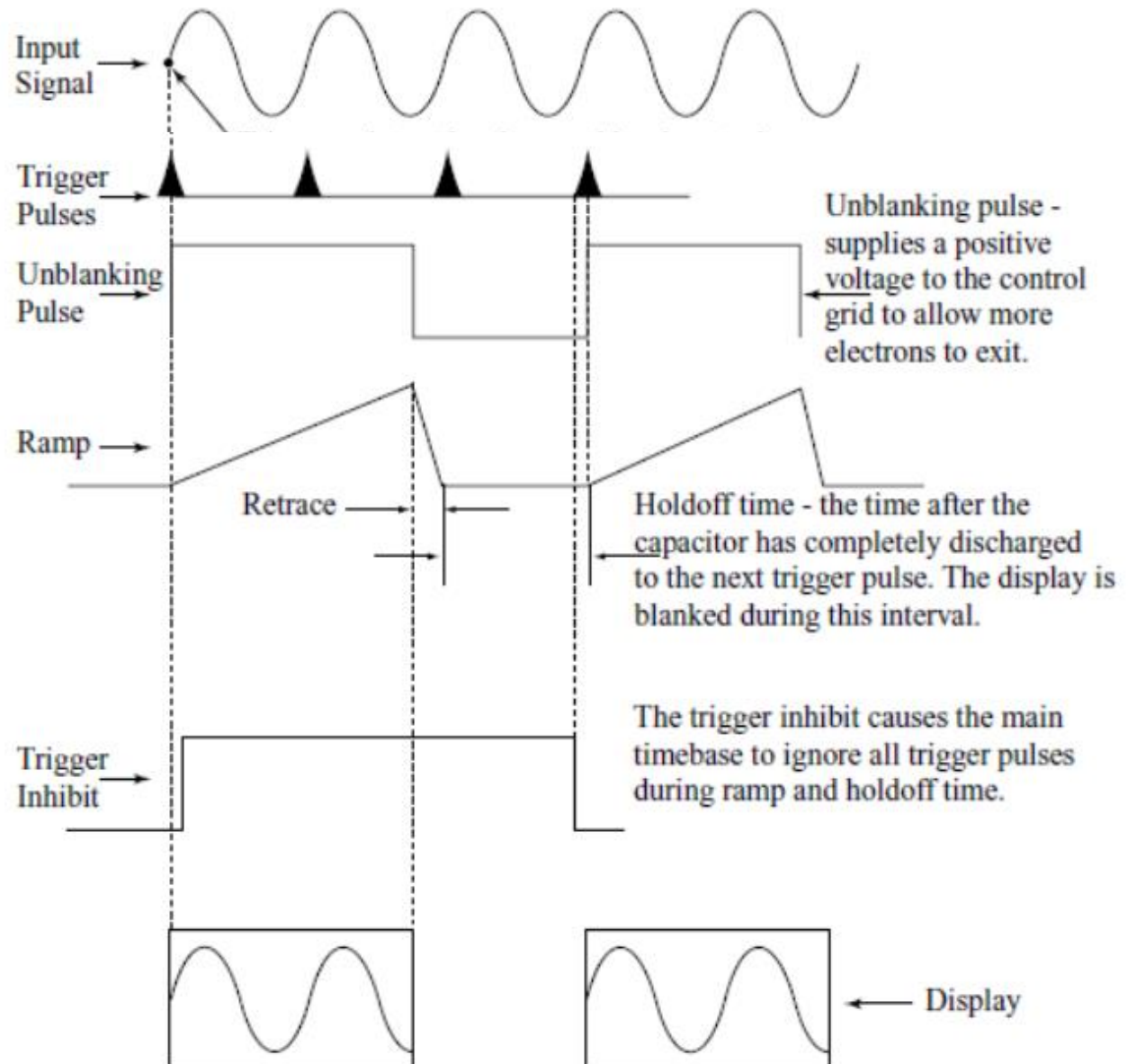


**Disparo (trigger).** Permite sincronizar el barrido con la señal a medir (para visualizaciones en función del tiempo).



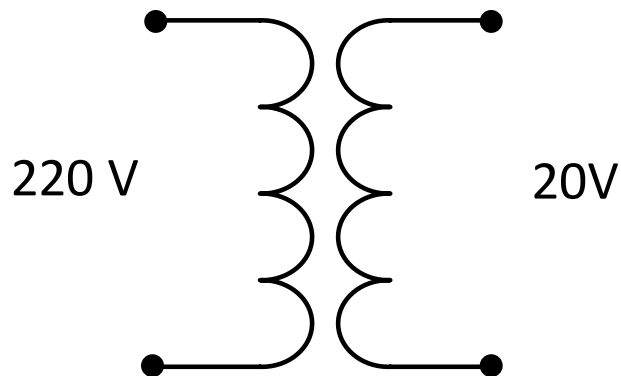
Si el diente de sierra no se sincroniza con la señal a medir, la visualización es inestable.

## Scope Timing Diagrams



## Laboratorio – Ejercicio 1

Medición de la corriente de vacío de un transformador  
220/20 V 50 VA



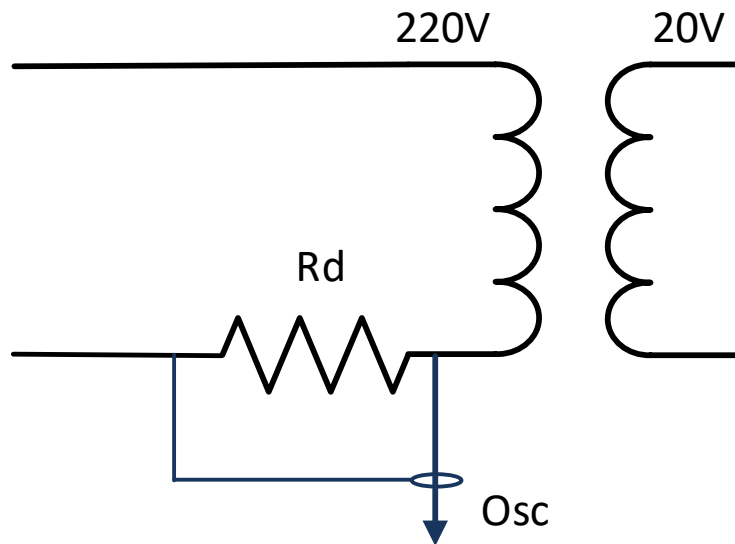
Transformador: 220/20 V ; 50 VA

$$I_o \approx 10\% I_n$$

$$I_n = 50 \text{ VA} / 220 \text{ V} = 230 \text{ mA}$$

$$I_o \approx 23 \text{ mA}$$

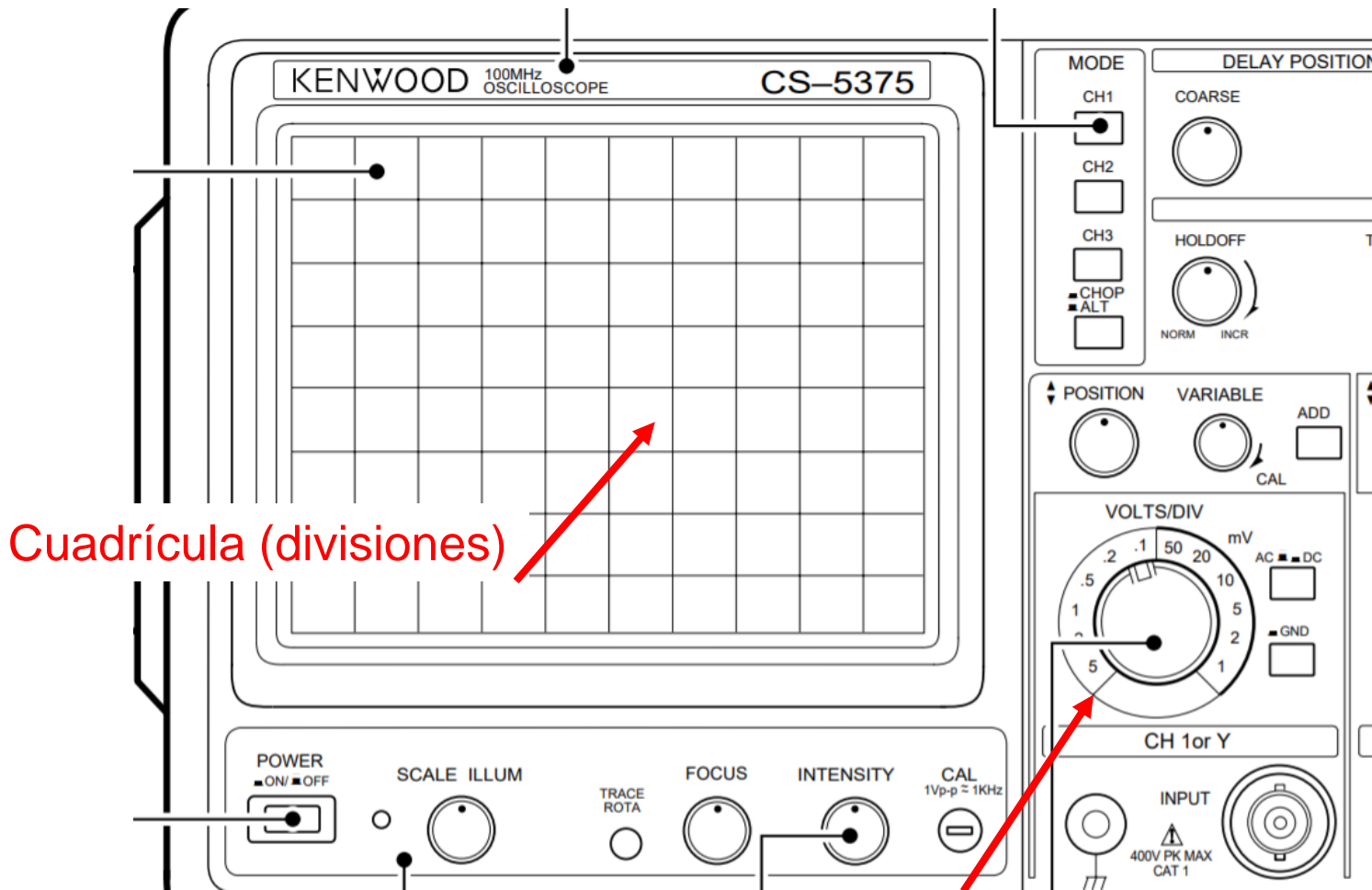
Como el osciloscopio mide tensiones, debemos encontrar una proporcional a la corriente: derivador



¿Qué valor debe tener  $R_d$ ?

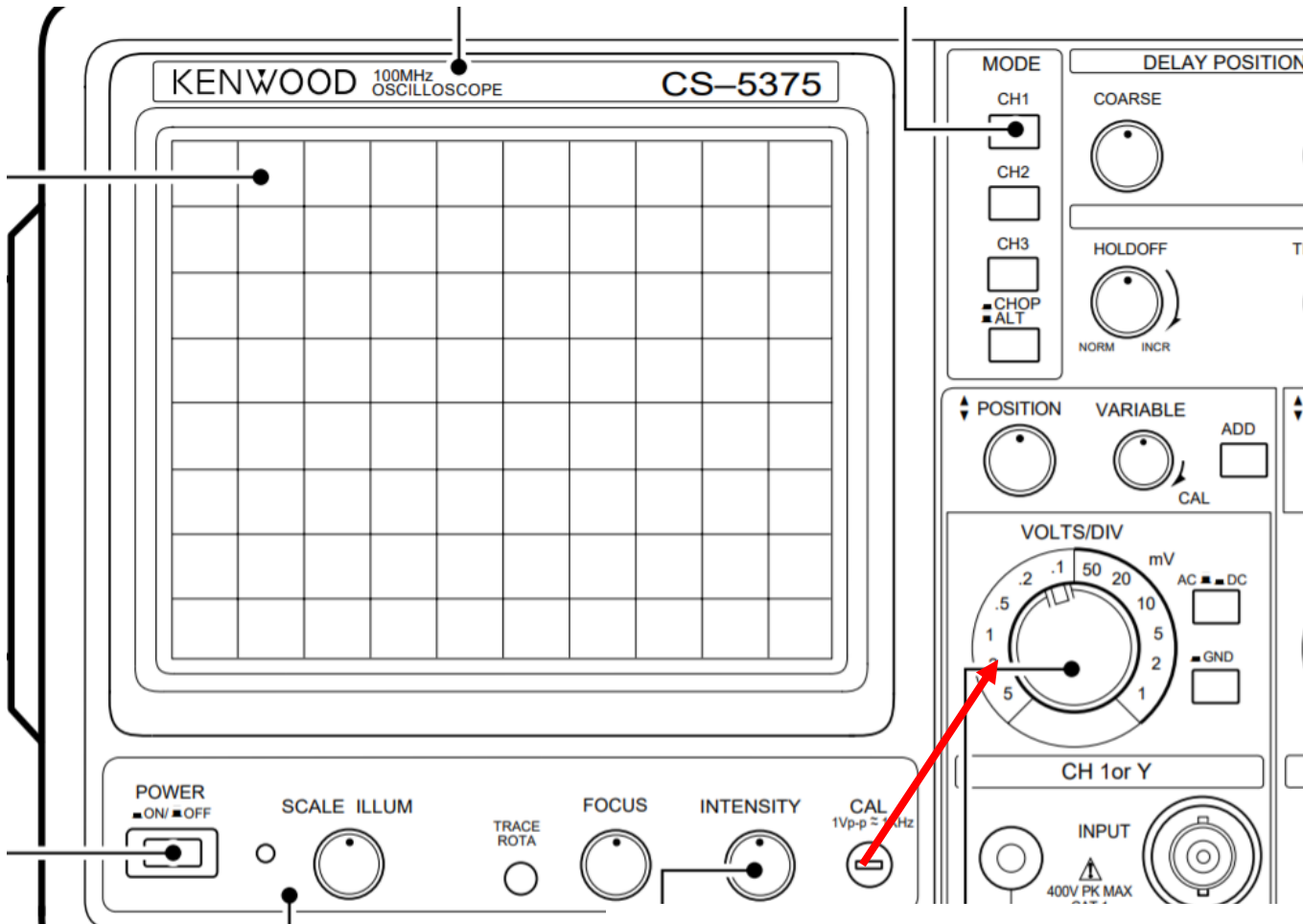
- 1.- Elevado, para lograr una tensión visible en el osciloscopio
- 2.- Bajo, para no generar error de inserción.

# 1.- Valor para lograr una tensión visible:



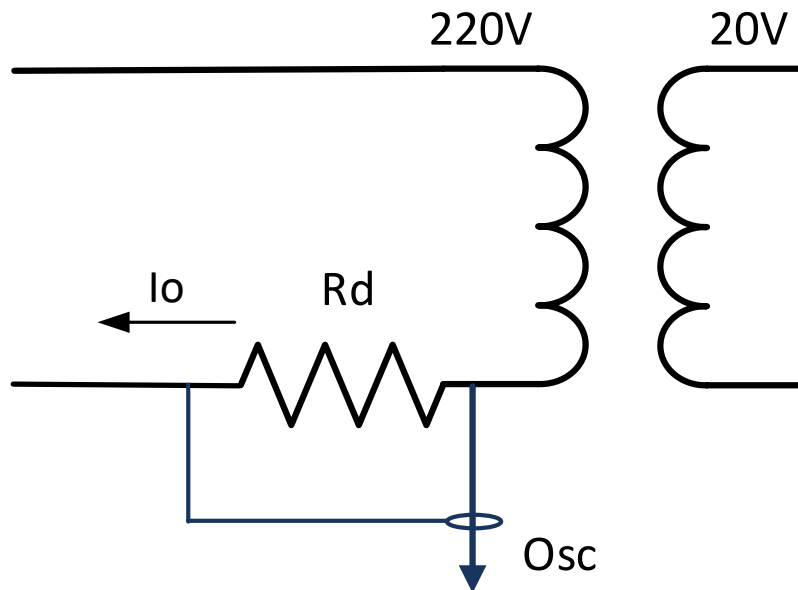
Atenuador (V – mV/div)

## 1.- Valor para lograr una tensión visible:



En nuestro caso, los mínimos son 2, 5 mV/div

## 1.- Valor para lograr una tensión visible:



Tomemos 5 mV/div

$$5 \text{ mV/div} \times 5 \text{ div} = 25 \text{ mV}$$

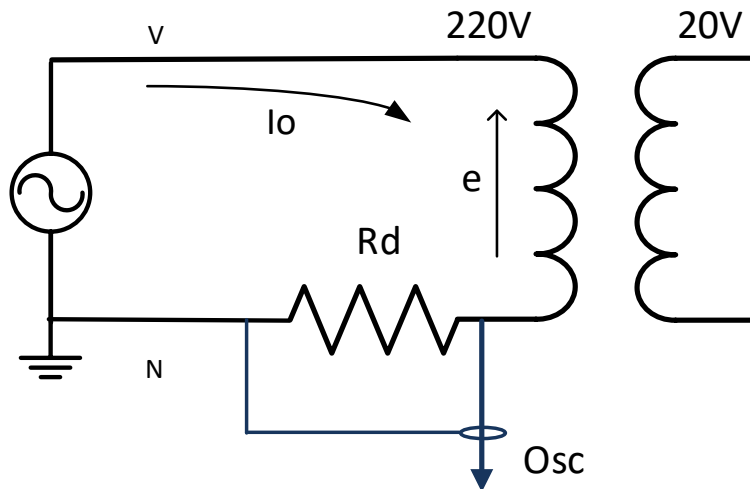
$$I_{o\text{pico}} \approx \sqrt{2} \cdot 23 \text{ mA} = 28,2 \text{ mA}$$

$$R_d = \frac{25 \text{ mV}}{28,2 \text{ mA}} \approx 0,9 \Omega$$

Con valores mayores a  $1 \Omega$  tendremos excursiones visibles



## 2.- Límite superior de $R_d$ para no introducir error de inserción:



lo no es sinusoidal. Si la caída en  $R_d$  es muy grande, puede deformarse la tensión “e” sobre el transformador.

