



SIMULADOR DE COMUNICACIONES DIGITALES

DOCUMENTACIÓN





SIMULADOR DE COMUNICACIONES DIGITALES

DOCUMENTACIÓN



Este documento contiene los siguientes puntos acerca del programa:

- 1. Inicio***
- 2. Datos a ingresar***
- 3. Resultados***
- 4. Ventana "Número de ciclos en sinusoides"***
- 5. Zoom y movilidad de las gráficas***

INICIO

INICIO

El simulador funciona a partir del siguiente diagrama de bloque simplificado:



INICIO

1.CODIFICADOR DE LÍNEA // MODULADOR:

Se genera la señal digital. El simulador posee dos opciones:

1. **Señales clásicas:** señales con características conocidas.
2. **Señales no convencionales:** señales cuyos símbolos son definidos por el usuario. Pueden ser ingresadas de dos formas:
 - a. **Símbolos:** especificando directamente la forma de los símbolos.
 - b. **Bases:** especificando las bases de la señal para luego ingresar las coordenadas del **diagrama de constelación** de cada símbolo.

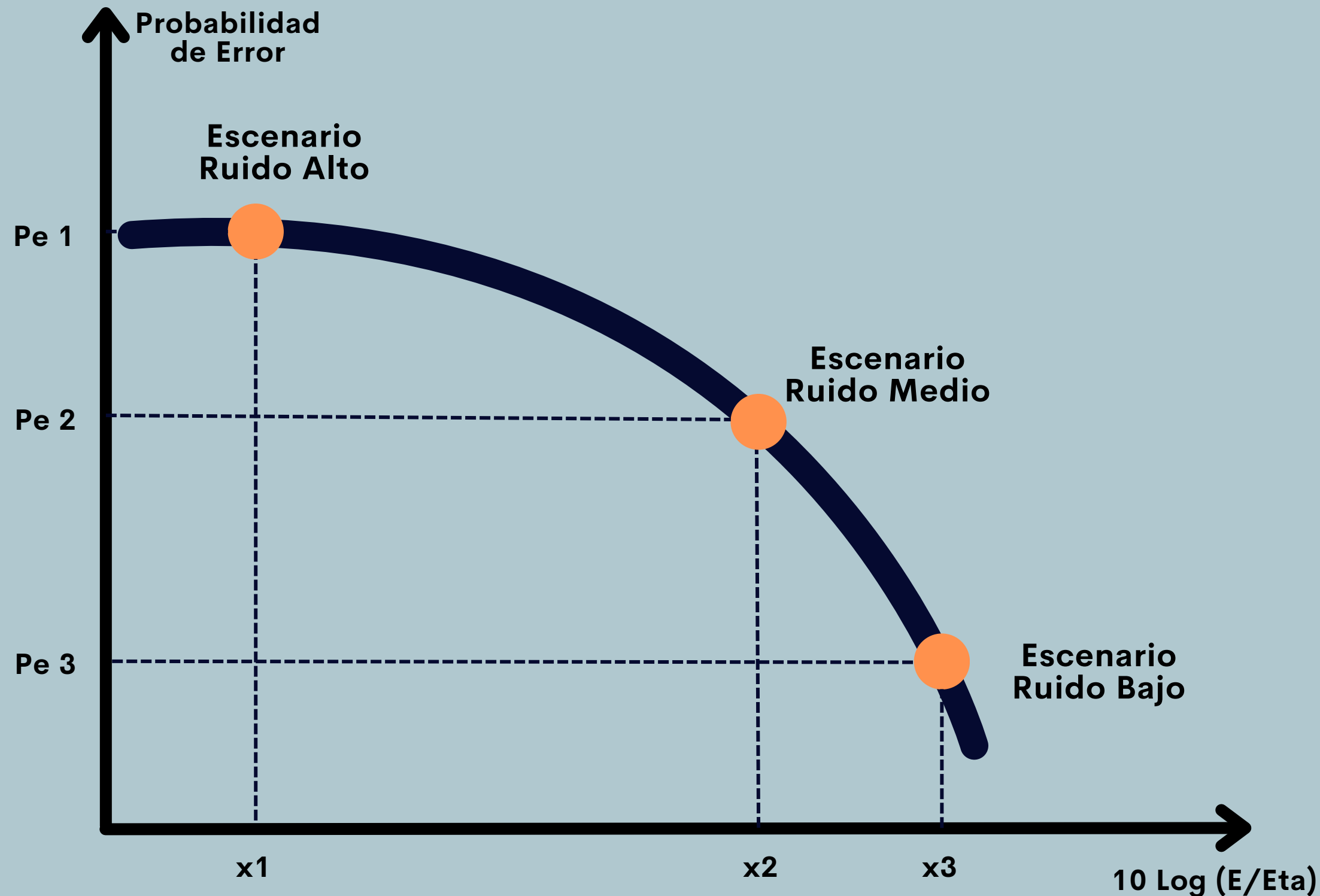
INICIO

2.CANAL AWGN

La señal generada es transmitida por un canal con ruido aditivo blanco gaussiano. En el programa **se pueden simular tres escenarios de ruido** bajo, medio y alto definidos mediante la gráfica de probabilidad de error de la señal

