

# Lección 4: Análisis de sistemas digitales

## Resumen

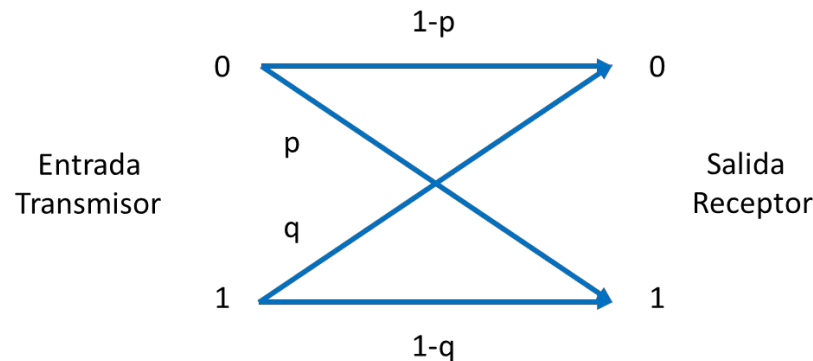
El análisis de los sistemas digitales tiene lugar con una adaptación adecuada de la relación  $S/N$ . El resultado es una transferencia a datos continuos, de modo que se puede realizar una interpretación en la misma manera como para los sistemas análogos. La señal de entrada típicamente consiste en una corriente de 2 componentes, los cuales están separados en 2 canales de material en la salida. Esto da como resultado la derivación de 2 clases de errores.

## Tabla de contenidos

- Folio 2: Ratios de errores
- Folio 3: Errores de primer tipo y de segundo tipo
- Folio 4: Propiedades de errores
- Folio 5: Simetría de errores
- Folio 6: Sistema binario ideal y real
- Folio 7: La pendiente como criterio de sistemas binarios
- Folio 8: SNR de sistemas binarios

# Ratios de errores

Si se procesan dos componentes en un sistema, esto también se denomina sistema de dos canales. Sobre la base de una señal digital, se puede reconocer fácilmente la apariencia respectiva de un error.



La frecuencia de un error de transmisión del estado 0 de una señal digital se indica mediante  $p$  y, en consecuencia, la no transmisión del estado 1 se indica mediante  $q$ . Dado que  $p$  y  $q$  sólo pueden tomar valores numéricos entre 0 y 1, la proporción de transmisión libre de errores es  $1-p$  y  $1-q$  respectivamente.

# Errores de primer tipo y de segundo tipo

Las proporciones  $p$  y  $q$  se conocen como errores de primer tipo y errores de segundo tipo. Hay diferentes posibilidades de representación.

Para señales digitales

		Respuesta	
		0	1
Entrada	0	$1 - p$	$p$ Error tipo 1
	1	$q$ Error tipo 2	$1 - q$

Para flujos de material de 2 componentes

	Mineral	Roca	Total
Producto de valor: mineral	$n_{00}$	$n_{01}$ Error tipo 1: $p = n_{01} / n_0$	$n_0 = n_{00} + n_{01}$
Residuo: roca	$n_{10}$ Error tipo 2: $q = n_{10} / n_1$	$n_{11}$	$n_1 = n_{11} + n_{10}$
n = cantidades			

# Propiedades de errores

Si no existen observaciones o valores medidos para los errores tipo 1 y tipo 2, se utilizarán valores numéricos sustituidos.

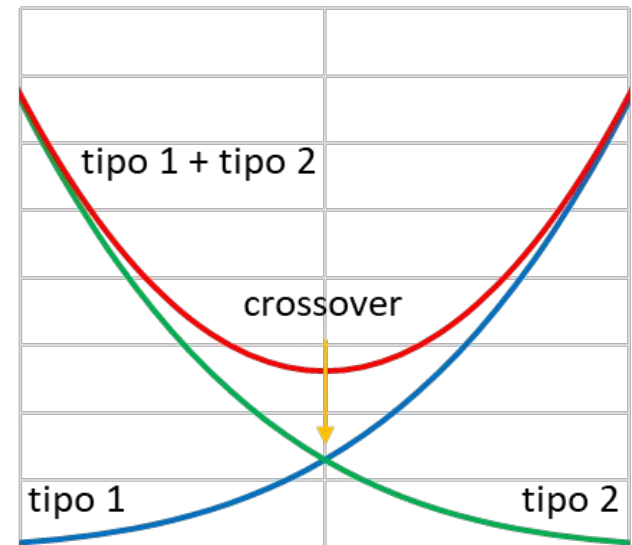
No existe valor medido	Sustitución
$n_{01} = 0$	Error tipo 1: $p = \frac{1}{2n_{00}}$
$n_{10} = 0$	Error tipo 2: $q = \frac{1}{2n_{11}}$