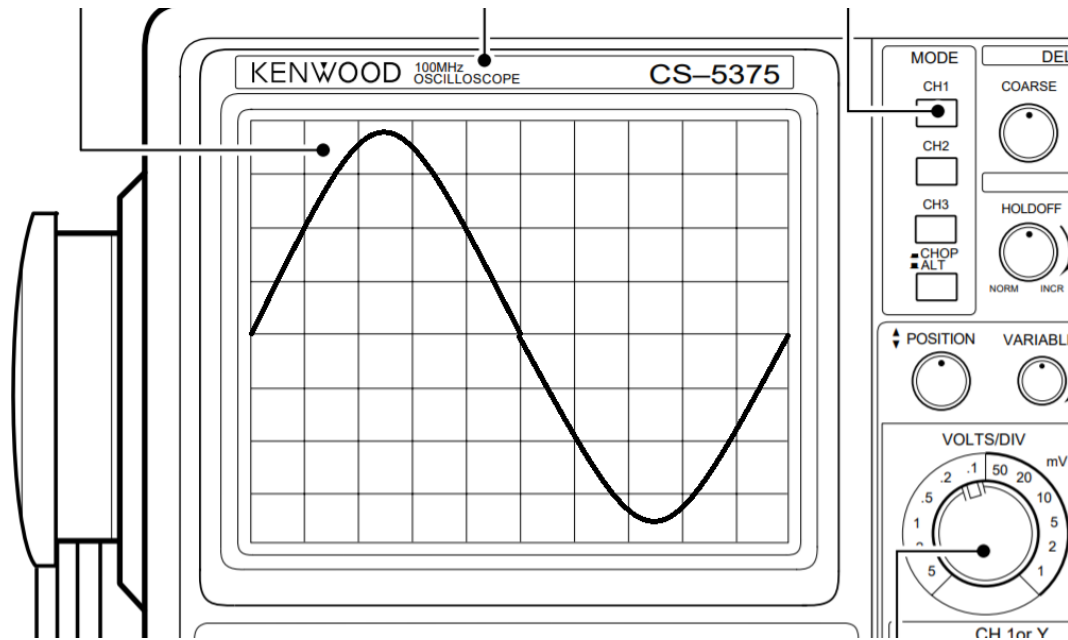
Usamos una caída menor a 100 veces:

$$U_{R_d} < \frac{\sqrt{2} 220 \text{ V}}{100} \approx 3 \text{ V}$$

Usamos  $R_d = 56 \Omega$ ,  $U_{R_d} = \sqrt{2} 23 \text{ mA } 56 \Omega = 1,8 \text{ V}$

$1,8 \text{ V} / 8 \text{ div} \approx 0,225 \text{ V/div}$ , escogemos  $0,5 \text{ V/div}$  (3,6 div)

## Base de tiempo: por ejemplo, 2 ms/div



Puedo elegir ver más o menos ciclos según la base de tiempo que adopte

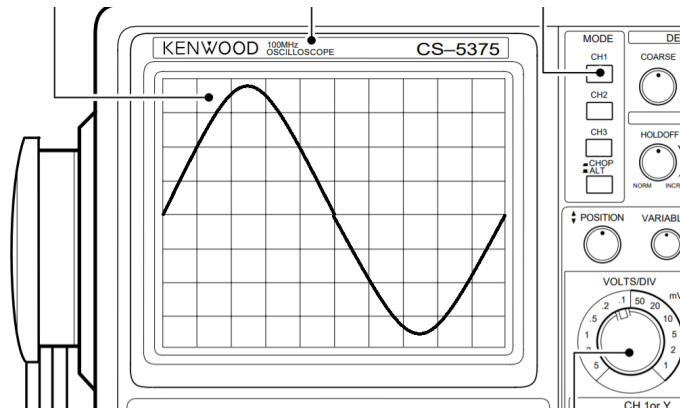
# Errores

$$I_o = U_o/R_d$$

$$e_{I_o} = \pm(e_{U_o} + e_{R_d})$$

No buscamos mucha exactitud, se usará como  $R_d$  un resistor de carbón comercial,  $e_{R_d} = \pm 5\%$

Medición de  $U_o$  (pp):



$$U_o(pp) = n(\text{div}) \times k(\text{v/div})$$

$$U_o(pp) = 7,2 \text{ div} \times 0,5 (\text{v/div})$$

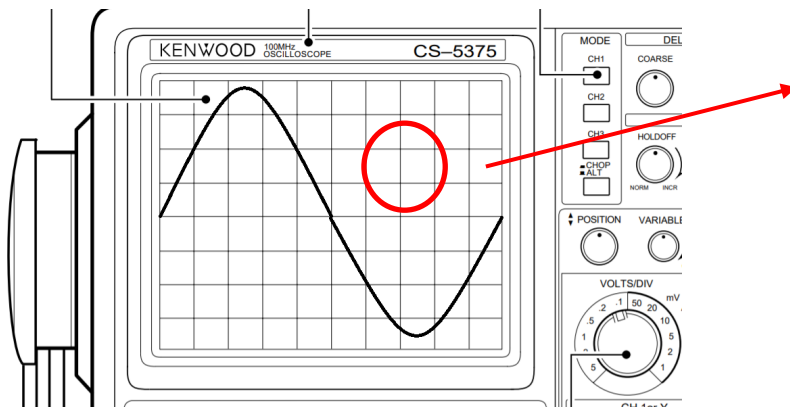
$$U_o(pp) = 3,6 \text{ V (ejemplo)}$$

## Errores del osciloscopio

$$U_o(pp) = n(\text{div}) \times k(\text{v/div})$$

$$e_{U_o(pp)} = \pm(e_n + e_k) \quad e_k = \text{error del canal o del atenuador, } \pm 3 \%$$

$$e_n = \text{error de apreciación} = \pm \Delta n / n$$



$\Delta n$  es lo mínimo que puedo discriminar

$$\Delta n \approx 1/10 \dots 1/20 \dots 1/50 \text{ de div}$$

$$\text{Supongamos } \Delta n = 1/20 \quad e_n = \pm 1/20 / 8 = \pm 0,6\%$$

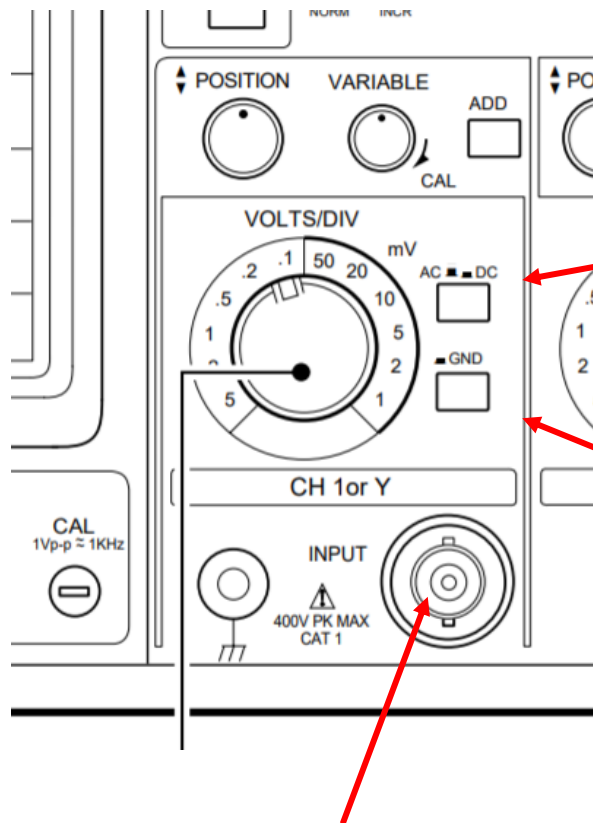
## Errores del osciloscopio

$$e_{I_o} = \pm(e_{U_o} + e_{R_d})$$

$$e_{U_o(pp)} = \pm(e_n + e_k)$$

$$e_{I_{opp}} = \pm(3\% + 0,6\% + 5\%) = \pm 9\%$$

## Entrada de la señal: acoplamiento



Entrada vertical

### Acoplamiento

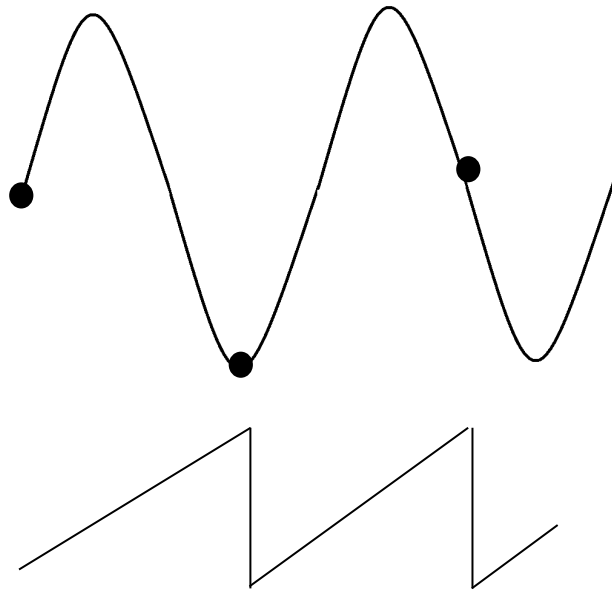
DC: Ingreso directo

AC: Mediante un C en serie (filtro de continua)

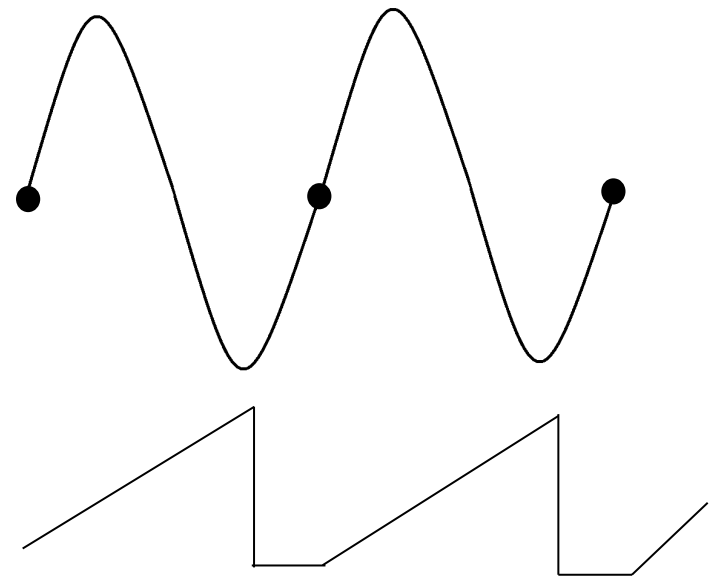
GND: Puentes las entradas para fijar la referencia

## Disparo (trigger)

Permite sincronizar el “diente de sierra” con la señal a visualizar (modo  $y = f(t)$ )



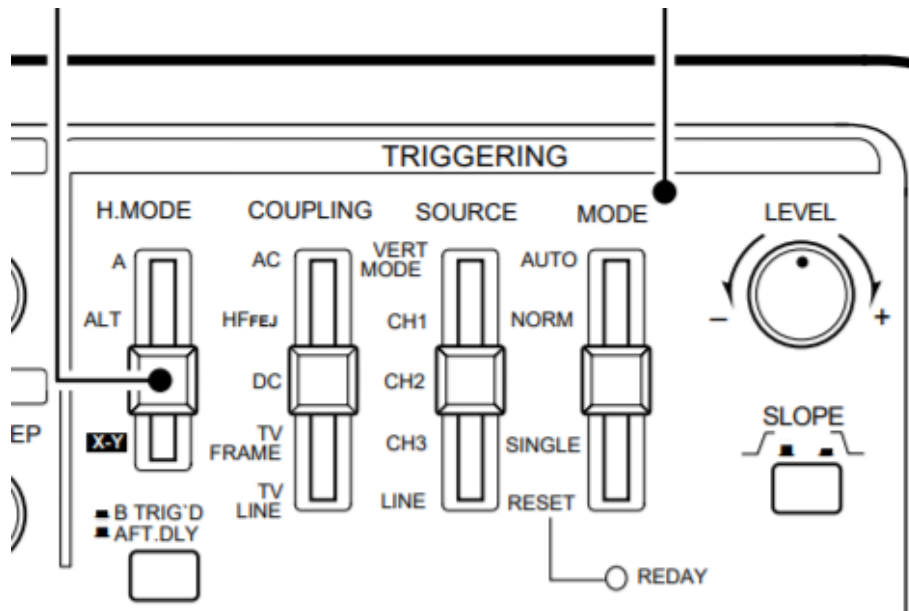
Sin disparo, cada barrido presenta partes distintas de la señal, la imagen en pantalla es inestable.



Con disparo, cada barrido recorre la misma parte de la señal

## Disparo (trigger)

El circuito de trigger se basa en un comparador, que compara una tensión continua variable (control “Level”) con otra. Cuando se cruzan, con una determinada pendiente, dispara el barrido.



### Controles

#### Fuente

Interno (CH1, CH2). Compara con la propia señal del canal

Externo (CH3).

Compara con una señal externa ingresada por el borne CH3

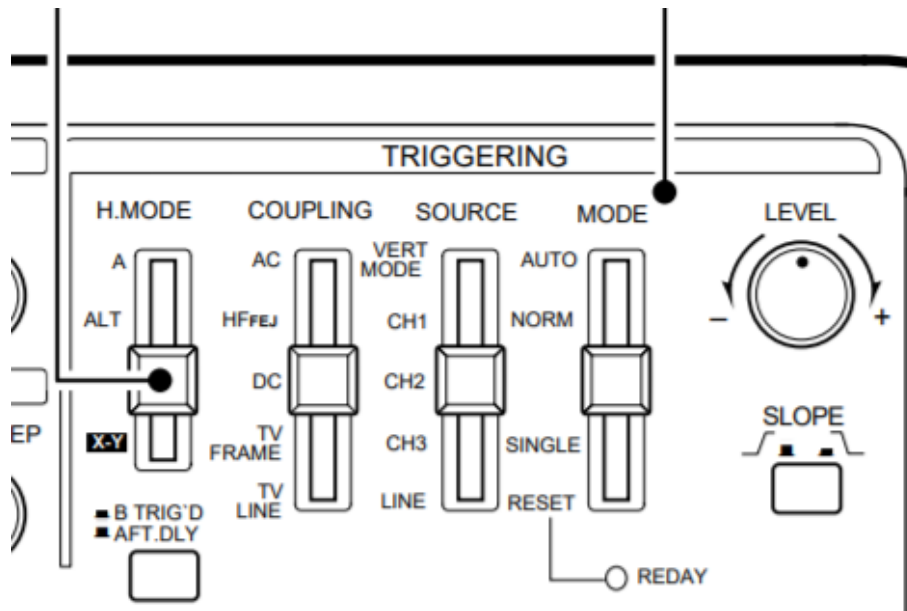
#### Línea

Compara con una muestra de la tensión de línea (internamente)



## Disparo (trigger)

El circuito de trigger se basa en un comparador, que compara una tensión continua variable (control “Level”) con otra. Cuando se cruzan, con una determinada pendiente, dispara el barrido.



### Controles

#### Modo

Auto. Si no hay “cruce”, dispara igual con una dada cadencia.

Normal.

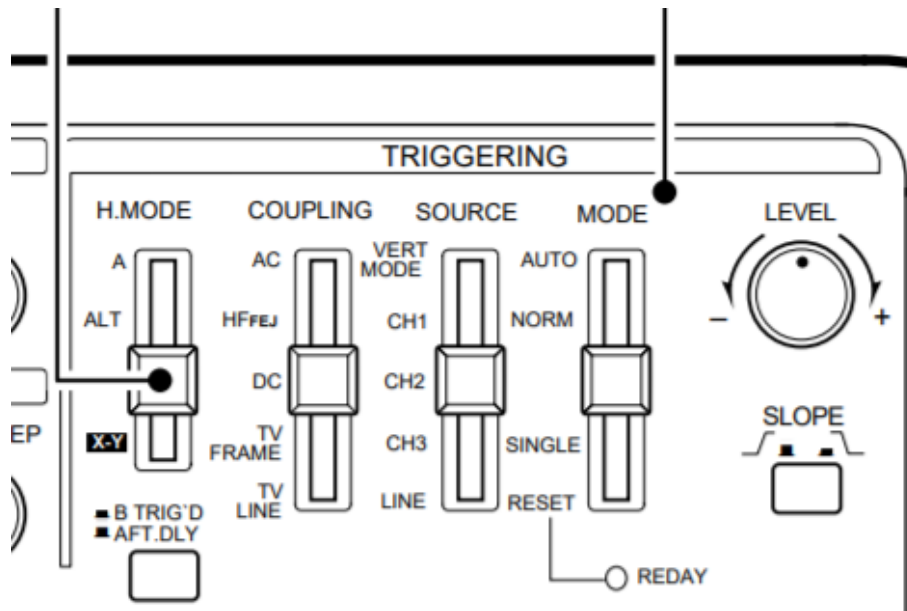
Solo dispara cuando se dan las condiciones trigger.

Single

Un solo disparo, para visualización de transitorios.

## Disparo (trigger)

El circuito de trigger se basa en un comparador, que compara una tensión continua ajustable (control “Level”) con otra. Cuando se cruzan, con una determinada pendiente, dispara el barrido.



### Controles

#### Nivel (Level)

Ajusta el valor de la tensión que compara.

#### Pendiente (slope).

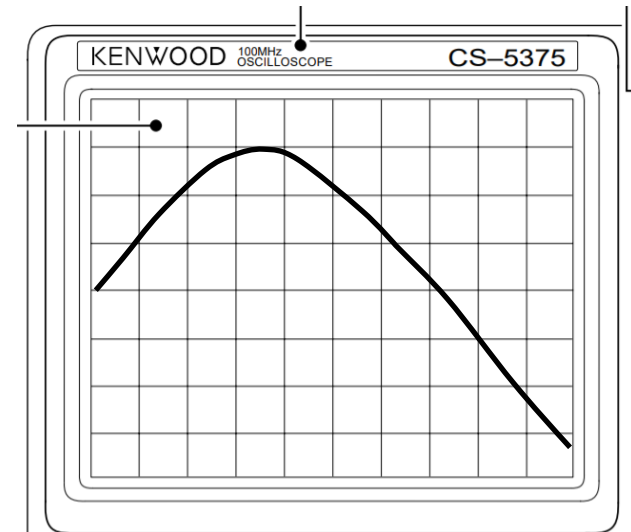
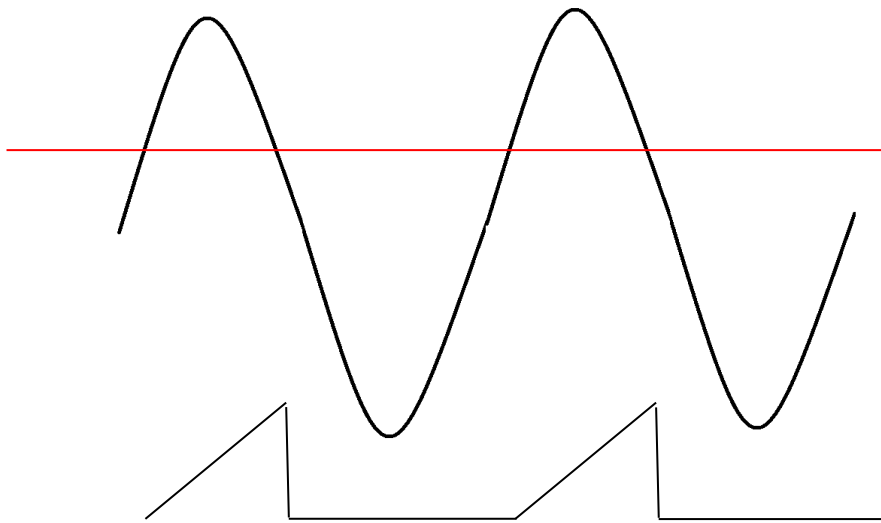
Pendiente de la señal en el momento del cruce, que produce el disparo.

# Disparo (ejemplo)

Nivel: positivo

Pendiente: positiva

Modo: Normal

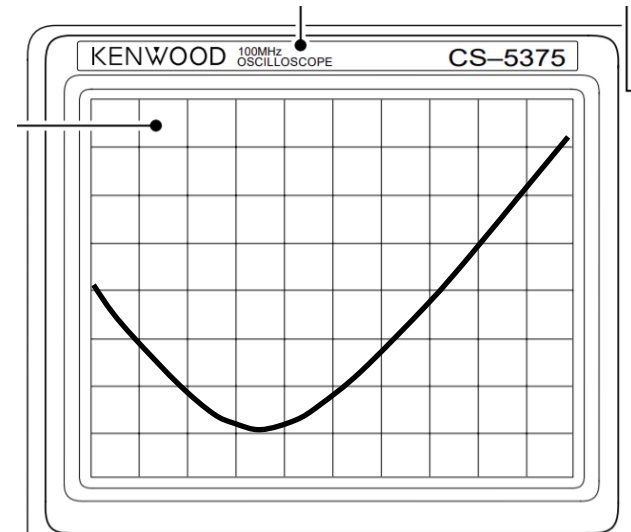
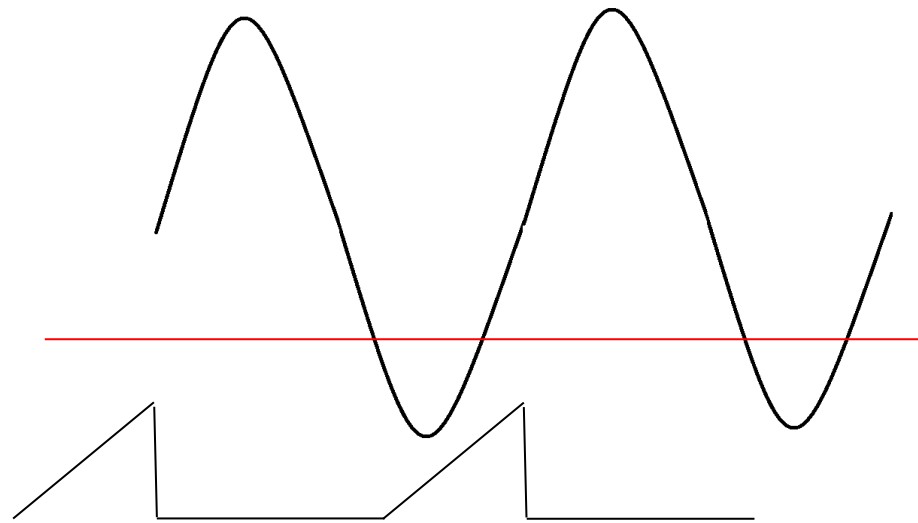