INICIO

2.CANAL AWGN



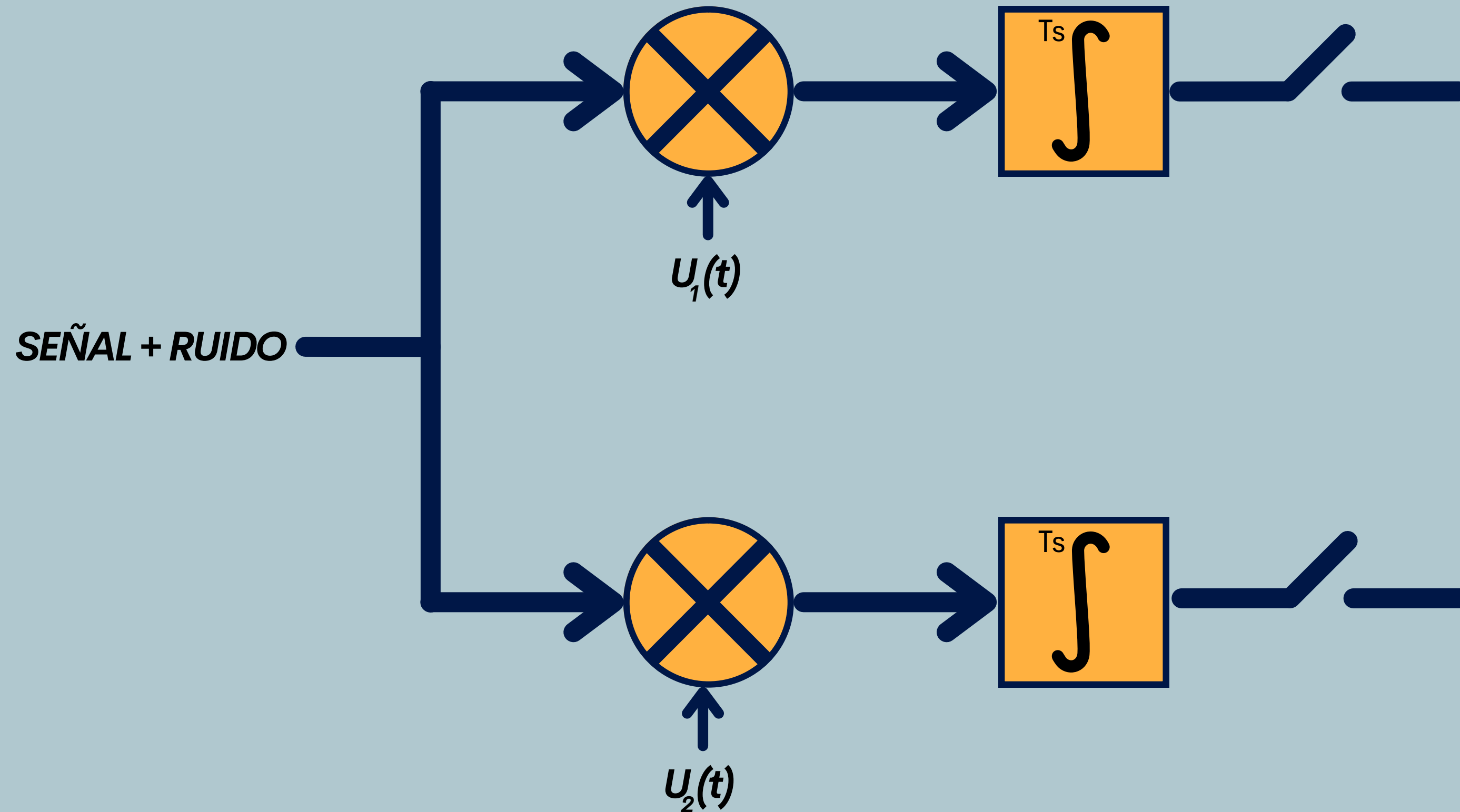
Los tres escenarios de nivel de ruido están distribuidos a lo largo de la gráfica de probabilidad de error de la señal.

3.RECEPTOR ÓPTIMO GRAM-SCHIMDT

Se utiliza un receptor basado en el proceso de ortogonalización Gram-Schmidt para recuperar la señal transmitida con la menor cantidad de errores posibles.

INICIO

3. RECEPTOR ÓPTIMO GRAM-SCHIMDT



INICIO

3.RECEPTOR ÓPTIMO GRAM-SCHIMDT

- El receptor en el simulador posee **máximo dos ramas** por cada base de la señal. Pueden existir casos donde solo se requiera una sola base y por tanto, una sola rama.
- En cada rama cada símbolo es multiplicado por la base y luego se integra.
- Cada rama devuelve un número: las proyecciones del símbolo sobre las bases. Estas proyecciones son **las coordenadas del símbolo en el diagrama de constelación.**

3.RECEPTOR ÓPTIMO GRAM-SCHIMDT

- En el caso del simulador, se utilizó un **criterio basado en la distancia** de cada símbolo con ruido con la posición del símbolo original en la constelación.
- A partir de esta información, se decide cuál fue el símbolo que se recibió.



**DATOS A
INGRESAR**

DATOS A INGRESAR

SEÑALES CLÁSICAS

TIPO DE SEÑAL

Manchester

Amplitud:

1

Frecuencia:

10

100

16

Frecuencia 2:
(FSK)

10

100

16

Tiempo de símbolo:

0.1

2

0.2

Frecuencia de símbolo:

5

Nivel de Ruido:

Bajo

Num. de ciclos en
sinusoides

SIMULAR

DATOS A INGRESAR

SEÑALES CLÁSICAS

TIPO DE SEÑAL

Este parámetro define el tipo de señal que se va a simular.

- Las señales NRZu, RZu, NRZp, RZp y Manchester son **códigos de línea** (bandabase).
- Las señales OOK, PRK y FSK son **modulaciones binarias** (pasabanda).
- Las señales QPSK, 8-PSK y 16QAM son **modulaciones multinivel** (pasabanda).

DATOS A INGRESAR

SEÑALES CLÁSICAS

AMPLITUD (VOLTS)

Este parámetro define la amplitud de los símbolos en la señal.

FRECUENCIA DE PORTADORA (HERTZ)

En las señales pasabanda, este parámetro define la frecuencia de modulación.

En FSK, define la frecuencia del símbolo 1.

DATOS A INGRESAR

SEÑALES CLÁSICAS


FRECUENCIA 2 - FSK (HERTZ)

En FSK, este parámetro define la frecuencia de modulación del símbolo 2.