Para la evaluación objetiva de un sistema binario se requiere una simetrización de las proporciones de los errores de ambos tipos.

Máximo grado de confusión $p : q = 1 : 1$	$p = q = p_0$
Suma mínima de los errores	$2 p_0$

El punto en el que las proporciones de los errores son iguales también se denomina *crossover* con la propiedad de que la suma de los errores alcanza un mínimo.

Frecuencia de errores



# Simetría de errores

La frecuencia de errores en el punto del crossover es lo único que caracteriza las propiedades de un sistema binario.

$$p + q = 2p_0$$

Para calcular con porcentajes en una escala logarítmica, utilice la Transformación Omega.

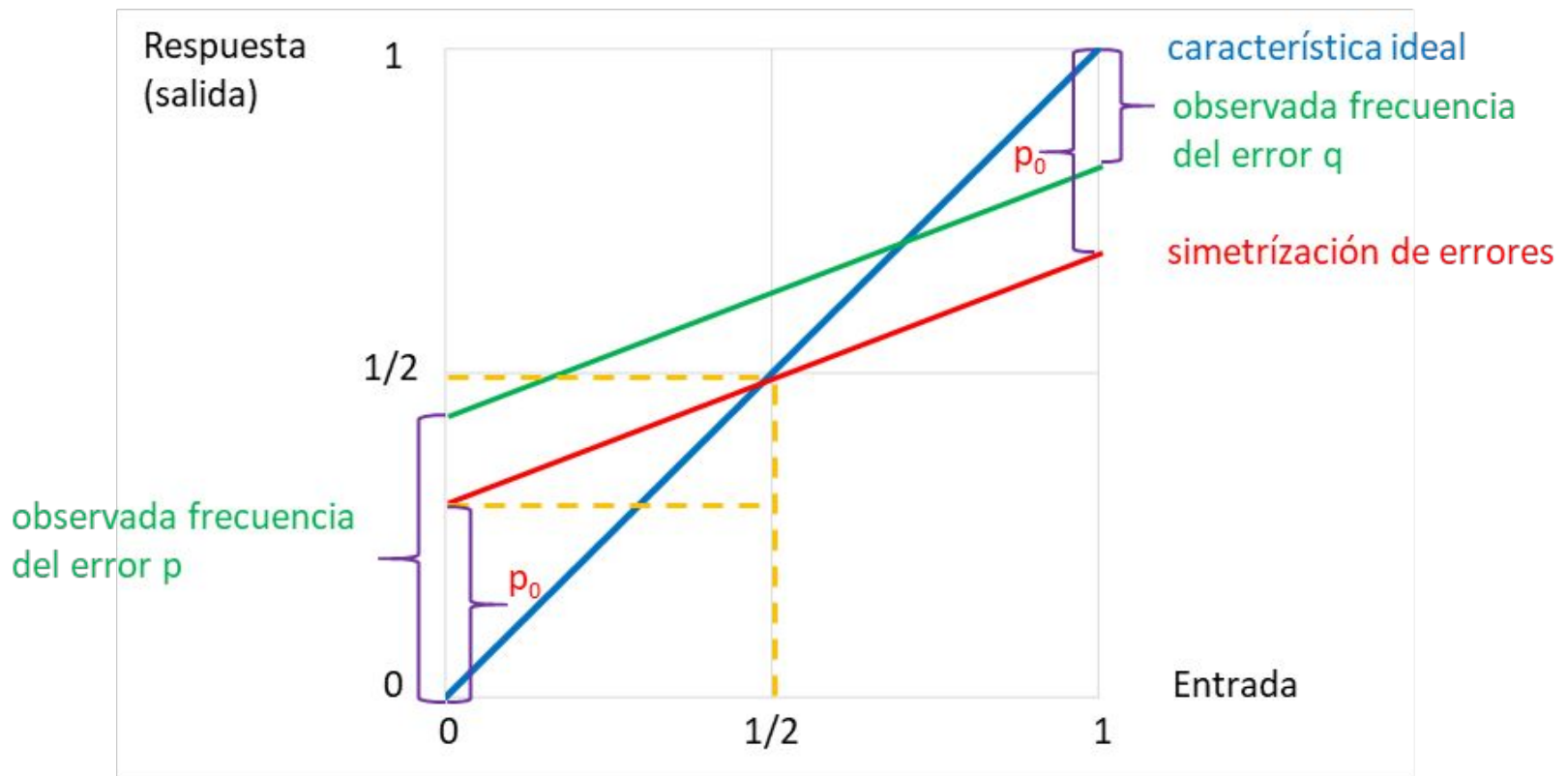
$$2 \cdot 10 \log \left( \frac{p_0}{1 - p_0} \right) = 10 \log \left( \frac{p}{1 - p} \right) + 10 \log \left( \frac{q}{1 - q} \right)$$