# Disparo (ejemplo)

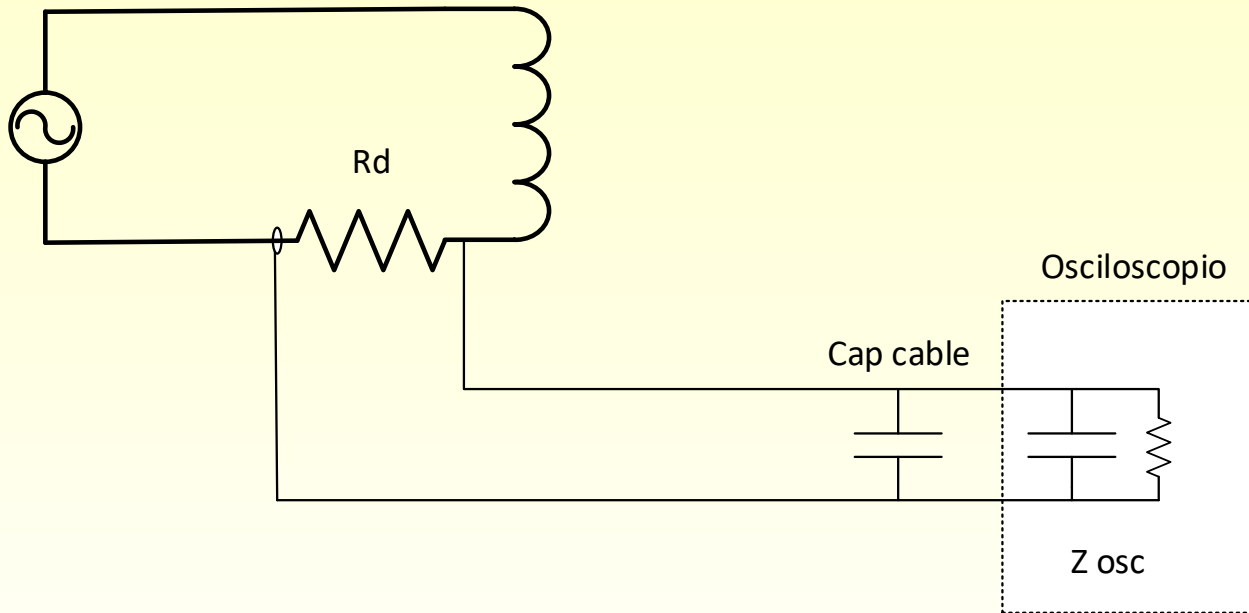
Nivel: negativo (más bajo)

Pendiente: negativa

Modo: Normal



## Puntas atenuadoras



$$C_{cab} \approx 100 \text{ pF}$$

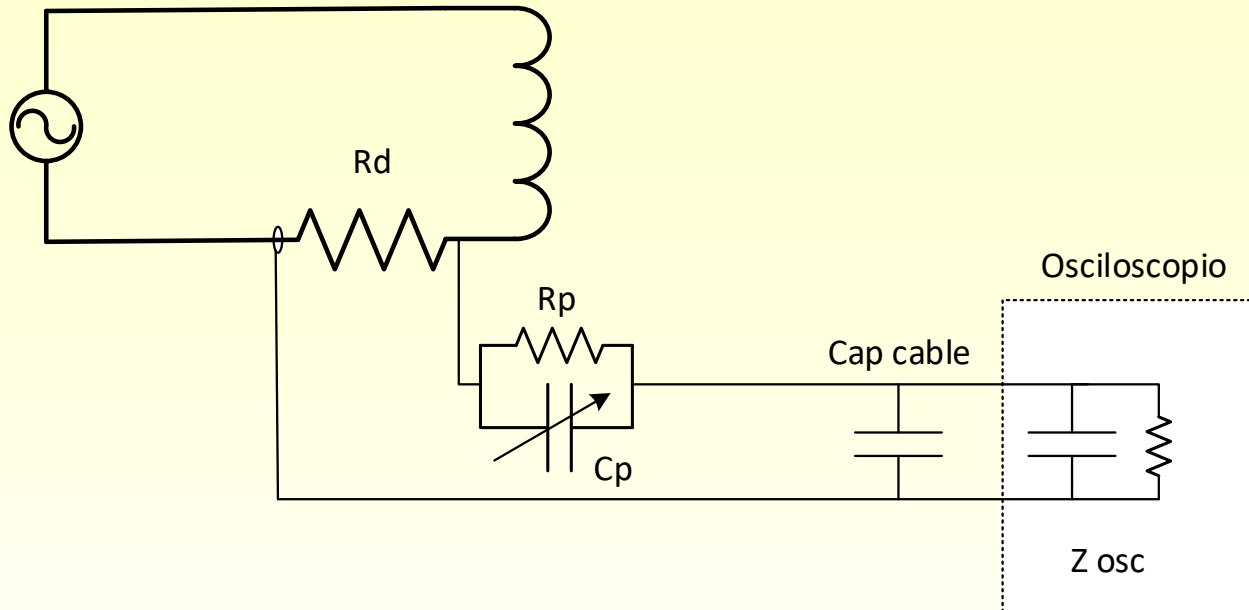
$$C_{osc} \approx 30 \text{ pF}$$

$$R_{osc} \approx 1 \text{ M}\Omega$$

Conexión directa (punta x1).

La impedancia del cable y del osciloscopio cargan al punto de conexión

## Puntas atenuadoras



$$C_{\text{cab}} \approx 100 \text{ pF}$$

$$C_{\text{osc}} \approx 30 \text{ pF}$$

$$R_{\text{osc}} \approx 1 \text{ M}\Omega$$

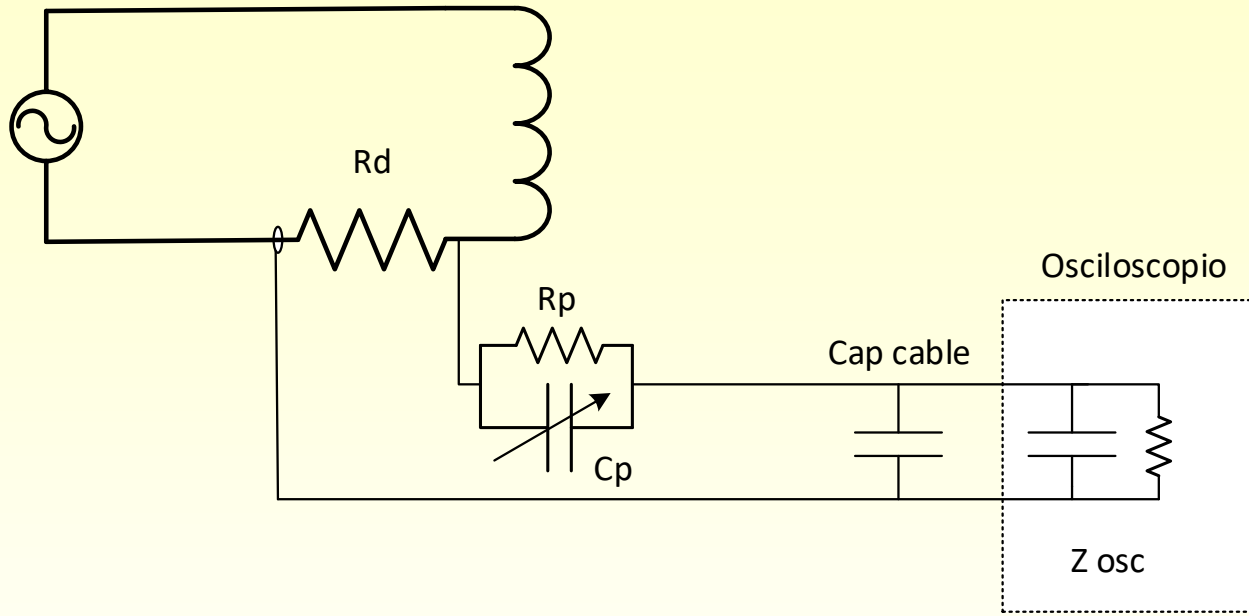
Conexión con punta atenuadora (punta x10, x100).

### Funciones:

Atenuar

Aumentar la impedancia equivalente: baja el error de inserción

## Puntas atenuadoras



$$C_{\text{cab}} \approx 100 \text{ pF}$$

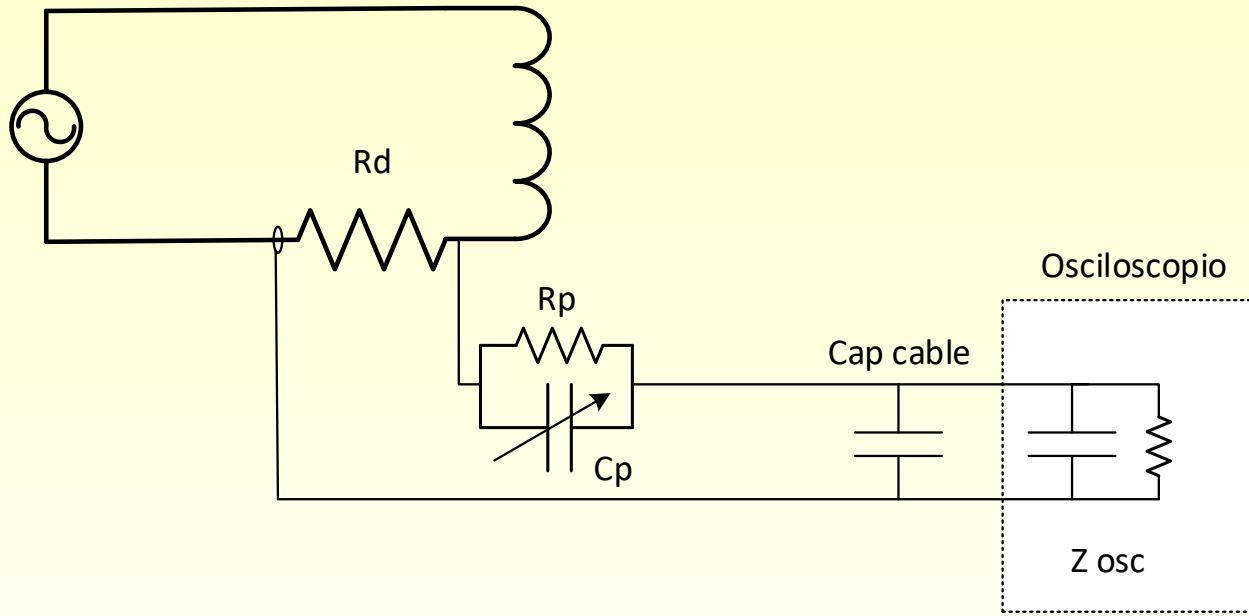
$$C_{\text{osc}} \approx 30 \text{ pF}$$

$$R_{\text{osc}} \approx 1 \text{ M}\Omega$$

Punta compensada:  $R_p \cdot C_p = R_{\text{osc}} (C_{\text{osc}} + C_{\text{cable}})$ .

**La punta compensada mantiene la atenuación con la frecuencia.**

## Puntas atenuadoras



$$C_{\text{cab}} \approx 100 \text{ pF}$$

$$C_{\text{osc}} \approx 30 \text{ pF}$$

$$R_{\text{osc}} \approx 1 \text{ M}\Omega$$

Ejemplo: punta x10

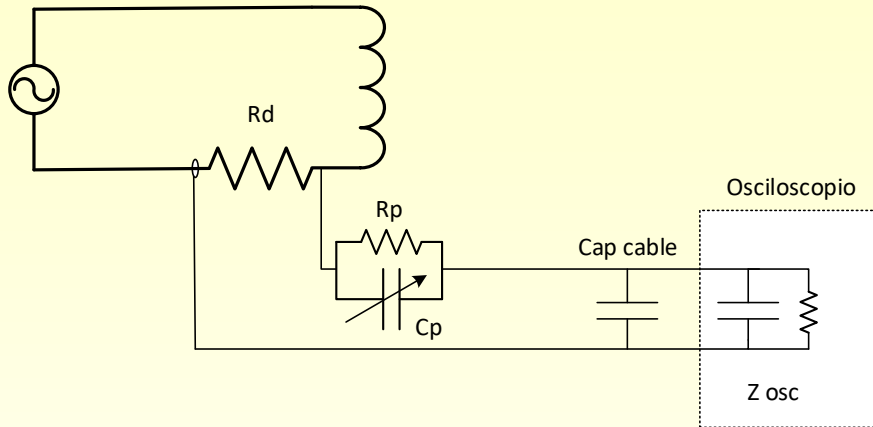
$$R_p = 9 \text{ M}\Omega$$

$$C_p = 1 \text{ M}\Omega \cdot 130 \text{ pF} / 9 \text{ M}\Omega = 14,4 \text{ pF}$$

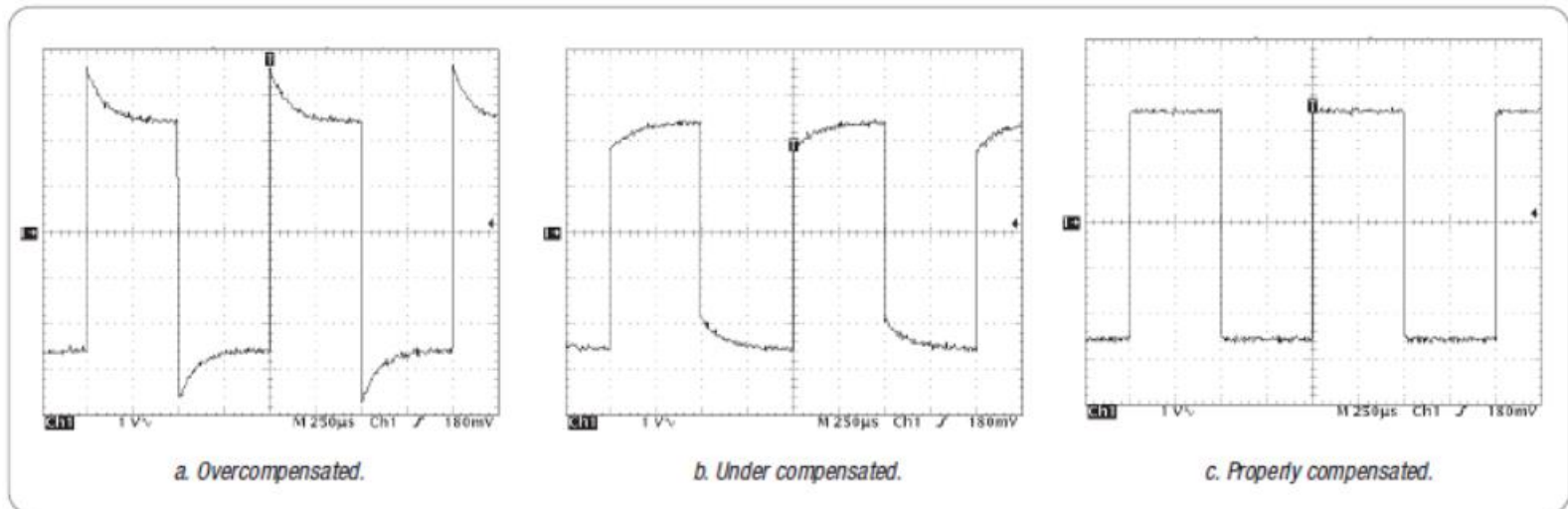
$Z_{\text{osc}}$  será ahora:  $10 \text{ M}\Omega / 13 \text{ pF}$ .



## Puntas atenuadoras - compensación

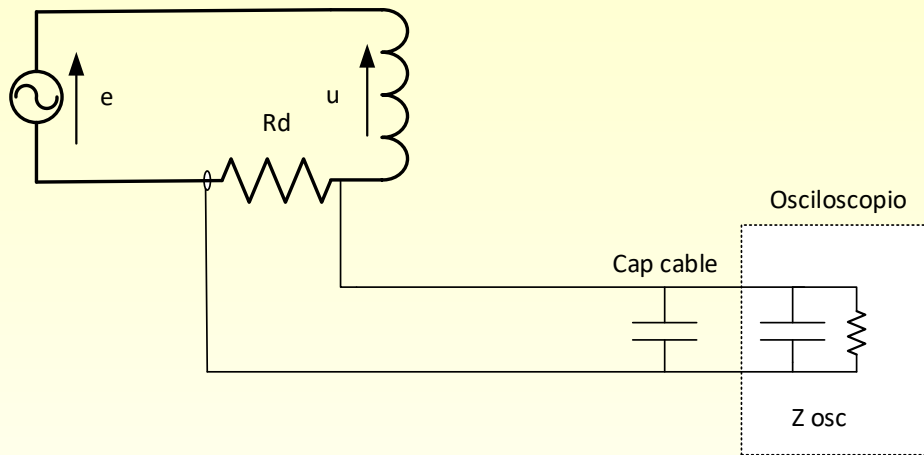


Utilizando la fuente interna del osciloscopio, se visualiza una señal cuadrada y se regula  $C_p$ .



► **Figure 1-11.** Examples of probe compensation effects on a square wave.

## Conexión del osciloscopio. Error de inserción



$$C_{\text{cab}} \approx 100 \text{ pF}$$

$$C_{\text{osc}} \approx 30 \text{ pF}$$

$$R_{\text{osc}} \approx 1 \text{ M}\Omega$$

$$|Z_{\text{osc}}| \approx 1 \text{ M}\Omega$$

$R_d$  se eligió para tener  $e \approx u$

$U_m = i \cdot R_d$  sin el osciloscopio

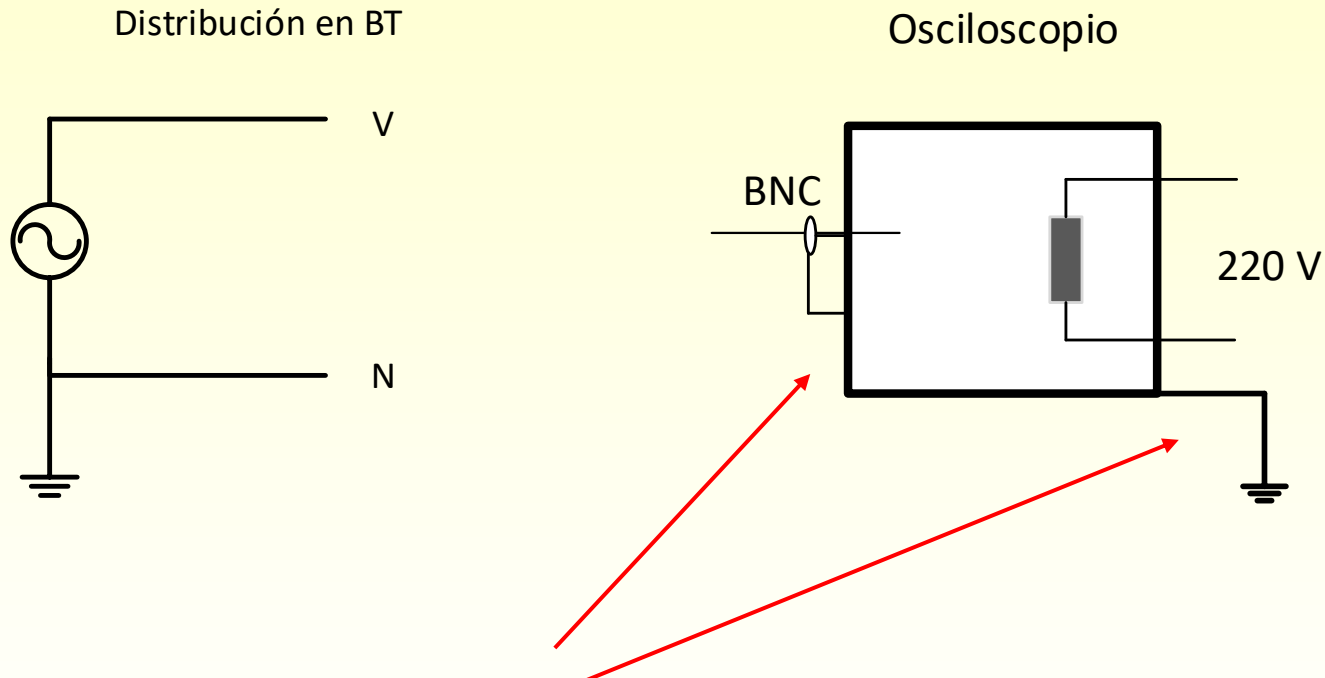
$U_{mo} = i \cdot (R_d // Z_{osc})$

$$e_{\text{ins}} = \frac{U_{mo} - U_m}{U_m} = \frac{R_d // Z_{osc} - R_d}{R_d}$$

$$e_{\text{ins}} = -0,005\%$$

Despreciable para punta x1

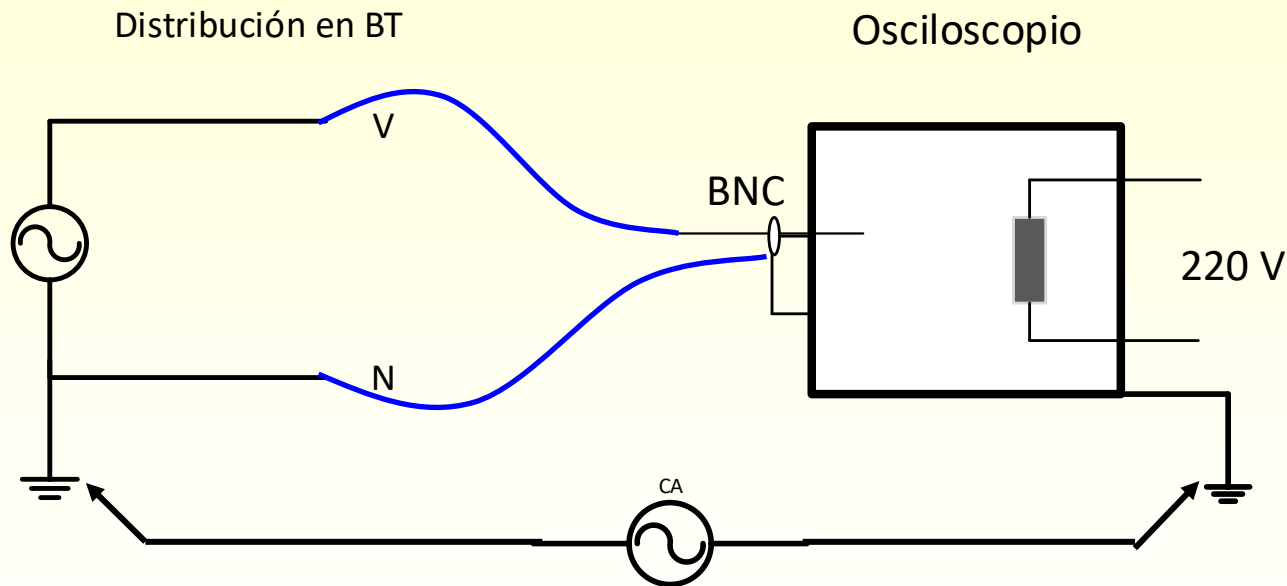
## Conexión de la tierra. Transformador aislador