RECUERDA:

Para verificar que la combinación de *frecuencia de portadora* y *tiempo de símbolo* resulte en símbolos sinusoides con un número entero de ciclos, puedes utilizar la ventana de Num. Ciclos En Sinusoides.

**Num. de ciclos en
sinusoides**



DATOS A INGRESAR

SEÑALES NO CONVENCIONALES - SÍMBOLOS

S1

S2

S3

S4

SÍMBOLO 1

Tipo de símbolo:

Manchester

Amplitud:

Frecuencia Portadora:

10 100

Fase:

Inicio de símbolo:

0.25 t_{simb}

Duración del símbolo:

50%

Tiempo de símbolo:

0.1 2 0.2

Frecuencia de símbolo:

5

Nivel de Ruido:

Bajo

Num. de ciclos en
sinusoides

SIMULAR

DATOS A INGRESAR

SEÑALES NO CONVENCIONALES - SÍMBOLOS

TIPO DE SÍMBOLO

Este parámetro define la forma del símbolo que se está ingresando.

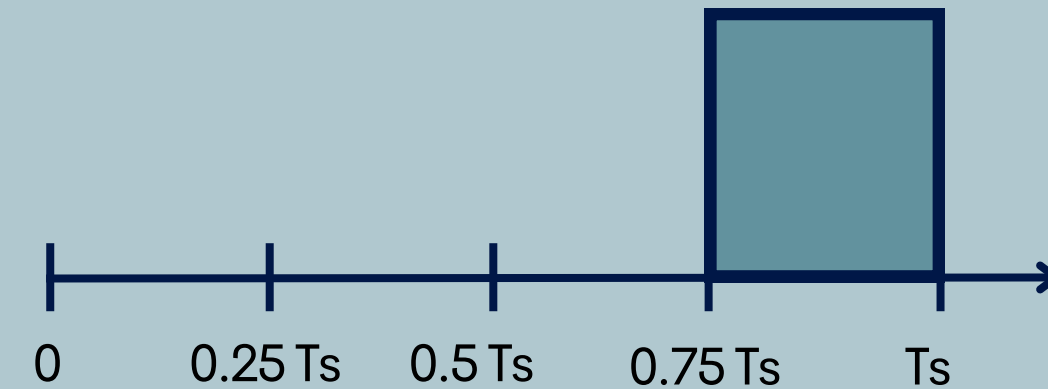
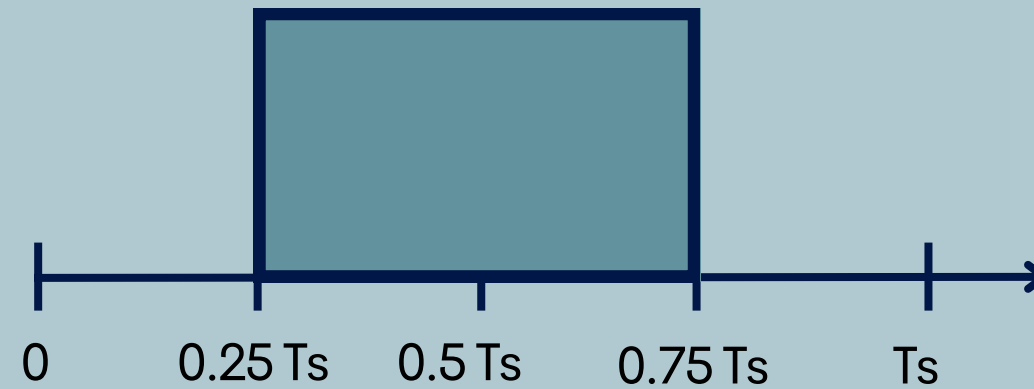
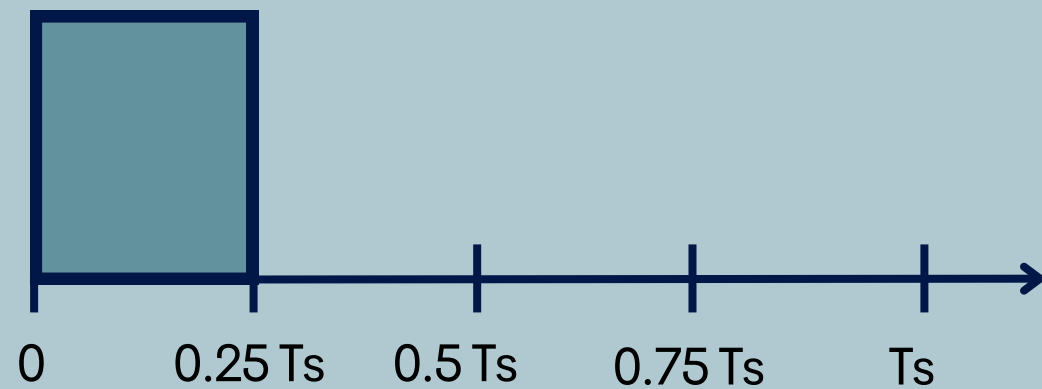
- Los símbolos *Pulso*, *Medio Pulso*, *Manchester* y *Pulso de duración variable* son bandabase.
- Los símbolos *Coseno* y *Coseno de duración variable* son pasabanda.

DATOS A INGRESAR

SEÑALES NO CONVENCIONALES - SÍMBOLOS

TIPO DE SÍMBOLO

Los **SÍMBOLOS DE DURACIÓN VARIABLE** pueden tomar distintas posiciones de "encendido" en una sola duración de tiempo de símbolo.



DATOS A INGRESAR

SEÑALES NO CONVENCIONALES - SÍMBOLOS

TIPO DE SÍMBOLO

RECUERDA:

- No deben haber dos símbolos iguales
- La señal no puede tener más de dos bases.
- Por el proceso de ortogonalización Gram-Schmidt, el símbolo 1 no puede ser un pulso nulo.