$$\left( \frac{p_0}{1 - p_0} \right)^2 = \left( \frac{p}{1 - p} \right) \left( \frac{q}{1 - q} \right)$$

$$p_0 = \frac{1}{1 + \sqrt{\left( \frac{1}{p} - 1 \right) \left( \frac{1}{q} - 1 \right)}}$$

# Sistema binario ideal y real

Función de transferencia de un sistema binario ideal y real.

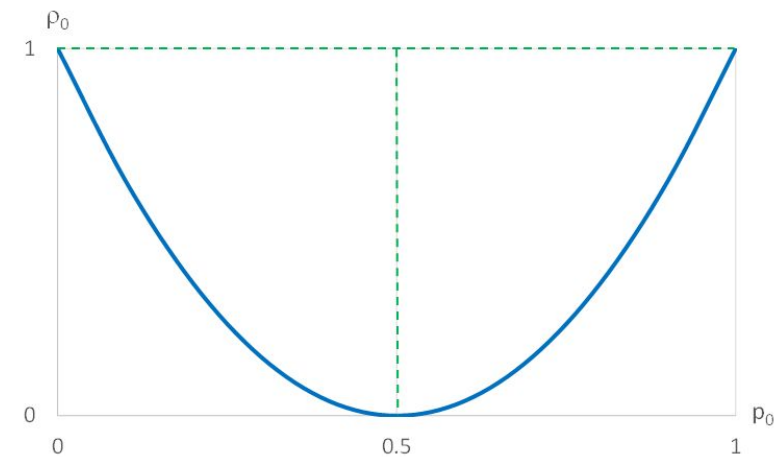


# La pendiente como criterio de sistemas binarios

Si la frecuencia de los errores es  $> 0$ , la pendiente  $\beta$  es  $< 1$ .

$$\beta = \frac{\frac{1}{2} - p_0}{\frac{1}{2}} = 1 - 2 p_0$$

La importancia de la pendiente consiste en una función de transferencia con la menor frecuencia de errores posible. El cuadrado de la pendiente se define como la contribución  $\rho_0$ , porque dependiendo del magnitud del error simétrico, las señales 0 y 1 son distinguibles o no.



$$\beta^2 = (1 - 2 p_0)^2 = \rho_0$$

# SNR de sistemas binarios

Semejante al índice SEN en los sistemas análogos, en el caso de sistemas binarios se utiliza la contribución  $\rho_0$  para el cálculo del índice SNR.  $\rho_0$  se limita a 1, por eso se aplica su forma omega transformada.

$$SNR = 10 \log \left( \frac{\rho_0}{1 - \rho_0} \right)$$

Representación del índice SNR con la simetrización de los errores.

$$SNR = 10 \log \left( \frac{(1 - 2 p_0)^2}{4 p_0 (1 - p_0)} \right)$$

La suma de los errores más pequeña (punto del crossover) es decisiva para la evaluación de un sistema de este tipo. En el modo de funcionamiento, en cambio, las ventajas económicas son esenciales, por lo que el error simétrico tiene que ser cambiado en favor del resultado más valioso.