La malla del cable de conexión del osciloscopio está conectada al chasis, y éste se une con la tierra del circuito de alimentación (ficha normalizada de tres patas)

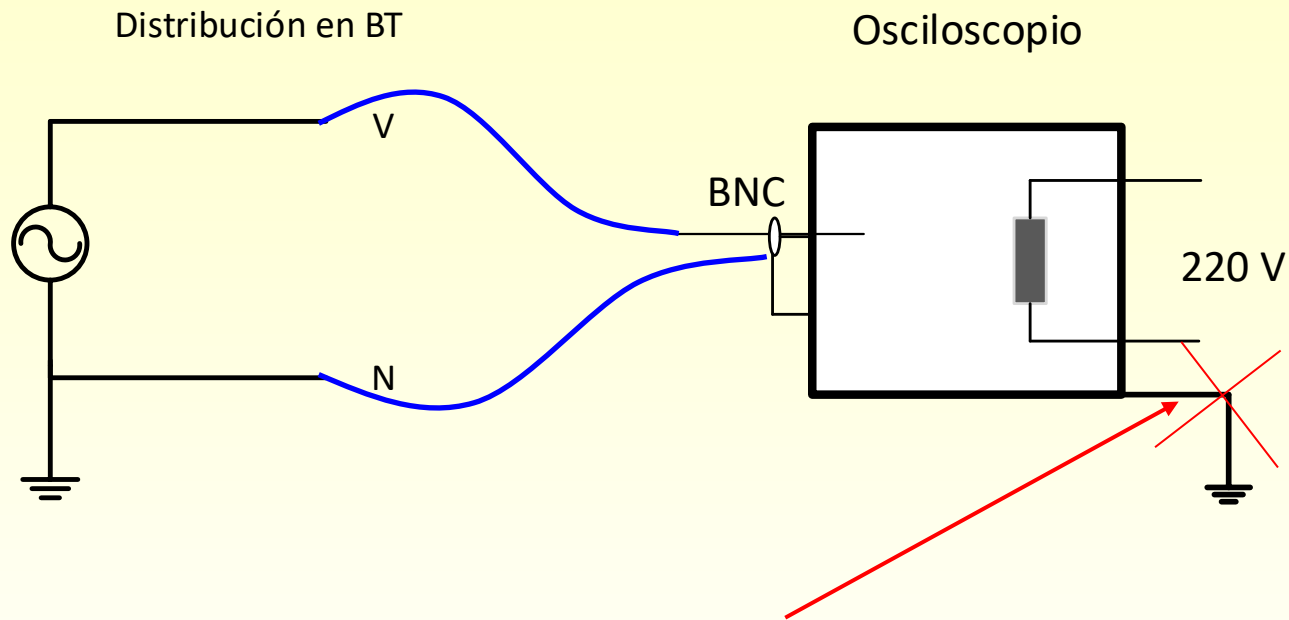
## Conexión de la tierra. Transformador aislador

Cuando medimos tensiones con referencia a la de alimentación, se necesitan cuidados especiales



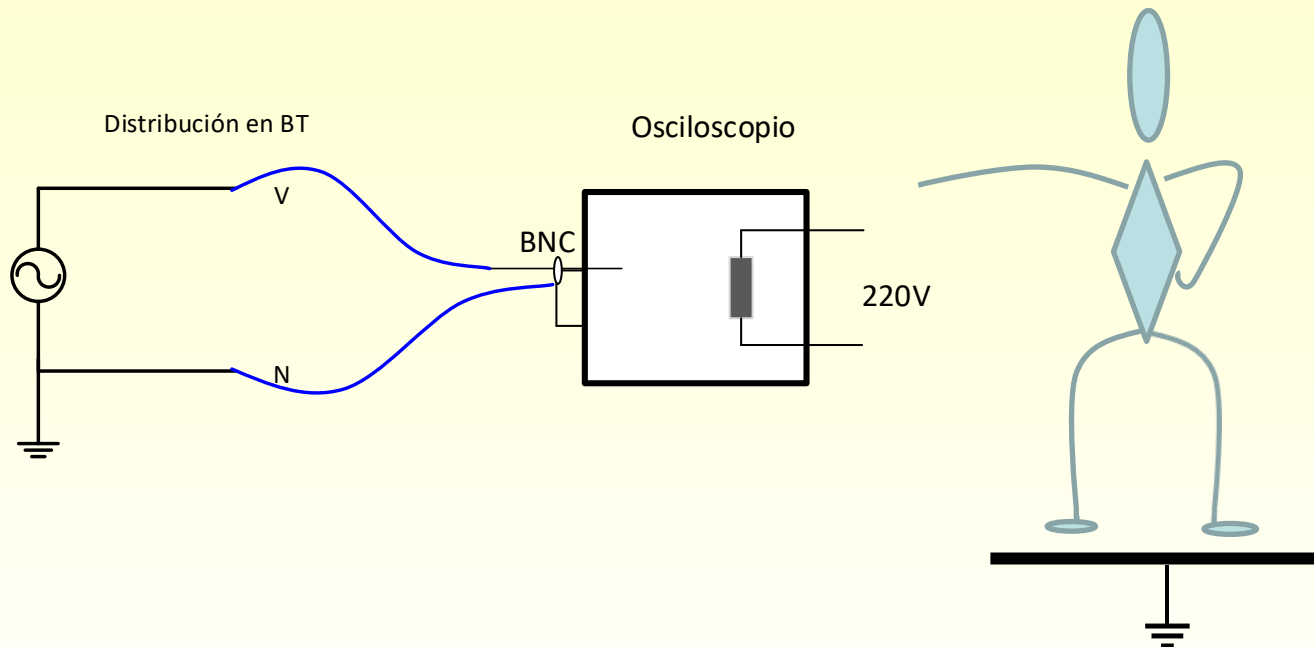
Esta conexión parece correcta, sin embargo pueden aparecer tensiones entre tierras, que podrían dañar al circuito del osciloscopio – camino de baja impedancia -.

## Conexión de la tierra. Transformador aislador



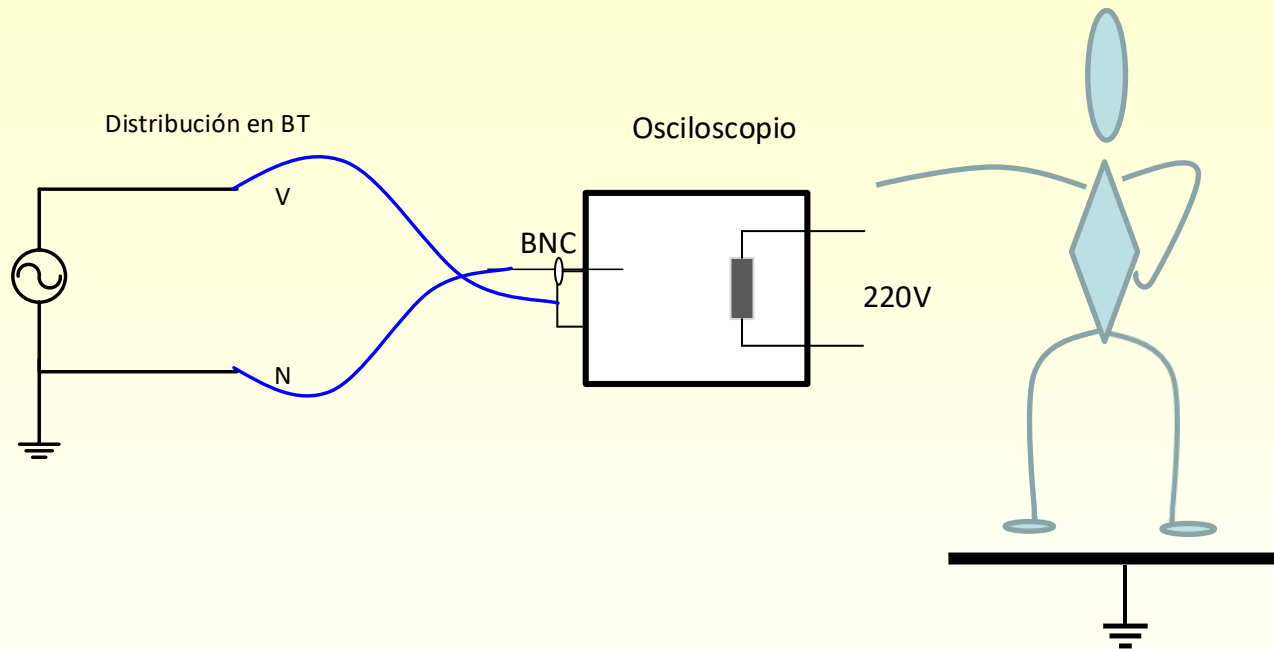
Podemos pensar en levantar la tierra del osciloscopio, dejándolo flotante

## Conexión de la tierra. Transformador aislador



Al quedar flotando, su potencial puede alterarse por el contacto con el operador (ruidos, falsas señales)

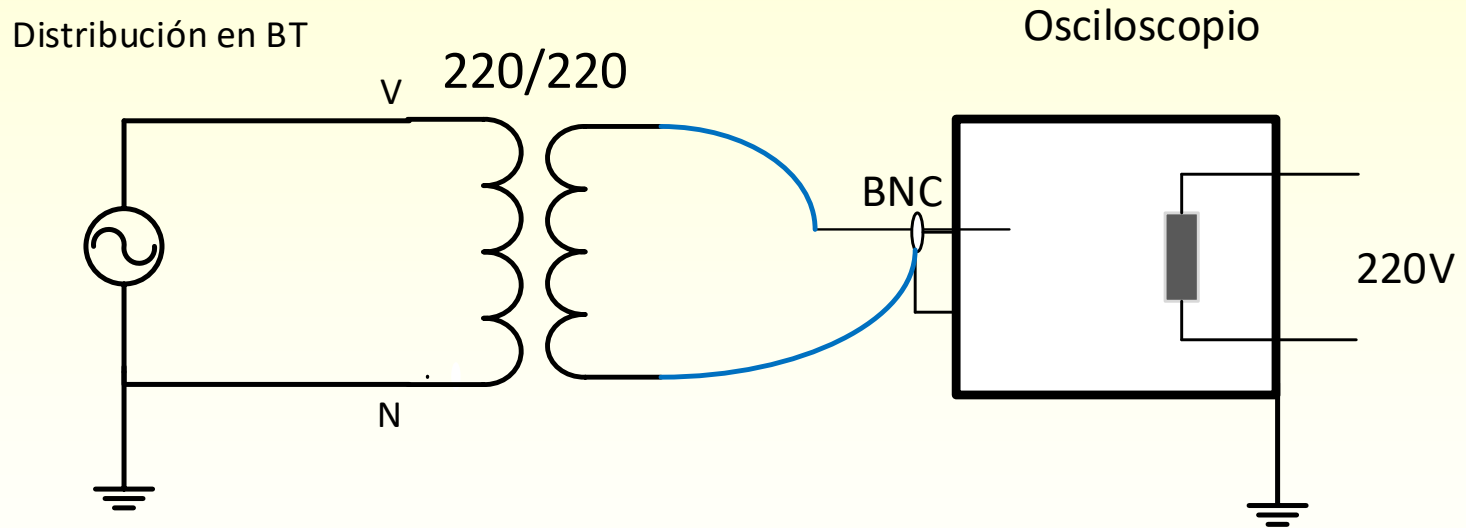
## Conexión de la tierra. Transformador aislador



Un error en la conexión, puede poner en peligro al operador o al instrumento.

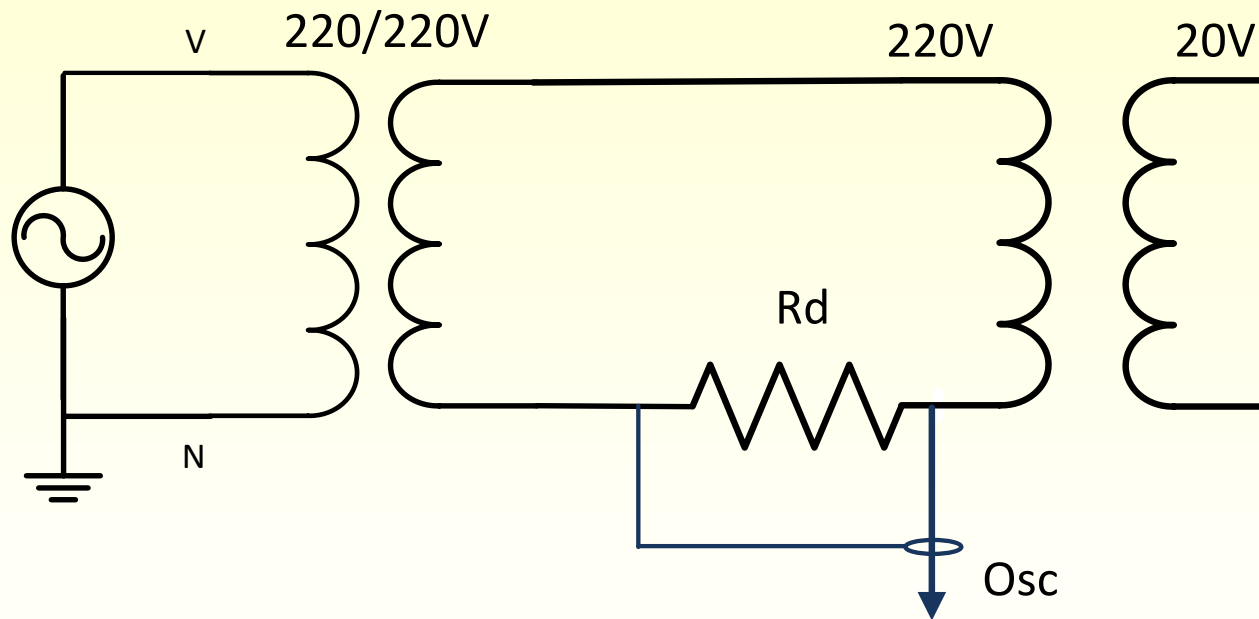
## Conexión de la tierra. Transformador aislador

La solución es intercalar un transformador de relación 1 para independizar las tierras



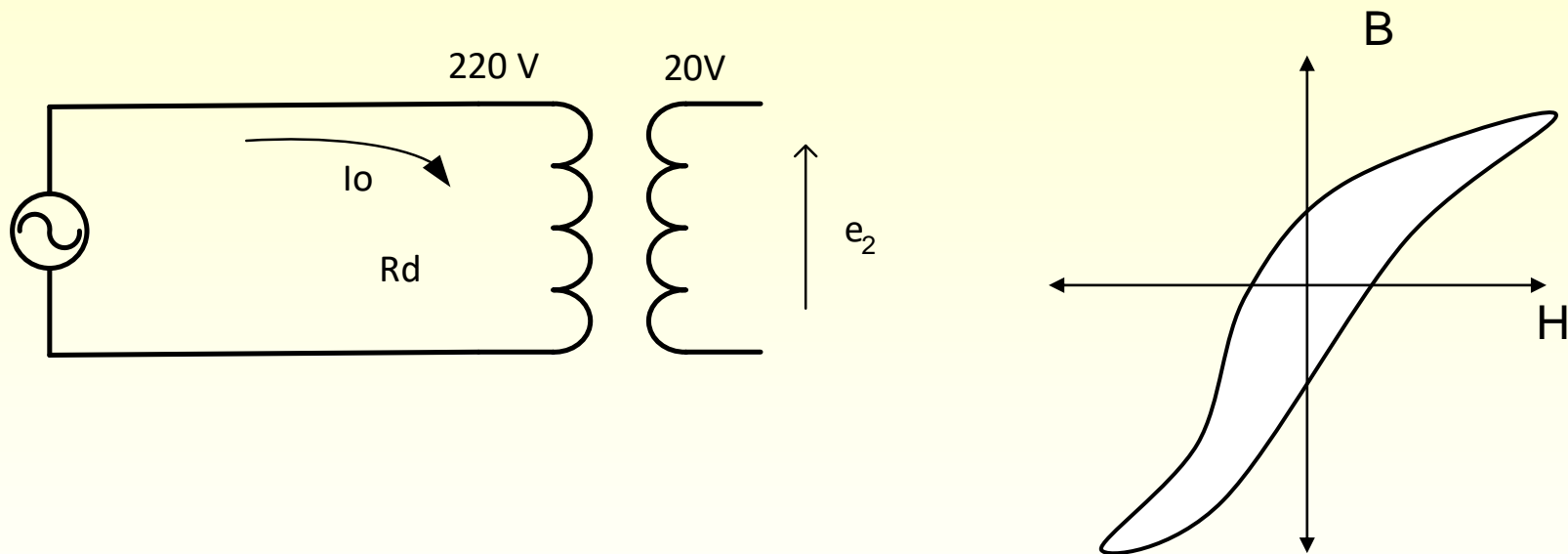


## Conexión de la tierra. Circuito final



## Laboratorio – Ejercicio 2

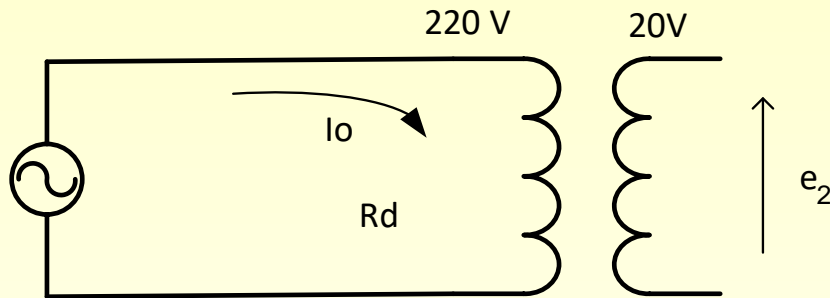
Visualización del ciclo de histéresis de un material ferromagnético (núcleo del transformador del ejercicio 1)



La imagen se obtiene ingresando en el eje “y” (vertical) una tensión proporcional a  $B$  y en “x” (placas de deflexión horizontal) una tensión proporcional a  $H$ .

El osciloscopio se usa en el modo x,y (sin base de tiempo)

## Intensidad de campo magnético H



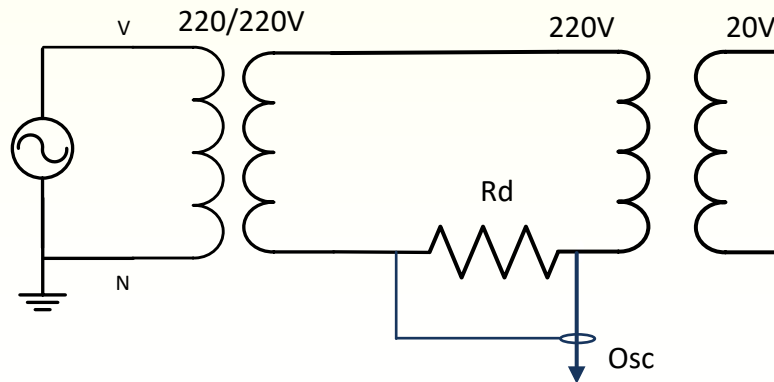
$$H = \frac{N_1 I_0}{L}$$

$I_0$  = corriente de vacío

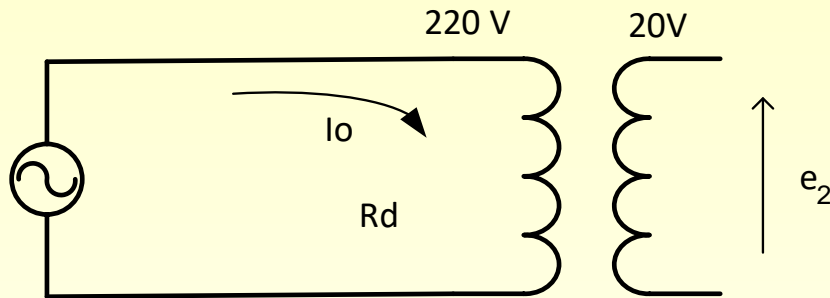
$N_1$  : arrollamiento primario

$L$  : Longitud del circuito magnético.