DATOS A INGRESAR

SEÑALES NO CONVENCIONALES - SÍMBOLOS

AMPLITUD (VOLTS)

Este parámetro define la amplitud del símbolo.

FRECUENCIA DE PORTADORA (HERTZ)

En los símbolos pasabanda, este parámetro define la frecuencia de modulación.

DATOS A INGRESAR

SEÑALES NO CONVENCIONALES - SÍMBOLOS

FRECUENCIA DE PORTADORA (HERTZ)

RECUERDA:

Para verificar que la combinación de *frecuencia de portadora* y *tiempo de símbolo* resulte en símbolos sinusoides con un número entero de ciclos, puedes utilizar la ventana de Num. Ciclos En Sinusoides.

Num. de ciclos en
sinusoides



DATOS A INGRESAR

SEÑALES NO CONVENCIONALES - SÍMBOLOS

FASE (RADIANES)

En el símbolo Coseno, este parámetro define la fase del mismo.

- Se puede ingresar el número π escribiendo "pi".
- Algunos ejemplos de sintaxis correcta para la fase: "pi"; "-pi"; "pi/2"; "3pi/4"; "0.75 pi"; "2.356194"
- Si se desea ingresar un seno, basta con ingresar en la fase "-pi/2"

DATOS A INGRESAR

SEÑALES NO CONVENCIONALES - SÍMBOLOS

INICIO DEL SÍMBOLO

En los símbolos de duración variable, este parámetro indica el instante de inicio del símbolo. Se puede elegir entre : 0; 0.25 TSimb; 0.5 TSimb; 0.75 TSimb

DURACIÓN DEL SÍMBOLO

En los símbolos de duración variable, este parámetro indica la duración del símbolo.

Se indica como un porcentaje relativo a la duración completa del símbolo.

Se puede elegir entre: 25%; 50%; 75%.

DATOS A INGRESAR

SEÑALES NO CONVENCIONALES - BASES

BASE 1

BASE 2

BASE 1

Tipo de base:

Coseno

Frecuencia:

10 100

Fase:

Inicio de símbolo:

0.25 tsimb

Duración del símbolo:

50%

S1

x: y:

S3

x: y:

S2

x: y:

S4

x: y:

Tiempo de símbolo:

0.1 2 0.2

Frecuencia de símbolo:

5

Nivel de Ruido:

Bajo

SIMULAR

Num. de ciclos en
sinusoides

DATOS A INGRESAR

SEÑALES NO CONVENCIONALES – BASES

TIPO DE BASE

Este parámetro define la forma de la base U1 o U2 de la señal.

RECUERDA:

Las bases **deben ser** ortogonales entre sí.

DATOS A INGRESAR

SEÑALES NO CONVENCIONALES – BASES

COORDENADAS DE SÍMBOLOS

Para cada símbolo, este parámetro define las coordenadas de ubicación en el diagrama de constelación.

Los demás parámetros son iguales que en la opción de señales no convencionales – símbolos.

DATOS A INGRESAR

PARA TODAS LAS SEÑALES

TIEMPO DE SÍMBOLO (SEGUNDOS)

Este parámetro define la duración de un símbolo en la señal.

- A su vez, define la **velocidad de la señal**, ya que su inverso es la frecuencia de los símbolos.
- La **frecuencia de los símbolos** representa el número de símbolos que se transmiten en un segundo.

DATOS A INGRESAR

PARA TODAS LAS SEÑALES

TIEMPO DE SÍMBOLO (SEGUNDOS)

$$\text{FRECUENCIA DE SÍMBOLO} = \frac{1}{\text{TIEMPO DE SÍMBOLO}}$$

DATOS A INGRESAR

PARA TODAS LAS SEÑALES

TIEMPO DE SÍMBOLO (SEGUNDOS)

NOTA

- Este parámetro impacta directamente en el tiempo que tarda el simulador en dar los resultados.
- Si se tiene una máquina con pocos recursos, se recomienda utilizar un tiempo símbolo menor.

DATOS A INGRESAR

PARA TODAS LAS SEÑALES

NIVEL DE RUIDO

Representa un nivel cualitativo de la potencia del ruido en el canal. Puede ser un nivel de ruido bajo, medio o alto.

Este parámetro va a impactar directamente en la
Probabilidad de Error de la señal.



RESULTADOS

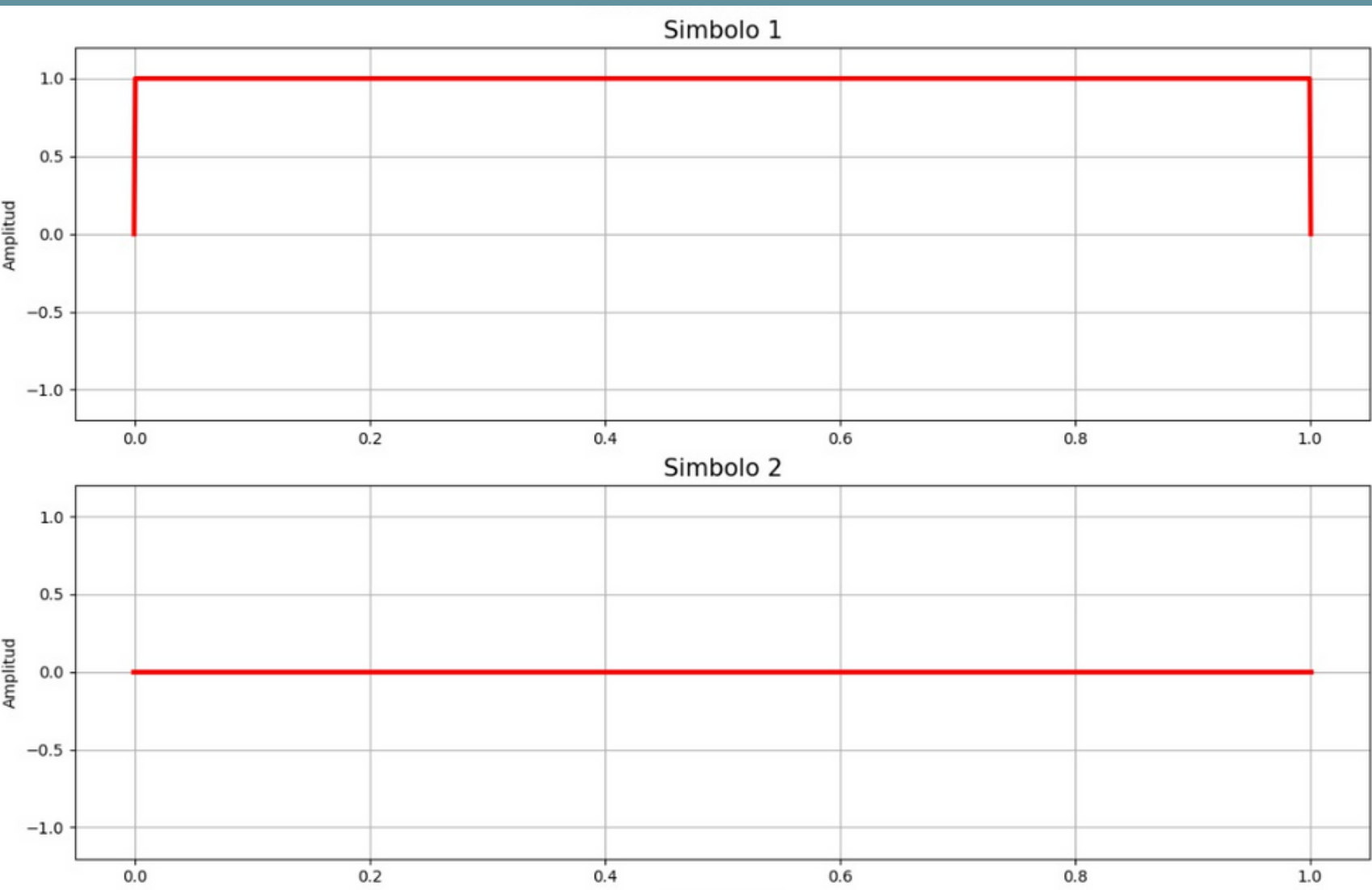
RESULTADOS

SÍMBOLOS Y BASES DE LA SEÑAL

Símbolos

Bases

SÍMBOLOS DE LA SEÑAL



Energía

Número de
ciclos

S1:	1	J	S2:	0	J
S3:		J	S4:		J
S5:		J	S6:		J
S7:		J	S8:		J
S9:		J	S10:		J
S11:		J	S12:		J

RESULTADOS

SÍMBOLOS Y BASES DE LA SEÑAL

SÍMBOLOS

En esta gráfica se observan los símbolos que conforman la señal en el dominio del tiempo.

En ella se puede visualizar la duración, amplitud y forma de cada símbolo.

RESULTADOS

SÍMBOLOS Y BASES DE LA SEÑAL

BASES

En esta gráfica se observan las bases utilizadas para representar la señal en el **diagrama de constelación**.

- *Las bases son ortogonales entre sí y de energía unitaria.*
- *En la gráfica se enseña la amplitud máxima de cada base.*

RESULTADOS

SÍMBOLOS Y BASES DE LA SEÑAL

ENERGÍA (JOULES) - DE LOS SÍMBOLOS

Se visualiza la energía de cada símbolo $s(t)$ calculada como:

$$E = \int_0^{T_s} s(t) s(t) dt$$

RESULTADOS

SÍMBOLOS Y BASES DE LA SEÑAL

ENERGÍA (JOULES) - DE LOS SÍMBOLOS

La energía de un símbolo también puede ser calculada en el **diagrama de constelación** como la distancia desde el origen hasta la ubicación del símbolo, elevada al cuadrado.