La tensión al horizontal (eje x) debe ser proporcional a la corriente de vacío. Es el mismo caso visto en el problema 1



## Inducción magnética B



$$e_2 = -N_2 \frac{d\phi}{dt} = -N_2 S \frac{dB}{dt}$$

$I_0$  = corriente de vacío

$N_2$  : arrollamiento secundario

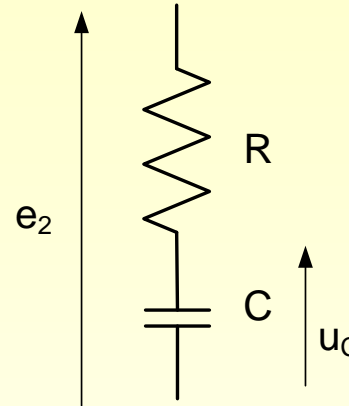
$S$  : Sección del circuito magnético.

$$B = \frac{1}{N_2 S} \int e_2 dt$$

Necesitamos una red integradora

## Inducción magnética B

$$B = \frac{1}{N_2 S} \int e_2 dt$$



$$u_c = \frac{1}{C} \int i_2 dt \quad \text{Si } R \gg X_C \quad u_c \approx \frac{1}{CR} \int e_2 dt$$

$$B = \frac{CR}{N_2 S} u_c$$

Tengo que ingresar  $u_c$  al canal vertical y cumplir dos condiciones:

$$R \gg X_C$$

$R \gg$  para que el transformador esté en vacío.

## Inducción magnética B

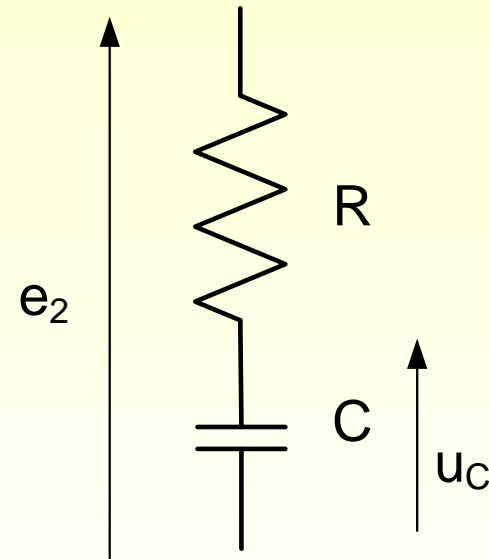
$$I_N = \frac{50 \text{ VA}}{20 \text{ V}} = 2,5 \text{ A}$$

Para  $R = 90 \text{ k}\Omega$

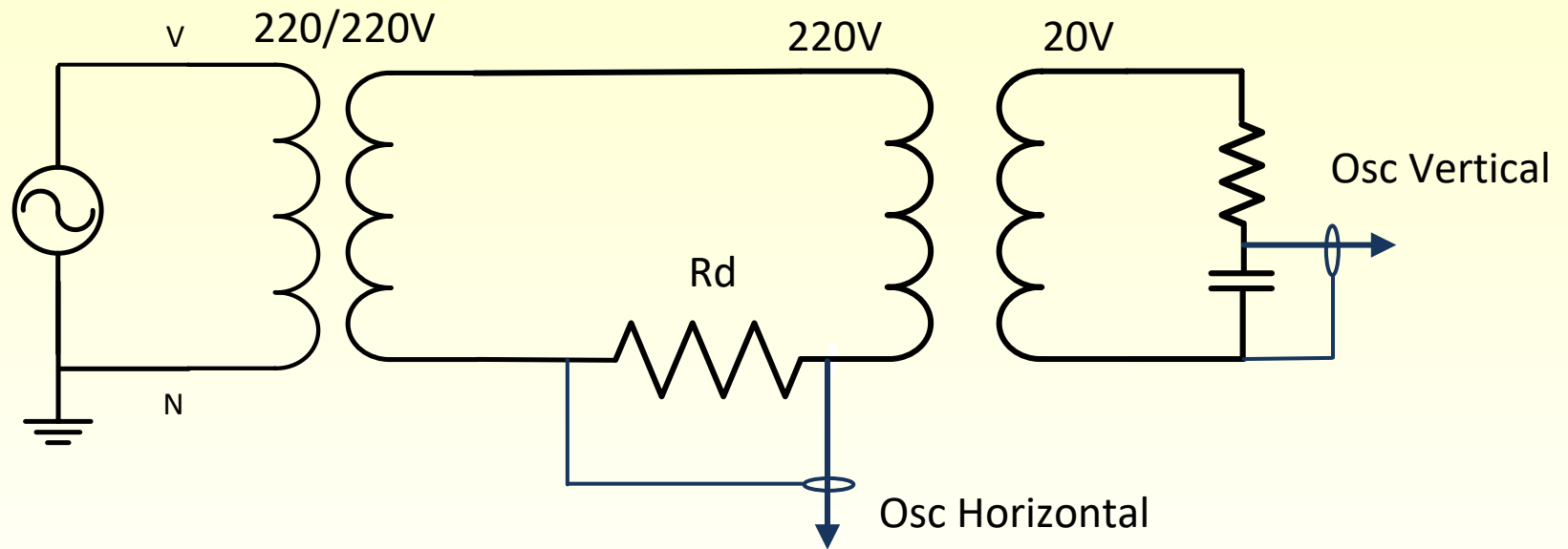
$I_2 \approx 0,22 \text{ mA}$  (podemos considerar que está en vacío)

Para  $C = 1 \mu\text{f}$   $X_C = 3000 \Omega$

$R \gg X_C$



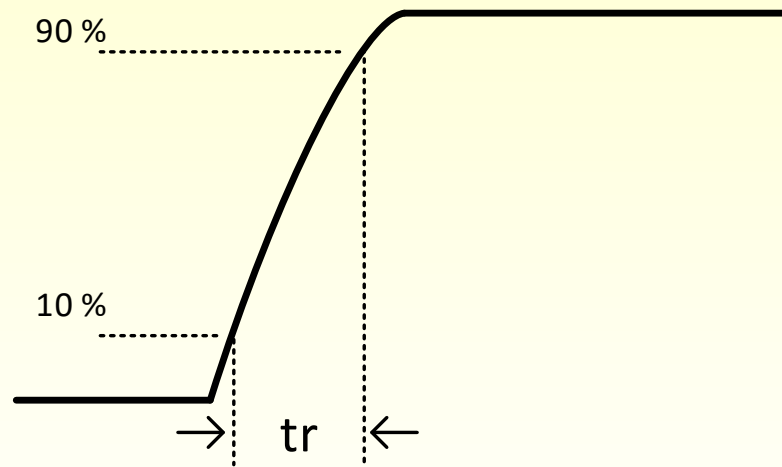
## Circuito completo



Verificar que la punta X1 en el canal vertical no produce un error de inserción apreciable.

## Laboratorio – Ejercicio 3

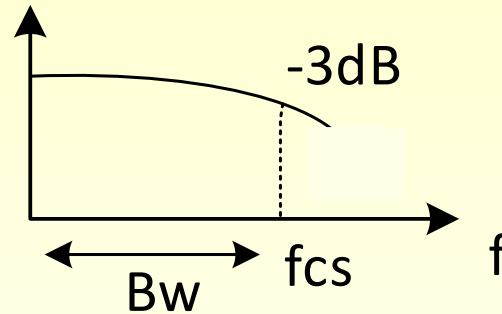
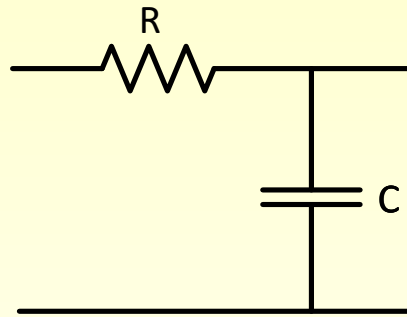
Medición del tiempo de subida de una señal cuadrada



Definimos el tiempo de subida  $t_r$  de un flanco, como el lapso transcurrido para pasar del 10% al 90% de su valor final.



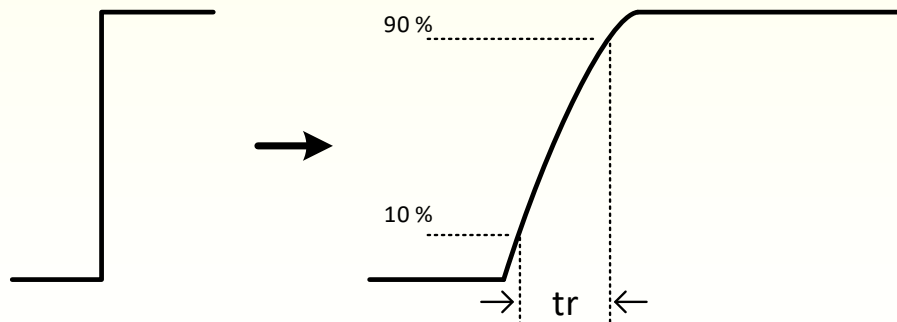
## Respuesta en frecuencia del osciloscopio. Circuito equivalente



$$f_{cs} = \frac{1}{2 \pi R C}$$

$f_{cs}$ : frecuencia de corte superior.

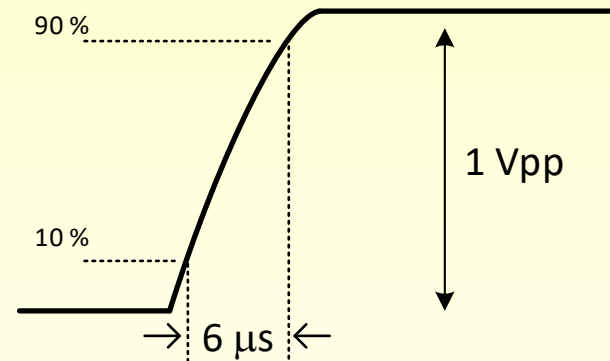
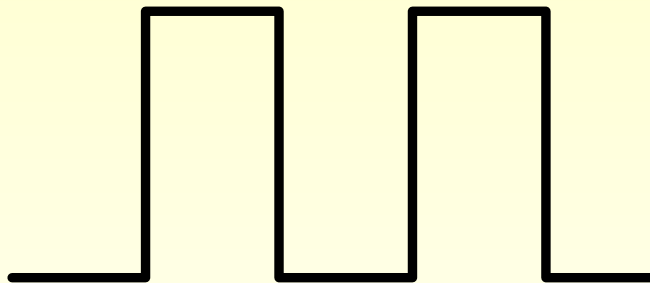
$Bw$ . Ancho de banda.



$$tr = 2,2 RC$$

$$tr = 0,35/Bw.$$

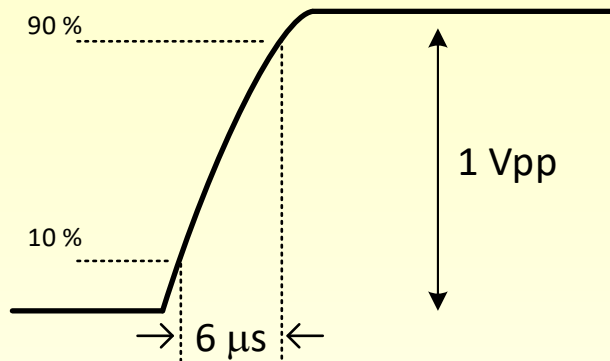
Señal a medir: cuadrada, 1 Vpp, 1 kHz,  $tr \approx 6 \mu s$   
 (la señal de calibración del osciloscopio)



¿Es adecuada la respuesta en frecuencia de nuestro osciloscopio? ( $Bw = 10 \text{ MHz}$ )

$$tr_m = \sqrt{tr_o^2 + tr_s^2}$$

Expresión empírica que vincula tiempos de subidas medido ( $tr_m$ ), del osciloscopio ( $tr_o$ ) y de nuestra señal ( $tr_s$ ).



$$tr_o = 0,35/10 \text{ Mhz} = 35 \text{ ns}$$

$$tr_m = \sqrt{tr_o^2 + tr_s^2} = \sqrt{35ns^2 + 6\mu s^2}$$

$$tr_m \approx 6\mu s$$

El ancho de banda del osciloscopio es suficiente

Ajuste de los controles del osciloscopio.

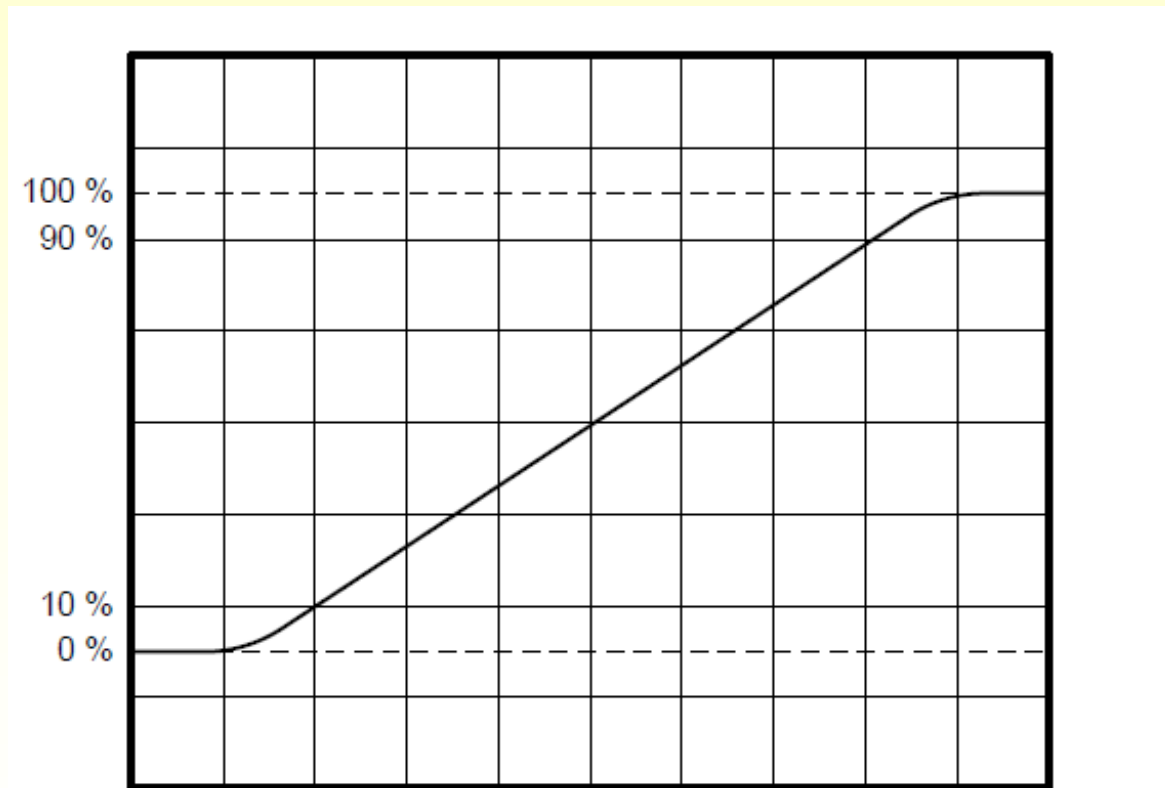
Ganancia vertical:  $0,1 \text{ Vpp} / 8 \text{ div} = 0,0125 \text{ V/div}$  (punta x10)

Elijo Ganancia vertical  $0,02 \text{ V/div}$ : 5 div

Base de tiempo:  $6 \mu\text{s} / 10 \text{ div} = 0,6 \mu\text{s/div}$

Elijo  $1 \mu\text{s/div} \approx 6 \text{ div}$

## Ajuste de los controles del osciloscopio.

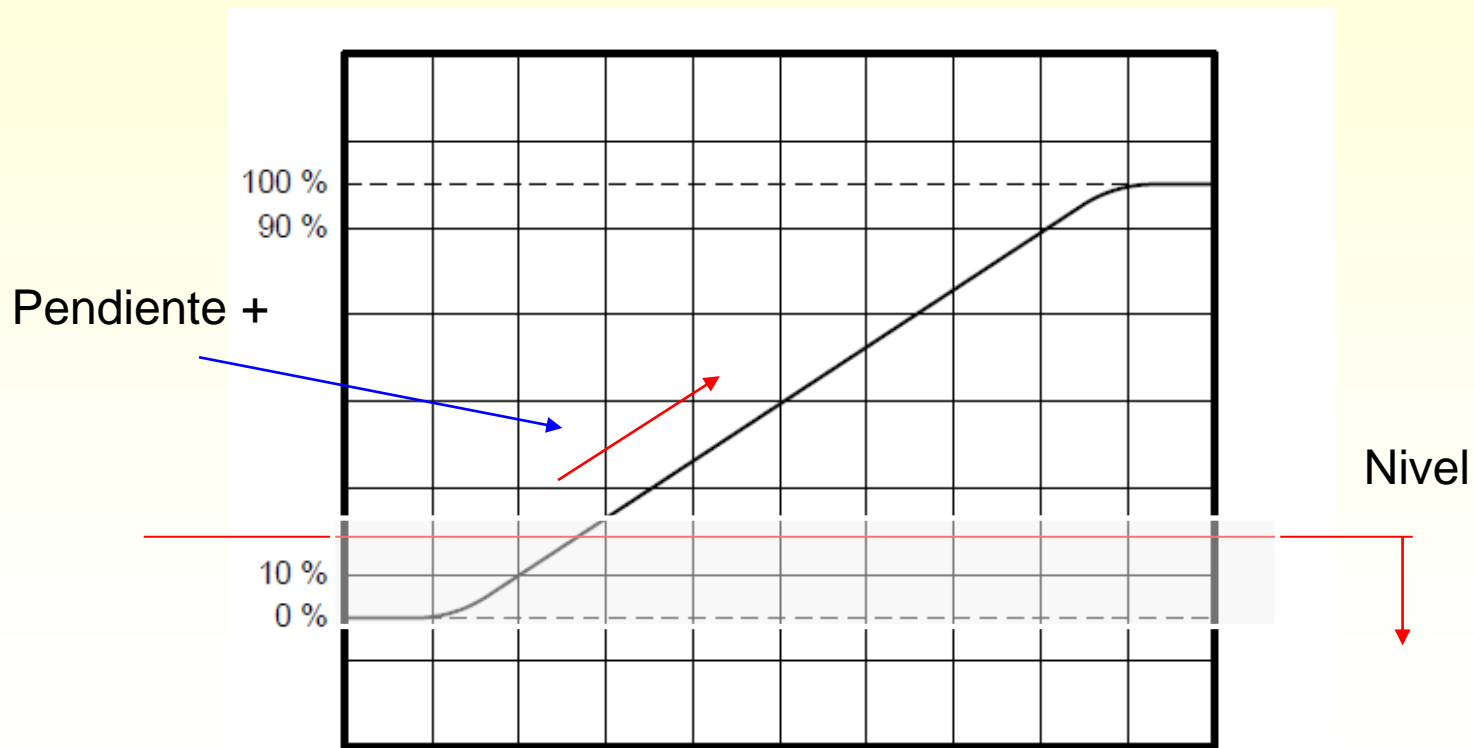


Sincronismo:

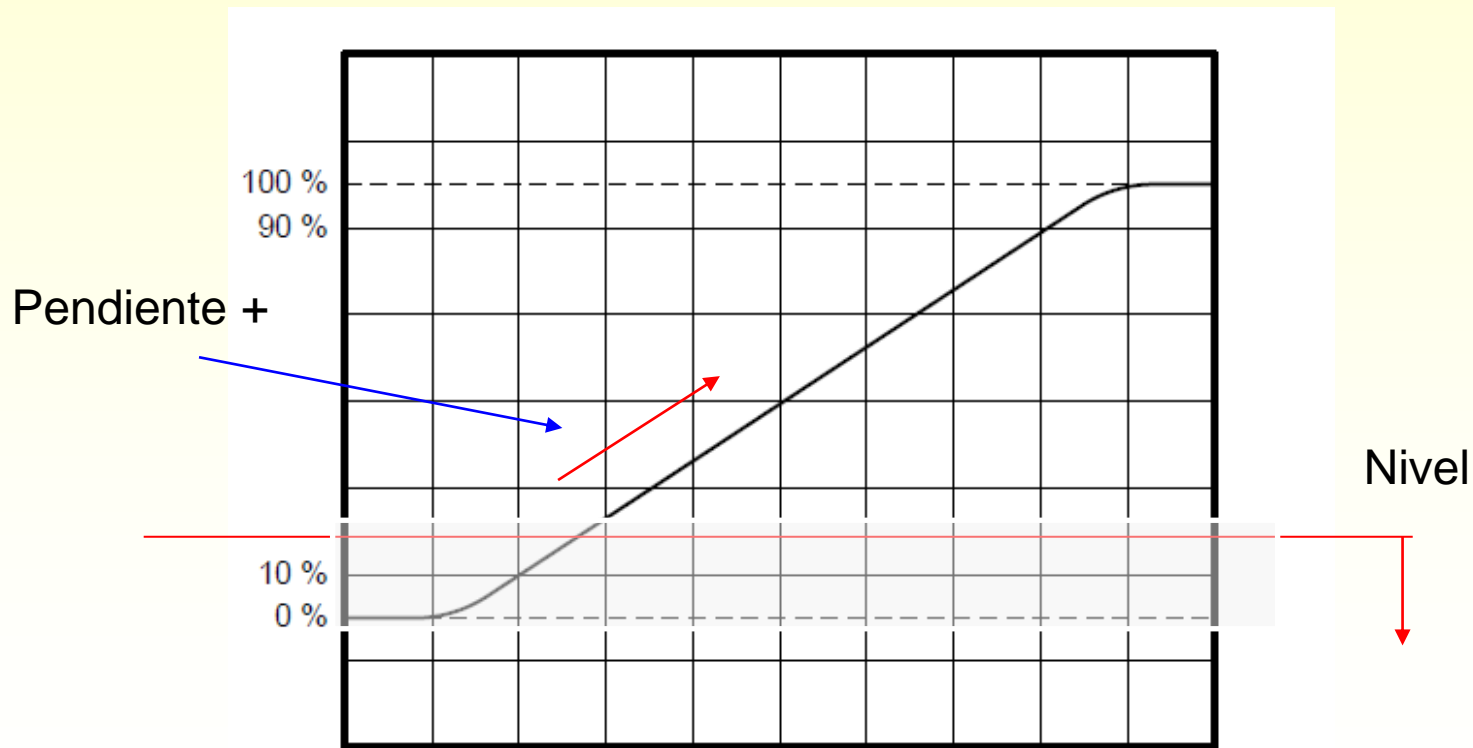
Fuente: Interno, ch1

Pendiente: +

Nivel: Cercano a cero

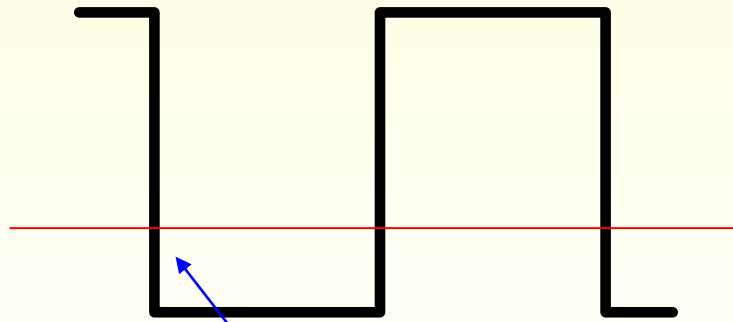


Para poder ver la forma completa, deberíamos ubicar el nivel de disparo justo en cero. La imagen se vuelve inestable:



## Uso del barrido retardado

Ajusto la base A (retardadora) de modo de visualizar uno o dos ciclos completos (por ej. 0,2 ms/div, 2 ms en la pantalla)



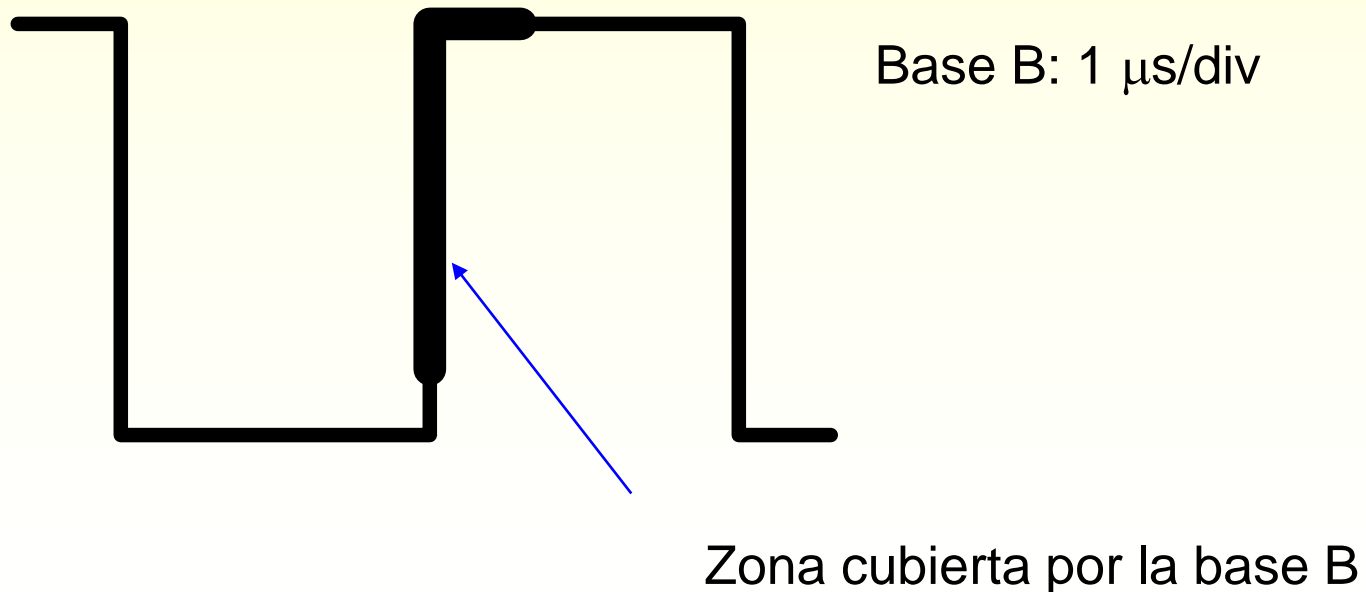
Sincronizo la imagen:  
interno, ch1, pendiente (-),  
nivel entre 0 – 1 V.

Punto de disparo (base A)



## Uso del barrido retardado

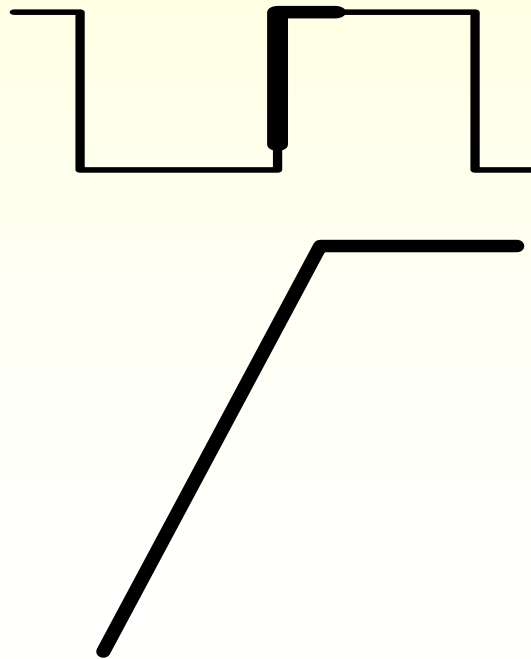
Ajusto la base B (retardada) de modo de visualizar el detalle del flanco de subida ( $1 \mu\text{s}/\text{div}$ ). La zona abarcada por la base retardada se ilumina en la pantalla.



## Uso del barrido retardado

Con el control “DELAY POSITION” ajusto la posición del barrido B a la zona de interés (flanco)

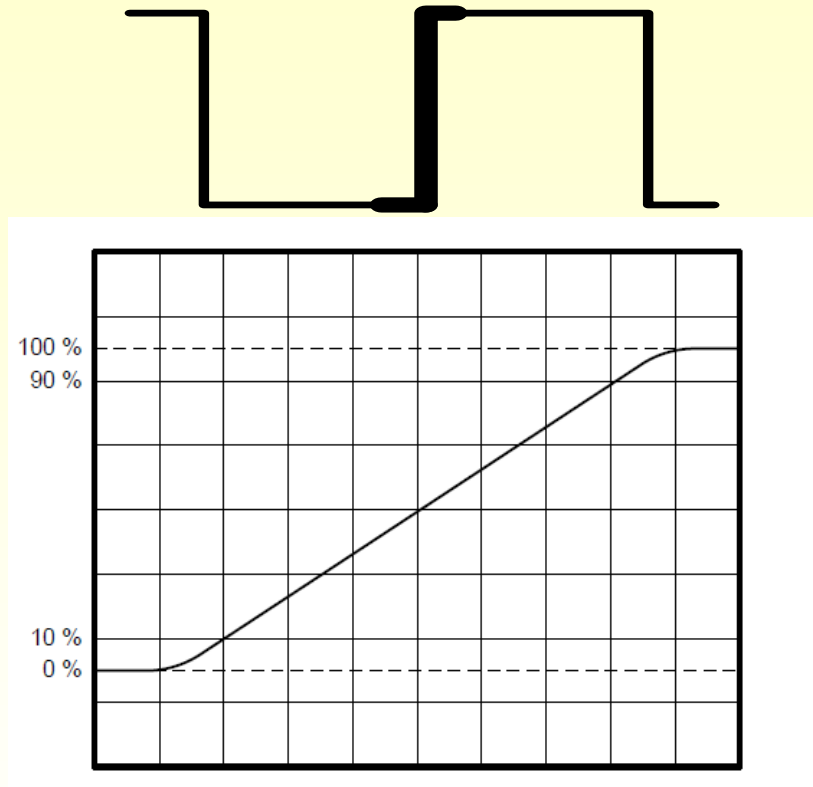
Con el control “TRACE SEP” puedo dividir la pantalla para ver la zona B (como si fuera un zoom) separada de la visualización de la base A



Zona cubierta por la base A

Zona cubierta por la base B

## Ajuste final



**Error en tr:**

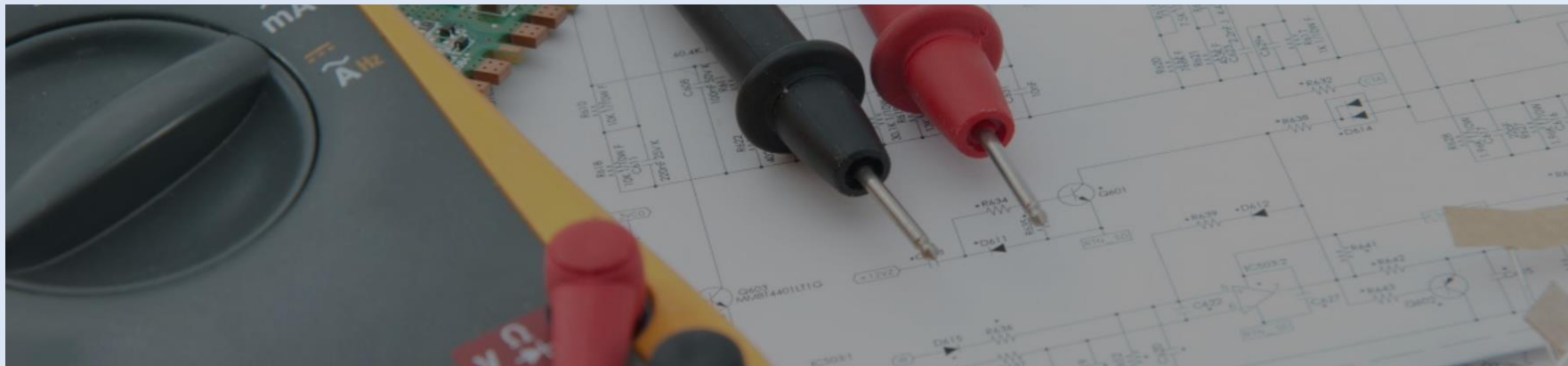
$$E = \pm(3 \% + 1/20/6\text{div } 100) = 3,8\%$$

$$Tr = (6,0 \pm 0,2) \mu\text{s}$$

## Unidad Temática N° 4

### Osciloscopio Digital

### Gabinete del Trabajo Práctico N° 4



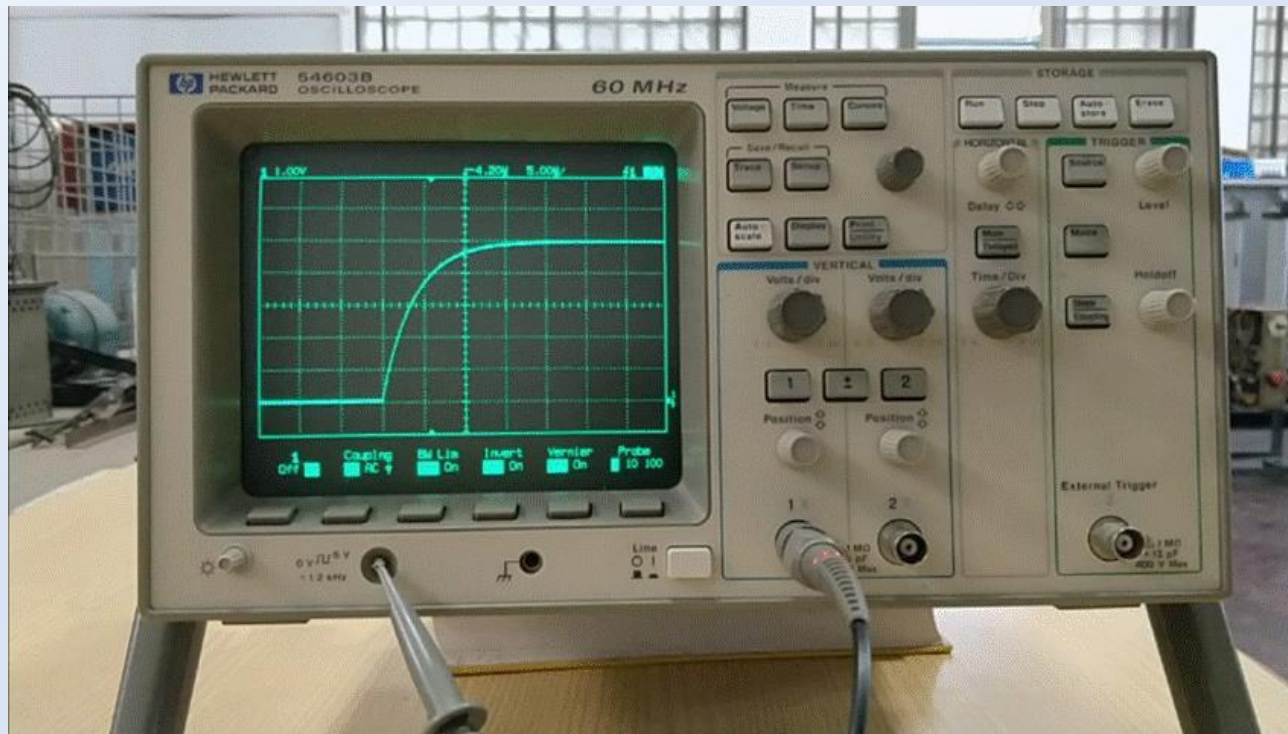
Parte 2.

Osciloscopio Digital: con conversor A-D de 8bits,  
60MHz de ancho de banda, frecuencia máxima de muestreo 20Ms.

Ejemplo de uso, y visualización del fenómeno de “aliasing”.

## Osciloscopio digital

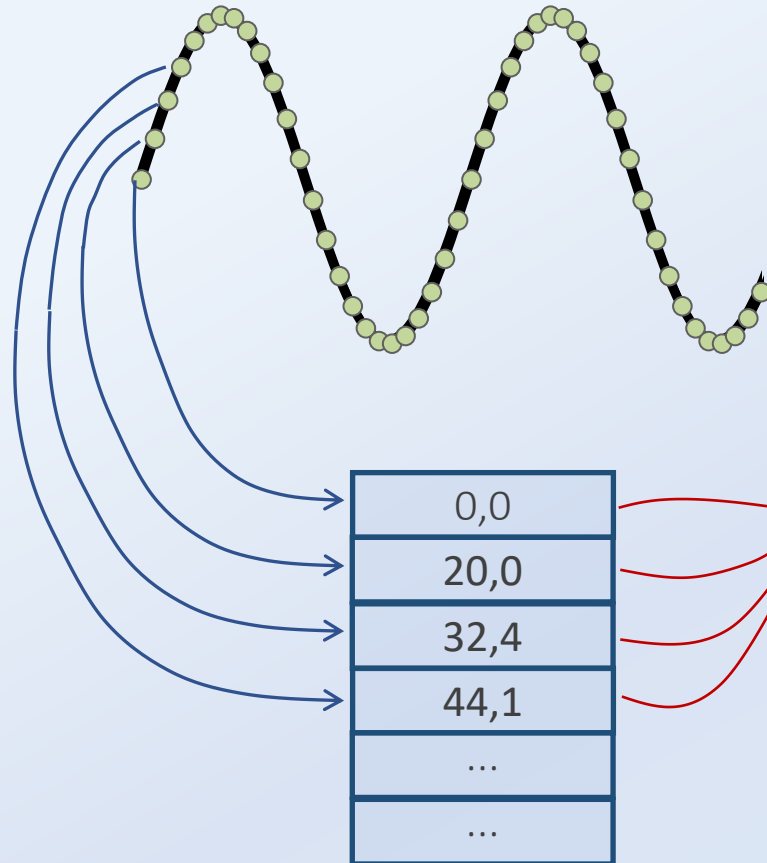
Muchas de sus características son equivalentes a las del analógico que ya hemos analizado, como por ejemplo sus ajustes de tiempo, vertical y disparo, su efecto de carga, etc., por lo que primeramente realizaremos un breve repaso de varios aspectos particulares de los Osciloscopios Digitales.



## Dada una señal de entrada

se toman muestras cada un cierto período.

El período de muestreo depende de la base de tiempo ajustada



**Se cuantifican los niveles de tensión**  
(resolución dada por los bits del conversor A/D),  
**y se almacenan en memoria**

## El disparo permite:

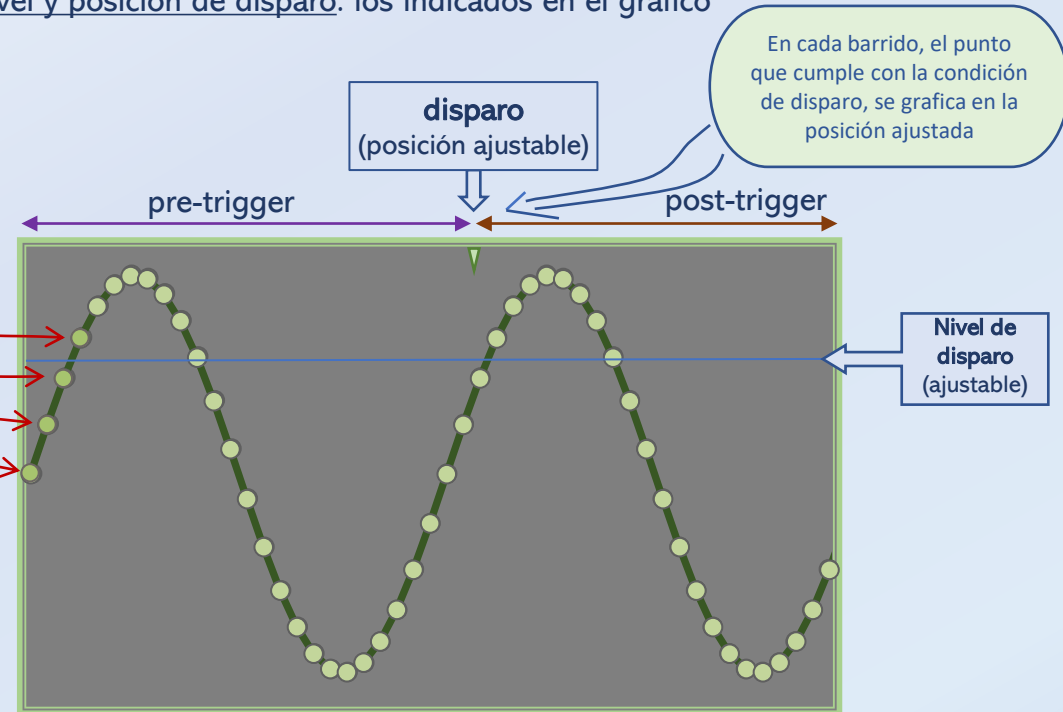
- obtener una imagen estable, para barridos continuos
- señalar el momento de registro en barrido único

Ejemplo de ajuste:

Fuente de disparo: la propia señal a visualizar (disparo interno)

Pendiente de disparo: positiva

nivel y posición de disparo: los indicados en el gráfico



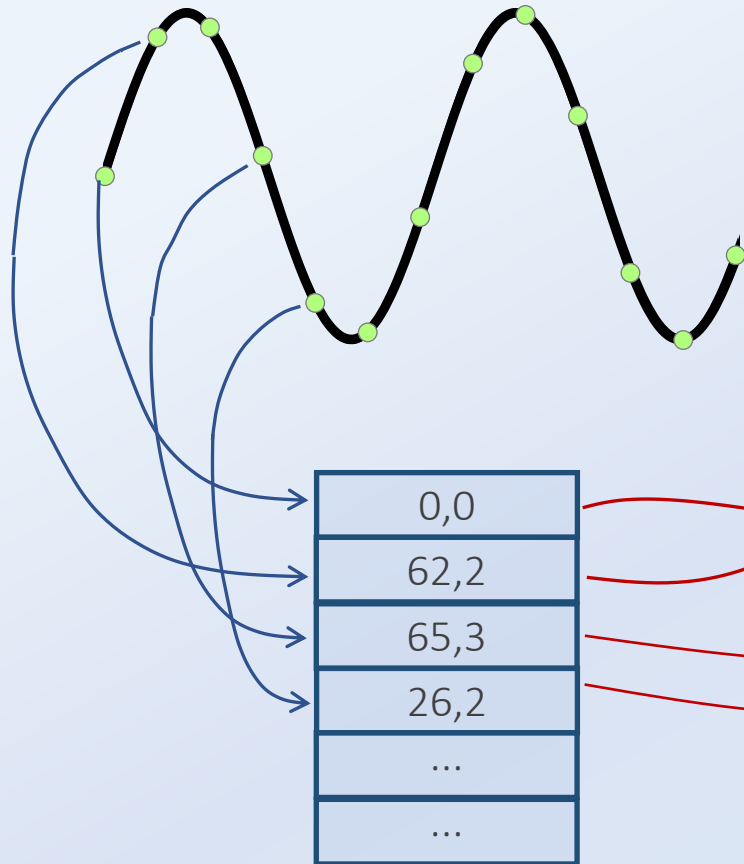
**Se grafican los puntos en pantalla**

**También puede graficarse uniendo los puntos**

## ¿Qué sucede a bajas velocidades de muestreo?

La cantidad de muestras puede resultar insuficiente.