RESULTADOS

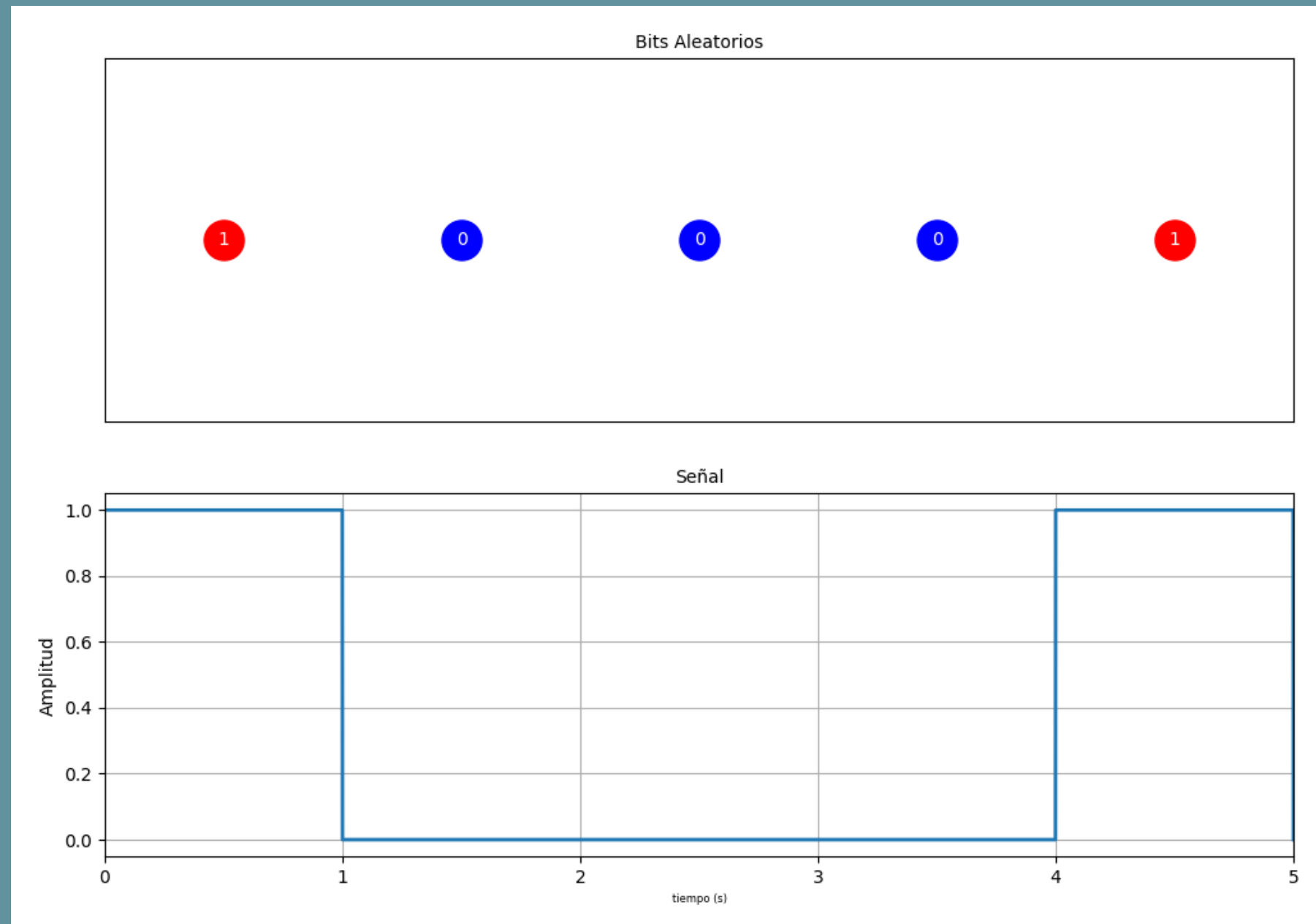
SÍMBOLOS Y BASES DE LA SEÑAL

NÚMERO DE CICLOS

Para los símbolos sinusoides, se visualiza si existe un número entero de ciclos en la duración temporal del símbolo.

RESULTADOS

BITS ALEATORIOS VS. SEÑAL



RESULTADOS

BITS ALEATORIOS VS. SEÑAL

En las señales clásicas, en esta gráfica se visualiza la comparación entre el flujo de bits aleatorios y su correspondiente codificación en una señal bandabase o pasabanda.

- Para las **señales binarias**, se observa como a cada bit se le asignan distintas formas de onda.
- Para las **señales multinivel** (QPSK, 8-PSK y 16QAM), se aprecia que el proceso se realiza para agrupaciones de bits y no con bits individuales.

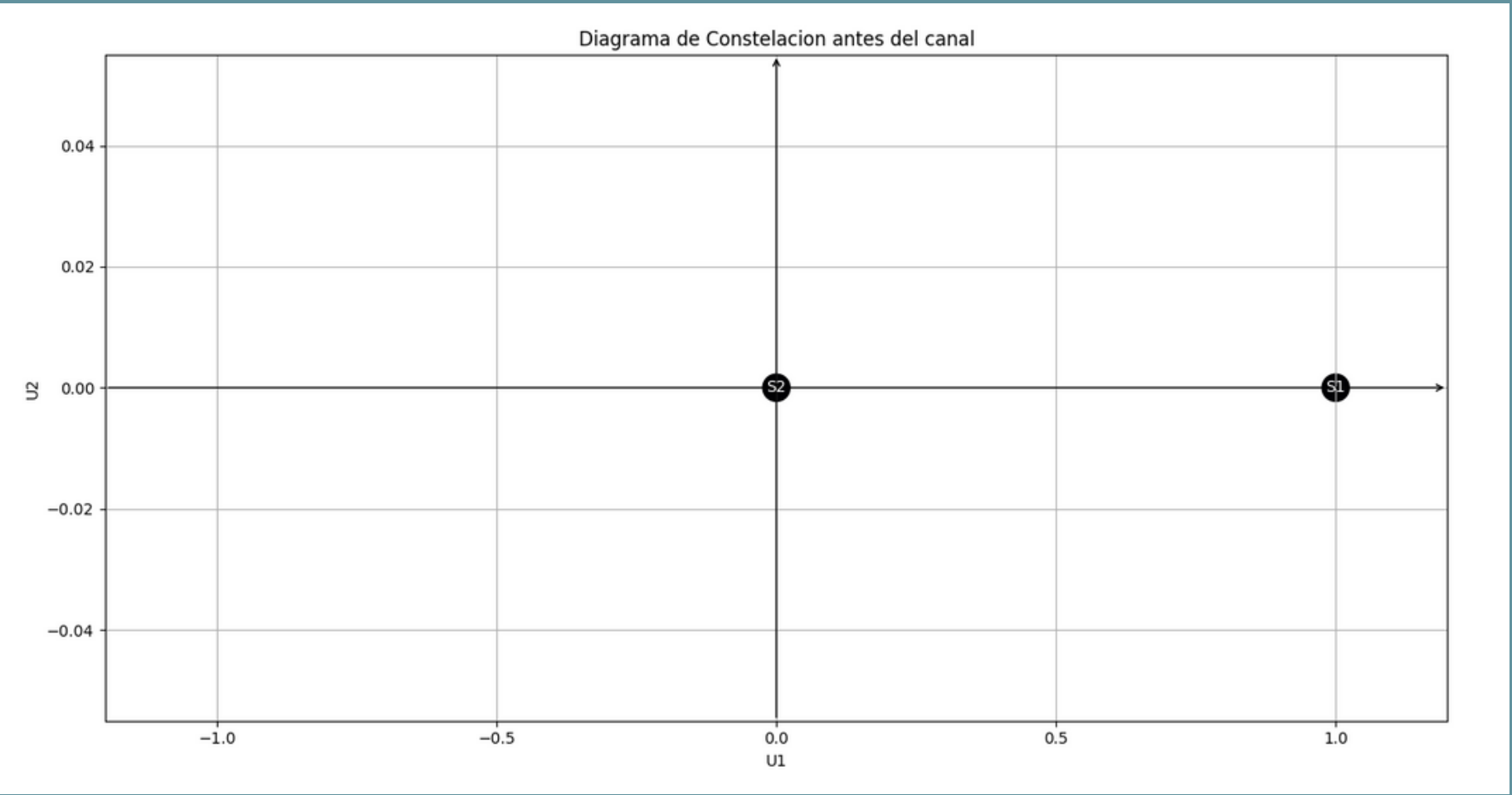
RESULTADOS

CONSTELACIÓN

Antes del Canal

Después del Canal

DIAGRAMA DE CONSTELACIÓN



Ortogonalidad

Polaridad

Proporcionalidad

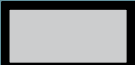
S1 y S2 ortogonal:



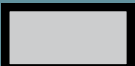
S1 y S3 ortogonal:



S1 y S4 ortogonal:



S2 y S3 ortogonal:



S2 y S4 ortogonal:



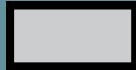
S3 y S4 ortogonal:



Distancia
Mínima

Coordenadas

DISTANCIA MÍNIMA
(DMÍN)



RESULTADOS

CONSTELACIÓN

ANTES DEL CANAL

En esta gráfica se visualiza el diagrama de constelación antes de que la señal sea contaminada con ruido.

RESULTADOS

CONSTELACIÓN

ANTES DEL CANAL

RECUERDA:

- Se puede visualizar con facilidad si dos símbolos **son polares**: sus coordenadas son iguales pero de signo contrario.
- En el caso de las **señales pasa banda** se puede reconocer si el tipo de modulación es de amplitud, fase o ambas.
- La **modulación es de amplitud** cuando la distancia radial de cada símbolo al origen de la constelación cambia.
- La **modulación es de fase** si el ángulo con respecto al eje horizontal cambia.

RESULTADOS

CONSTELACIÓN

DESPUÉS DEL CANAL

En esta gráfica se visualiza el diagrama de constelación luego de que la señal sea contaminada con ruido.

RESULTADOS

CONSTELACIÓN

DESPUÉS DEL CANAL

RECUERDA:

- La posición de los símbolos detectados se mueve en el diagrama debido a la presencia del ruido.
- Mientras el nivel de ruido es mayor los símbolos detectados están más alejados de su posición original.
- Se puede intuir una idea del nivel de ruido presente en el canal con esta gráfica.

RESULTADOS

CONSTELACIÓN

ORTOGONALIDAD/POLARIDAD/PROPORCIONALIDAD

Se visualiza si se cumplen las relaciones de Ortogonalidad, Polaridad y Proporcionalidad entre los símbolos de la señal.

Las relaciones son verificadas mediante el cálculo del **factor λ de correlación**.

RESULTADOS

CONSTELACIÓN

ORTOGONALIDAD/POLARIDAD/PROPORCIONALIDAD

El factor λ se calcula de la siguiente manera, donde $s_1(t)$, $s_2(t)$ son los símbolos y E_1 , E_2 es la energía de cada símbolo respectivamente.

$$\text{FactorLambda} = \frac{1}{\sqrt{E_1 * E_2}} \int_0^{T_s} s_1(t) * s_2(t)^* dt$$

RESULTADOS

CONSTELACIÓN

ORTOGONALIDAD/POLARIDAD/PROPORCIONALIDAD

- Si $\lambda = -1$, los símbolos son polares.
- Si $\lambda = 0$, los símbolos son ortogonales.
- Si $\lambda = 1$, los símbolos son proporcionales.
- Si $\lambda \neq -1, \lambda \neq 0$ y $\lambda \neq 1$, no se verifica ninguna relación entre los símbolos.

RESULTADOS

CONSTELACIÓN

DISTANCIA MÍNIMA

Se visualiza la distancia mínima entre dos símbolos en el diagrama de constelación.

- Una distancia mínima grande puede significar menos errores al detectar la señal, por lo que este parámetro puede ser útil para comparar dos sistemas en relación a su **fortaleza frente al ruido**.

RESULTADOS

CONSTELACIÓN

COORDENADAS

Se visualiza el valor numérico de las coordenadas X Y de cada símbolo.