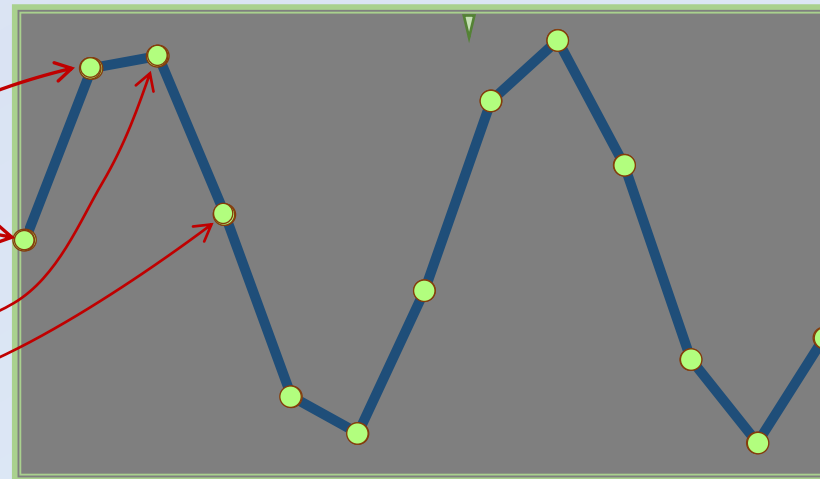
En el ejemplo existen 7 muestras por ciclo ( $f_m = 7f_s$ )



**Se cuantifican los niveles de tensión**  
(resolución dada por los bits del convertor A/D),  
**y se almacenan en memoria**

El disparo se ajustó como en el ejemplo anterior

En principio, al visualizar solo los puntos de muestro, se dificulta observar la onda (aliasing perceptual)



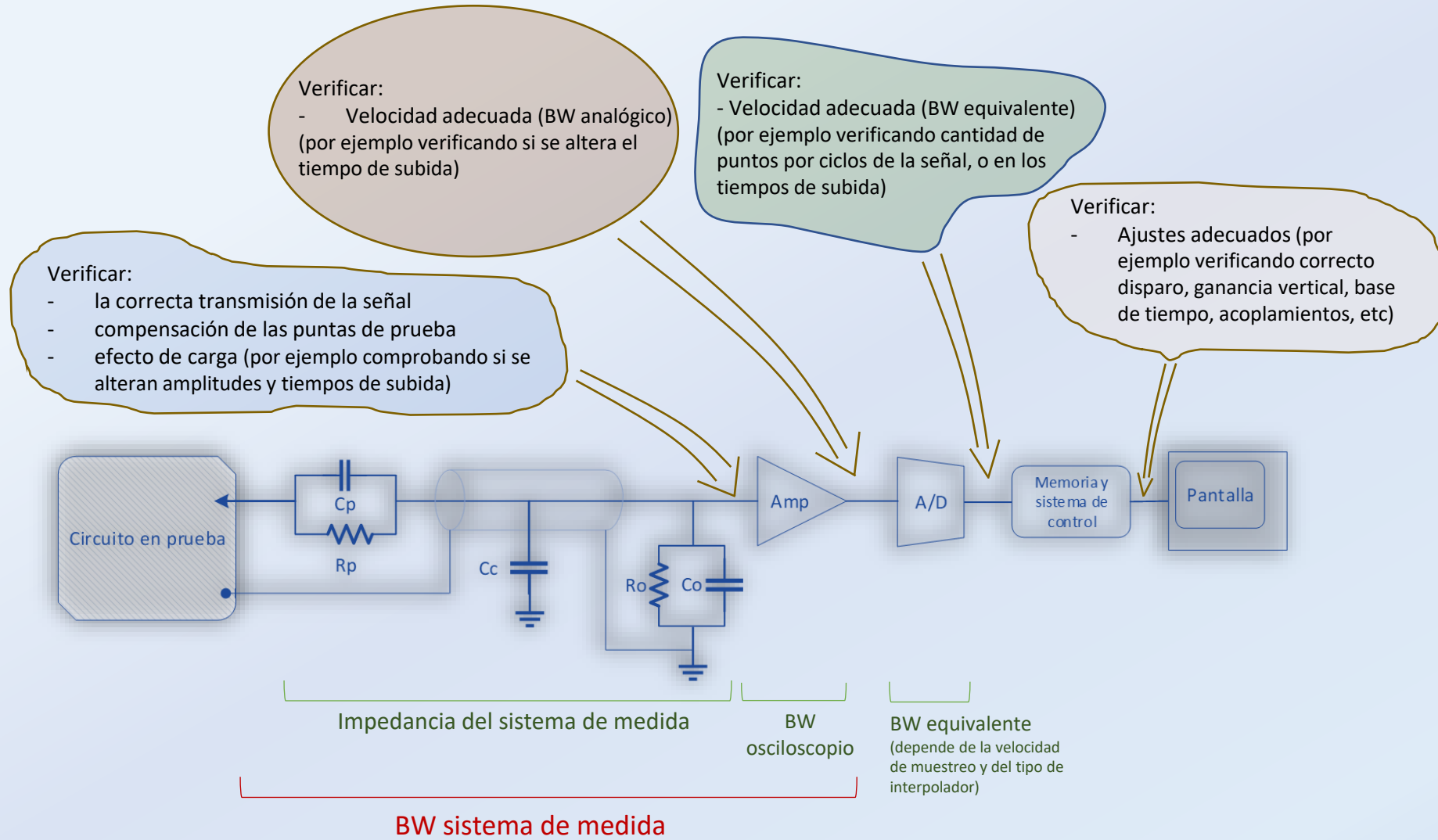
Se grafican los puntos en pantalla

También puede graficarse uniendo los puntos

La interpolación lineal mejora la visualización, pero no anula del todo el problema (intente medir  $V_{pp}$ , por ej.)



## Modelo simplificado del sistema de medida



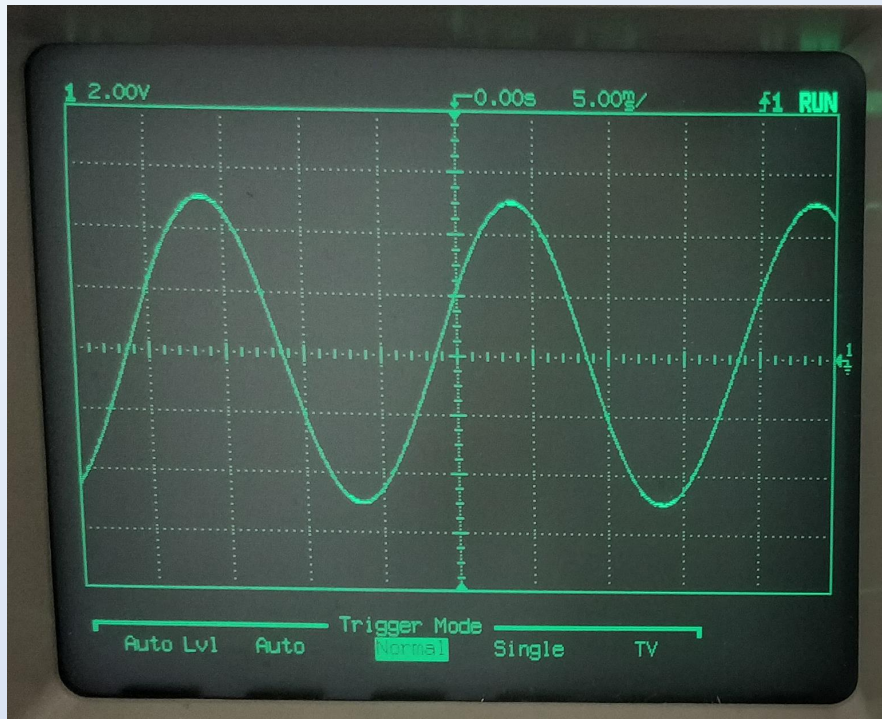
# Especificaciones

## Technical specification Oscilloscope HP 54603B

<b>Bandwidth</b>		<b>Vertical System</b>	
CH 1 and 2	dc-60 MHz	Bandwidth Limit	~ 20 MHz (filter)
ac coupled	10 Hz-60 MHz	Inversion	CH 1 and CH 2
<b>Single shot bandwidth</b>	dc-2 MHz	CMRR	~ 20 dB at 50 MHz
<b>Number of channels</b>	2	Dynamic Range	± 8 div from center screen
<b>Sensitivity</b>	2 mV/div to 5 V/div	Input R and C	1 MΩ, ~ 13 pf
<b>dc gain accuracy</b>	± 2%	Maximum Input	400 V (dc + peak ac)
<b>Rise time (calculated)</b>	<5.83 ns	Math Functions	CH 1 + or – CH 2
<b>Input impedance</b>	1 MΩ, ~ 13 pF		
<b>Input coupling</b>	dc, ac or ground	<b>Cursor Accuracy</b>	
<b>Maximum input (dc + peak ac)</b>	400 V	Single Cursor	Vert. Acc. ± 1.2% of full scale ± 0.5% of position value
<b>Timebase range(main and delayed)</b>	5 s/div to 5 ns/div	Dual Cursor	Vert. Acc. ± 0.4% of full scale
<b>Trigger sources</b>	CH 1, 2, line, or ext.	<b>Horizontal System</b>	
<b>Horizontal accuracy</b>	± 0.01%	Cursor Accuracy( $\Delta t$ and $1/\Delta t$ )	± 0.01% ± 0.2% of full scale ± 200 ps
<b>Horizontal resolution</b>	100 ps	Pretrigger Delay(Negative time)	≥ 10 div
<b>Trigger sensitivity</b>		Posttrigger Delay Trigger (to start of sweep)	at least 2.560 div or 50 ms.( Not to exceed 100 s.)
dc to 25 MHz	0.35 div or 3.5 mV	<b>Delayed Sweep</b>	
25 MHz to max. bandwidth	1 div or 10 mV	<b>Main Sweep</b>	<b>Delayed Sweep</b>
<b>Maximum sample rate</b>		5 s/div to 10 ms/div	up to 200X main
single shot	20 MSa/s	5 ms/div and master	up to 2 ns/div
repetitive	10 GSa/s		
<b>Resolution</b>	8 bits	<b>Trigger System</b>	
<b>Display sistem</b>		Coupling	ac, dc, LF reject, HF reject, and noise reject. LF and HF: -3db at ~ 50 kHz
Graticule	8x10 grid or frame	Modes	Auto, Autolevel, Normal, Single, and TV
Resolution	255 vertical by 500 horizontal point	Holdoff	Adjustable from 200 ns to ~ 13 s
Max. display update rate	1.500.000 points/sec	External Trigger	
<b>Adquisition system</b>		Range Sensitivity	±18V, dc to 25 MHz: < 50mV, 25 MHz to 100 MHz: < 100mV
Record length	4.000 points Vectors off	Coupling	dc, HF reject and noise reject
	2.000 points, Vectors on or single shot	Input R and C	1MΩ, ~ 13pf
		Maximum Input	400 V (dc + peak ac)

## Resolución en pantalla

<b>Resolution</b>	8 bits
<b>Display system</b>	
Graticule	8x10 grid or frame
Resolution	255 vertical by 500 horizontal point
<b>dc gain accuracy</b>	± 2%



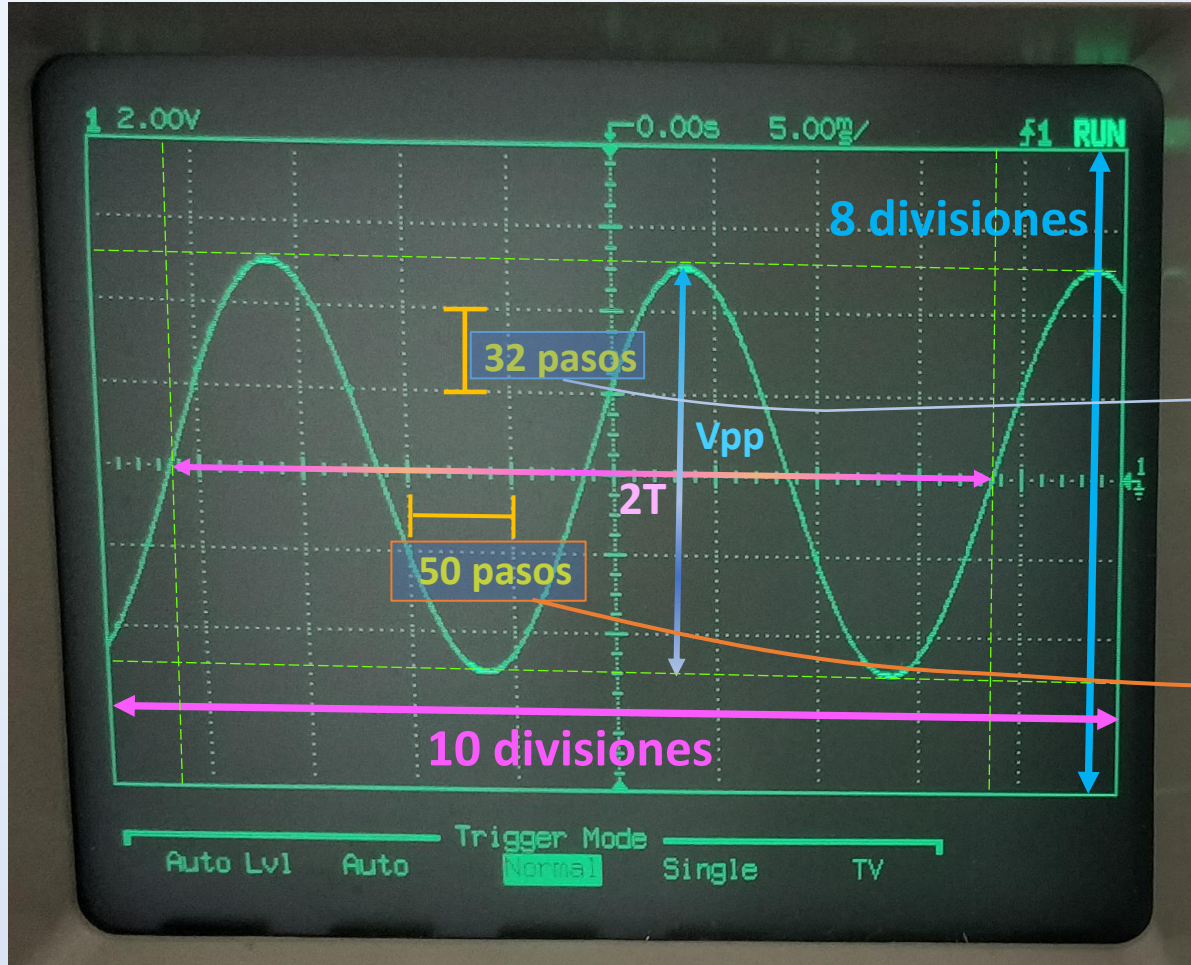
Para un excursión que cubra toda la pantalla, tendremos  $2^8 = 256$  saltos.

Resolución =  $\pm 1/256 \approx \pm 0,39\%$

La resolución es compatible con una exactitud del canal de  $\pm 2\%$

500 puntos por pantalla. Resolución =  $\pm 1/500 = \pm 0,2\%$   
 (La resolución pesa mucho en la exactitud horizontal)

# Errores límites



dc gain accuracy	± 2%
Horizontal accuracy	± 0.01%

<b>Cursor Accuracy</b>	
Single Cursor	Vert. Acc. ± 1.2% of full scale ± 0.5% of position value
Dual Cursor	Vert. Acc. ± 0.4% of full scale

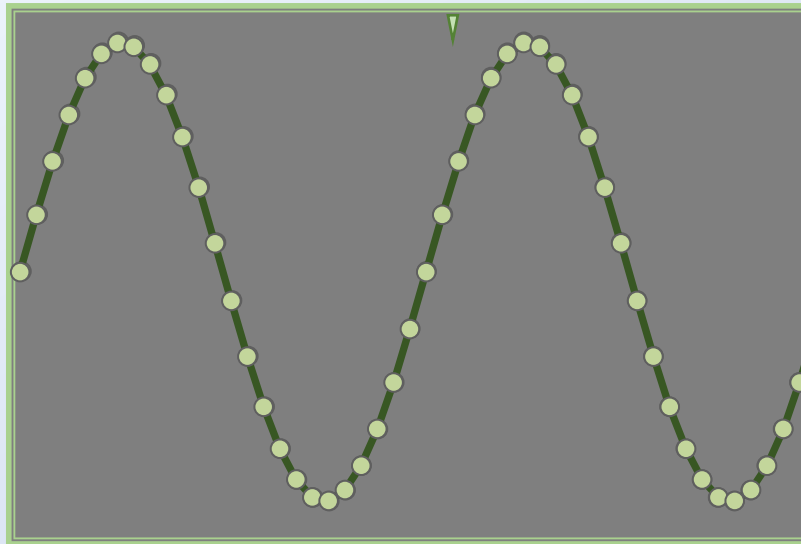
<b>Horizontal System</b>	
Cursor Accuracy (Δt and 1/Δt)	± 0.01% ± 0.2% of full scale ± 200 ps

<b>Display sistem</b>	
Graticule	8x10 grid or frame
Resolution	255 vertical by 500 horizontal point

## Muestreo de tiempo real (en disparo único)

Para un disparo único, la máxima frecuencia de muestreo es  $f_M = 20 \text{ Ms/s}$

Longitud del registro, máx. 2000 puntos



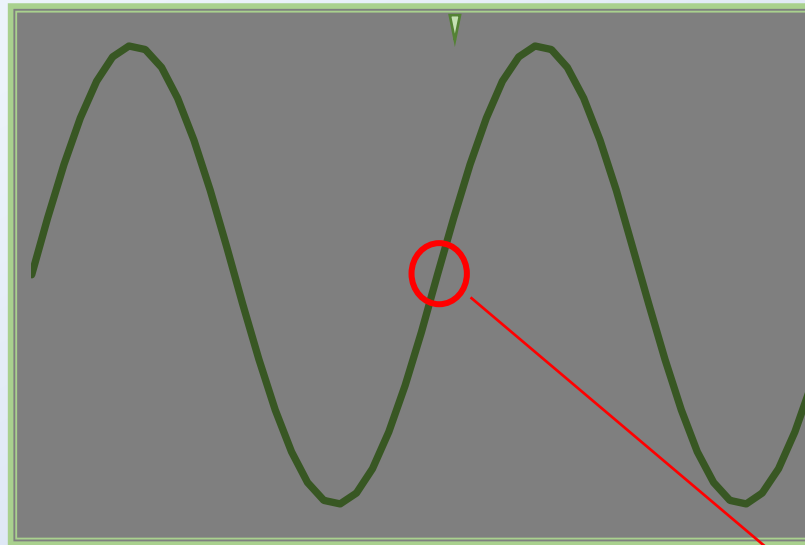
$\longleftrightarrow$   
 N° de muestras  
 (en principio, longitud del registro)

La frecuencia de muestreo, para cada barrido, dependerá de la base de tiempo que estemos usando. En principio, todo el registro es presentado en pantalla.

$$f_M = \frac{\text{N}^\circ \text{ de muestras}}{\text{base de tiempo} \times \text{N}^\circ \text{ de divisiones}}$$

## Muestreo de tiempo real (en disparo único)

Ejemplo: barrido en 1 ms/div



2000 puntos

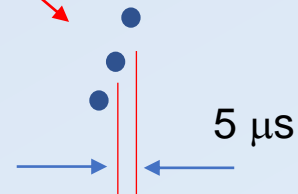
En estas condiciones, la resolución horizontal es muy superior a la de un analógico

$$f_M = \frac{2000 \text{ muestras}}{1 \text{ ms /div} \times 10 \text{ div}}$$

$$f_M = 200 \text{ ks/s}$$

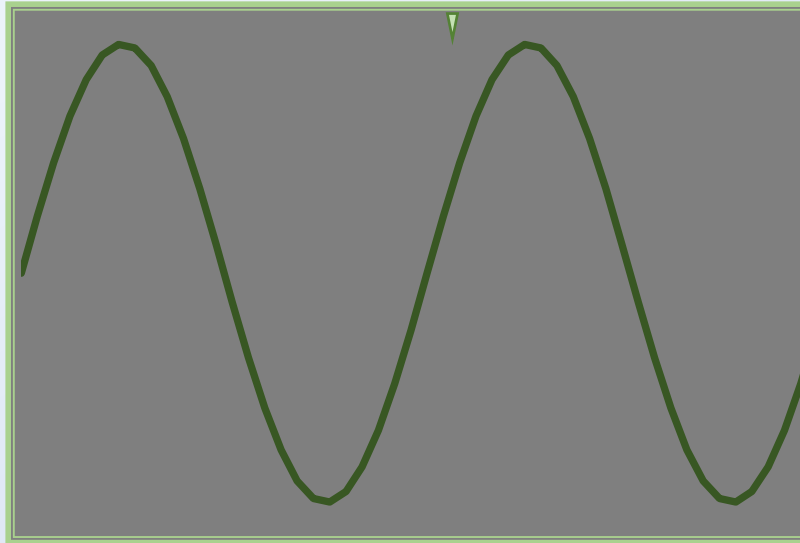
$1/f_M$  = separación entre muestras

$$1/f_M = 1/200 \text{ ks/s} = 5 \mu\text{s}$$



## Muestreo de tiempo real (en disparo único)

Ejemplo: barrido en 500 ns/div



100 puntos

¿Cuántos puntos presenta?:



$$500 \text{ ns/div} \times 10 \text{ div} \times 20 \text{ Ms/s} = \mathbf{100 \text{ puntos}}$$

$$f_M = \frac{2000 \text{ muestras}}{500 \text{ ns /div} \times 10 \text{ div}}$$

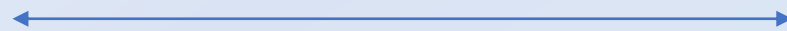
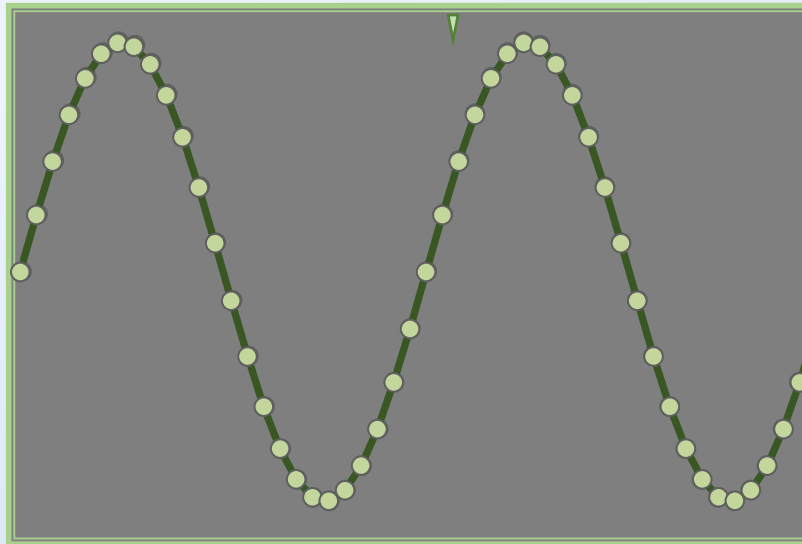
$$f_M = 400 \text{ Ms/s}$$

$$400 \text{ Ms/s} > f_{M\text{máx}} !!!$$

No puede, en este barrido, mostrar todo el registro en pantalla

## Errores por muestreo - Aliasing

Ejemplo en onda senoidal



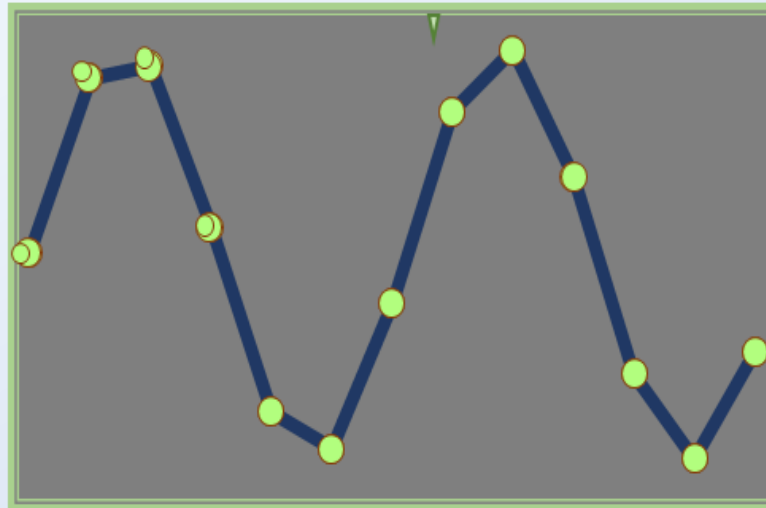
≈ 50, 100 o más muestras por ciclo

Con una cantidad suficiente de puntos la imagen se ve correctamente (incluso sin que los puntos estén unidos o interpolados)



## Errores por muestreo - Aliasing

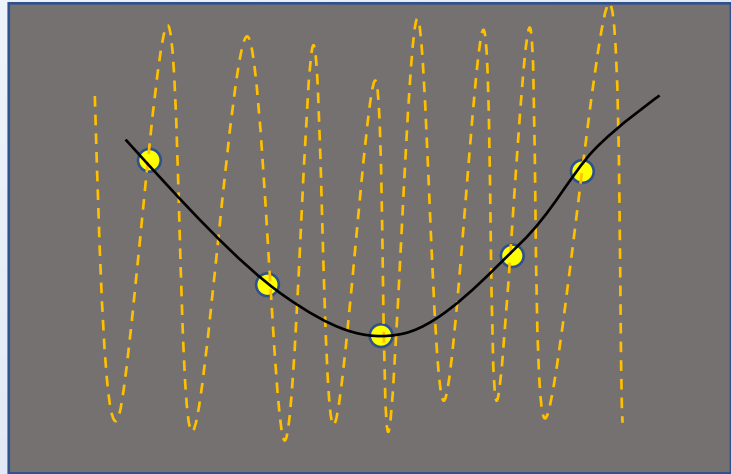
Ejemplo en onda senoidal



≈ 5, 10 muestras por ciclo

Si la cantidad de puntos es baja, se pierde información de la señal. Con entre 5 y 10 puntos podemos obtener información sobre  $T$ , pero aparecen errores al medir valores máximos.

## Errores por muestreo - Aliasing



$\approx < 4$  muestras por ciclo

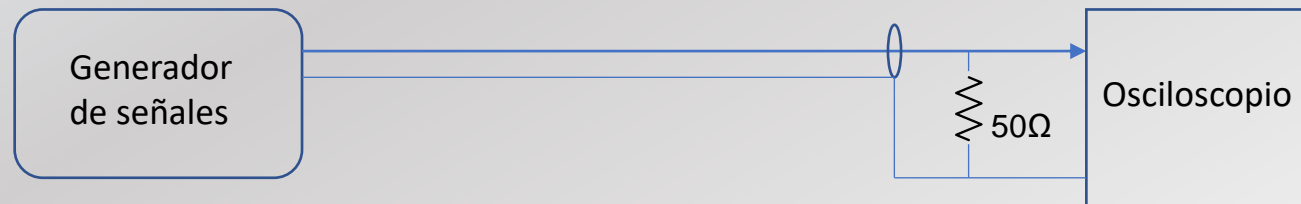
Si la cantidad de puntos es baja, una señal de alta frecuencia mal muestreada puede aparentar una onda de baja frecuencia (alias, aliasing).

## Laboratorio. Verificación del correcto muestreo

Se visualizará una tensión sinusoidal de frecuencia variable, con disparo único, a 500 ns/div (5000 ns en toda la pantalla)

Muestras =  $20 \text{ Ms/s} \times 5000 \text{ ns} = 100$  puntos por pantalla (distancia entre puntos 50 ns)

Se utilizará un generador de señal variable hasta 30MHz, con  $50\Omega$  de impedancia de salida. Se conecta al osciloscopio a través de cable coaxial, y con resistencia de  $50\Omega$  en la entrada del osciloscopio, para adaptar impedancia.



## Laboratorio. Verificación del correcto muestreo

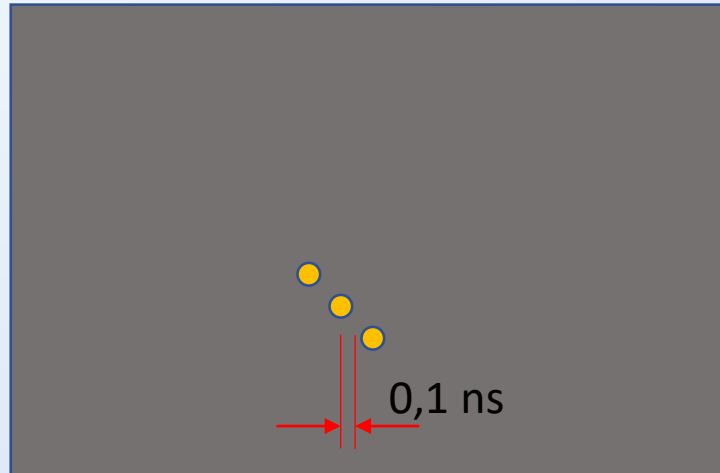
Se visualizará una tensión sinusoidal de frecuencia variable, con disparo único a 500 ns/div (5000 ns en toda la pantalla)

Muestras = 20 Ms/s x 5000 ns = 100 puntos por pantalla (distancia entre puntos 50 ns)

f señal	T	Puntos/ciclo	Resultado
1 Mhz	1000 ns	$1000/50= 20$	Visualización correcta
3 Mhz	333 ns	$333/50=6,7$	Se puede interpretar el período
7Mhz	142,8 ns	$142,8/50=2,9$	aliasing
18 Mhz	55,5 ns	$55,5/50=1$	Aliasing (sinusoide de 2 Mhz)

## Muestreo de tiempo equivalente (señales periódicas)

Visualización de señales con frecuencias superiores a la de muestreo (periódicas)



$$f_{M \text{ máx}} = 20 \text{ Ms/s}$$

$$1/f_{M \text{ máx}} = 1/20 \text{ M} = 50 \text{ ns}$$

Barrido 5 ns/div (un punto en pantalla)

En modo repetitivo, superpone las muestras obtenidas en distintos barridos (pertenecientes a partes de la señal de períodos no simultáneos)

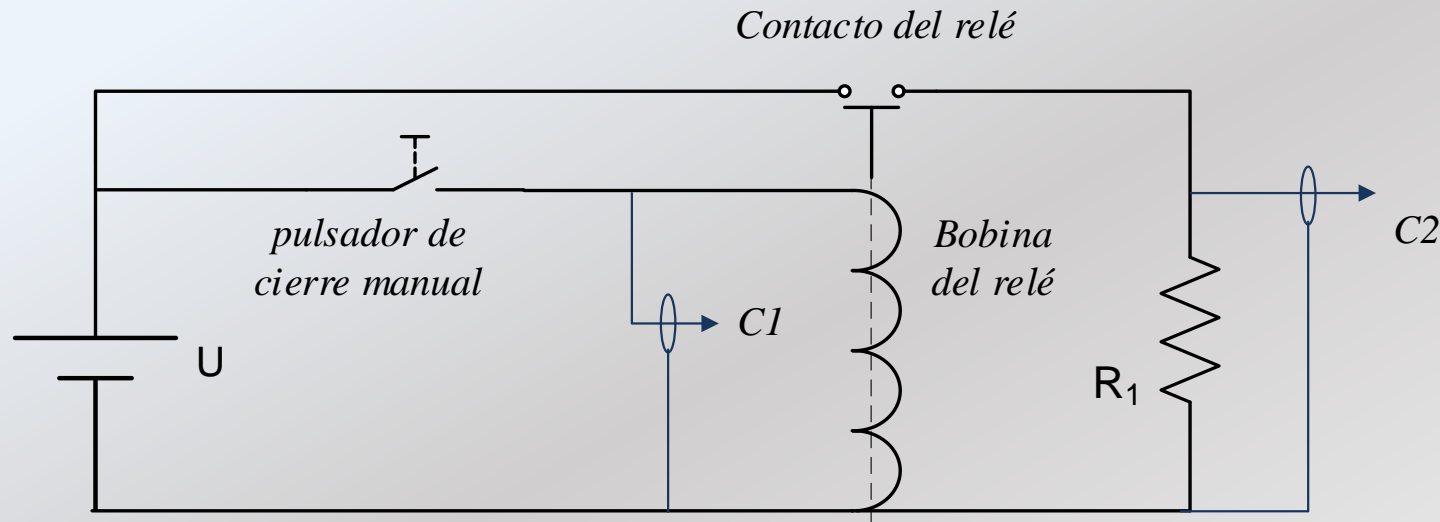
Con esta opción podemos llegar a frecuencias de muestreo “equivalentes” de 10 Gs/s

## Laboratorio. Determinación del tiempo de operación de un relé

Tiempo de cierre: *el que transcurre desde el **instante de energización** de la bobina hasta el **efectivo cierre de los contactos**.*

Para determinar este tiempo se necesita obtener la información de ambos sucesos

Relé de 12VDC      valor esperable de  $t_{\text{cierre}}$ : *algunos ms*



$U$ : 12VDC (tensión nominal del relé, para realizar una medición representativa, deberá tener una cierta tolerancia, e impedancia despreciable frente a la de la bobina)

$R_1$ : podría no estar, pero mejora el comportamiento del sistema de medida frente al ruido (valores razonables 1~100 k $\Omega$ )

El relé se acciona con un pulsador. Se trata de un fenómeno no repetitivo, por lo que se utilizará disparo único

## Laboratorio. Determinación del tiempo de operación de un relé

Ajuste inicial tentativo del Osciloscopio digital:

C1 y C2:

Punta 1x ó 10x

Ganancia: por ej. 2V/div, usando 1x  
acoplamiento DC

Disparo:

Barrido único

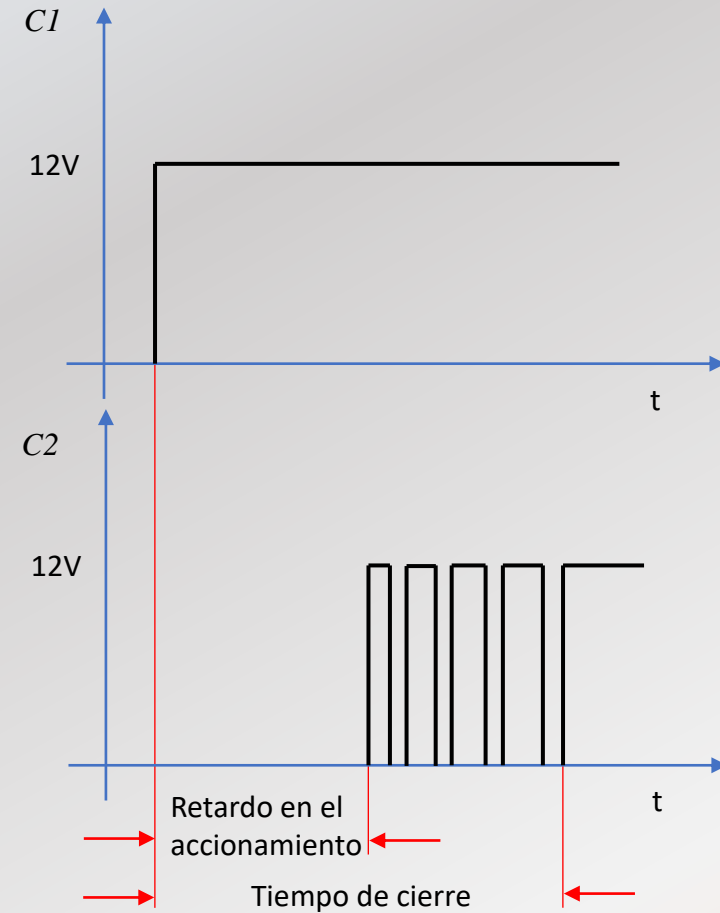
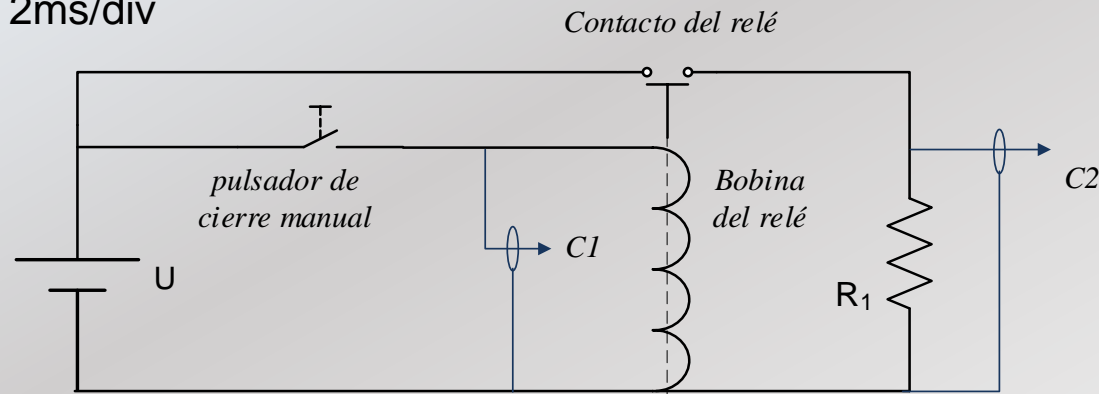
Fuente C1, acoplamiento DC

Nivel: por ej 5V (<12V), pendiente: positiva

Pretrigger: ajustado cerca de principio de pantalla

Base de tiempo:

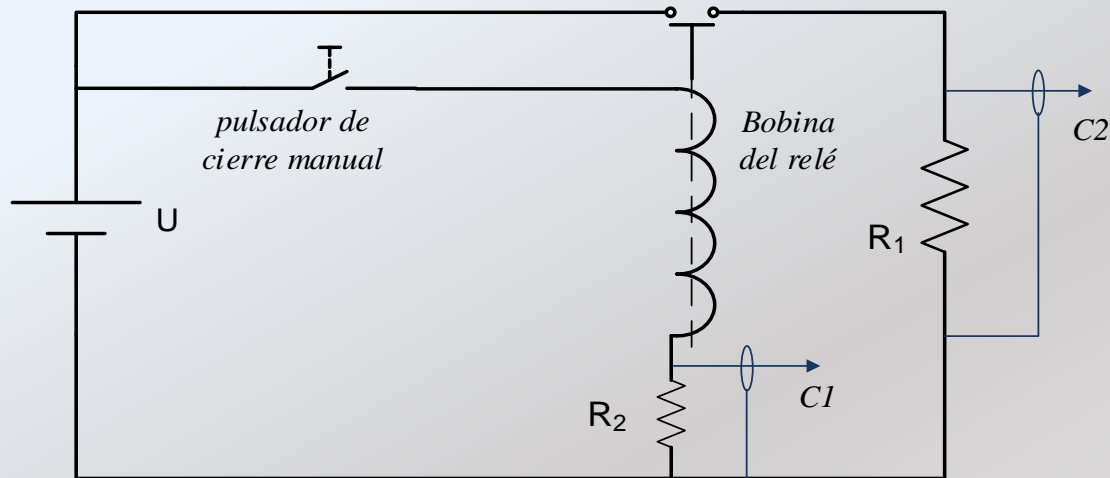
2ms/div



Posteriormente a la medición, con el fin de ganar experiencia y observar las bondades de este instrumento, se podrán realizar diferentes ajustes de pretrigger y base de tiempo, para visualizar detalles de la onda (tiempo entre rebotes por ej.)

## Laboratorio. Determinación del tiempo de operación de un relé

También podría ser una alternativa interesante observar la corriente que toma la bobina:



$R_2$ : su efecto en el circuito debe ser despreciable ( $R_2 \ll R_{\text{bobina}}$ ) para no modificar la corriente de la bobina (ni su valor final, ni su constante de tiempo). Además debe provocar una caída de tensión medible.