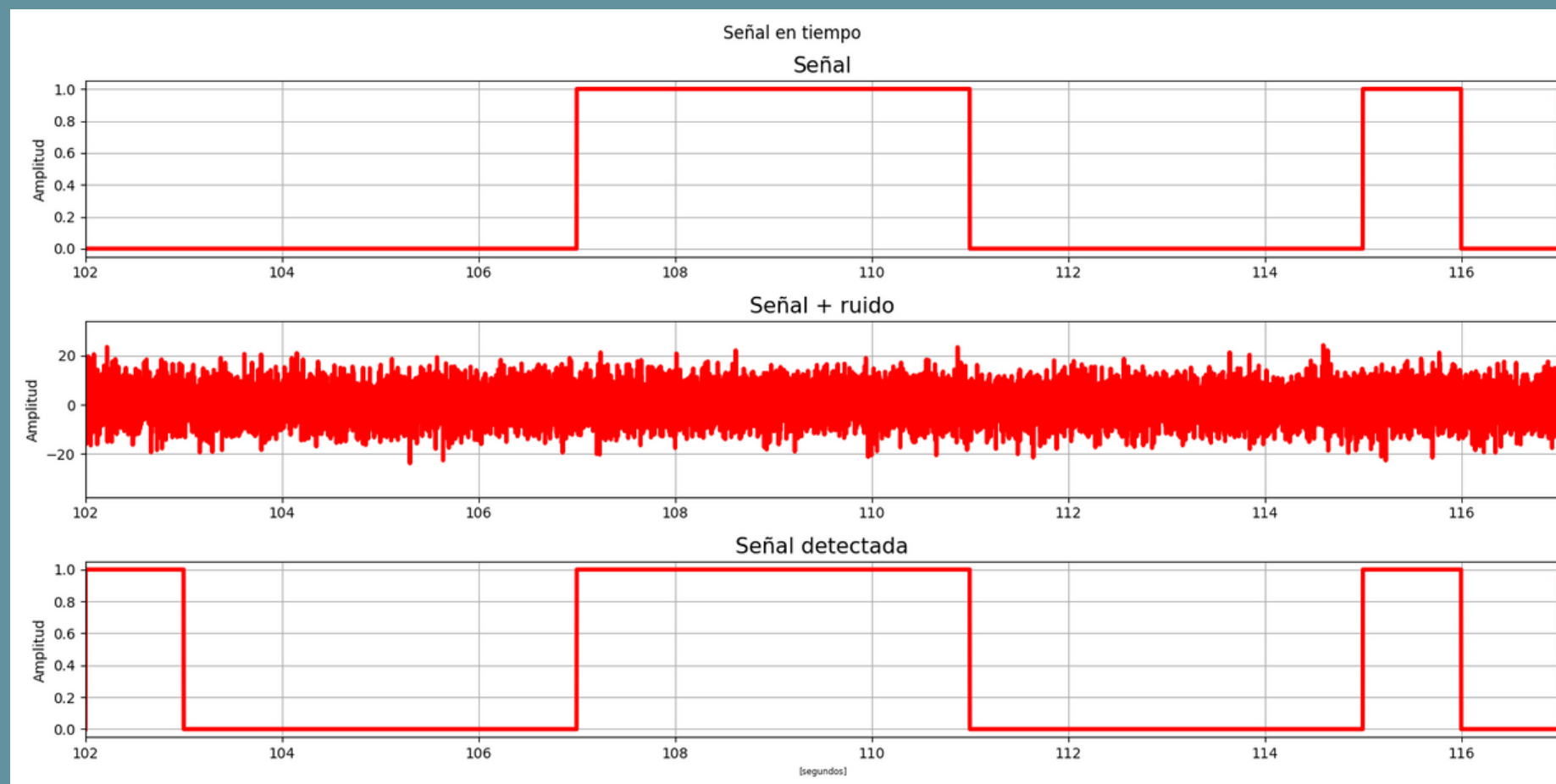
RESULTADOS

SEÑAL EN TIEMPO Y FRECUENCIA

Tiempo

Frecuencia

SEÑAL EN TIEMPO



Potencia de la señal:

W

Energía de la señal:

J

Eta:

W/Hz

Número de símbolos errados:

Ancho de Banda Práctico:

Hz

RESULTADOS

SEÑAL EN TIEMPO Y FRECUENCIA

TIEMPO

En esta gráfica se visualiza la señal generada en el dominio del tiempo.

- Esta gráfica presenta la variación de **amplitud de la señal** (voltaje) con respecto al tiempo.
- La información más relevante que se puede extraer de esta representación es la duración temporal de cada símbolo, que repercute directamente en el **ancho de banda práctico de la señal**, ya que existe una relación inversa entre ambos parámetros.

RESULTADOS

SEÑAL EN TIEMPO Y FRECUENCIA

TIEMPO

- Si se toma **la variación temporal más corta de la señal**, el ancho de banda (tomado como el primer corte de la función sinc de la densidad espectral de potencia) podrá ser calculado aproximadamente como el inverso de esta duración.
- Una forma intuitiva de comprender este resultado es que, para señales más rápidas (con cambios temporales más cortos), se requerirá un **ancho de banda mayor para poder representar dicha señal**.

RESULTADOS

SEÑAL EN TIEMPO Y FRECUENCIA

TIEMPO

NOTA

- La gráfica se enseña a partir del **primer símbolo errado**. Se puede realizar la comparación entre la gráfica de la señal original con la señal detectada.
- La gráfica completa consta de 100 símbolos de la señal.

RESULTADOS

SEÑAL EN TIEMPO Y FRECUENCIA

FRECUENCIA

En esta gráfica se visualiza la señal generada en el dominio de la frecuencia.

- Esta gráfica **presenta la distribución de la potencia** de la señal a lo largo de todo el espectro de las frecuencias.
- La información más importante que se puede extraer de esta representación es el **ancho de banda práctico de la señal** y poder determinar si la misma es **banda base o pasa banda**.

RESULTADOS

SEÑAL EN TIEMPO Y FRECUENCIA

FRECUENCIA

- La DEP de las señales digitales involucra la función $\text{Sinc}^2(f)$, por lo que la mayor concentración de la potencia de la señal se puede tomar en el lóbulo principal de la misma, dado por el primer corte de la función con el eje de las frecuencias.
- A esto se denomina Ancho de Banda Práctico.

RESULTADOS

SEÑAL EN TIEMPO Y FRECUENCIA

FRECUENCIA

NOTA

- El eje de la amplitud está normalizado a 1 por razones de facilidad al ajustar la visualización en la gráfica.
- Se pueden utilizar las dos gráficas (DEP 1 y DEP 2) para compararlas con distintos niveles de zoom.

RESULTADOS

SEÑAL EN TIEMPO Y FRECUENCIA

POTENCIA (WATTS)

Se visualiza la potencia promedio de la señal.

La potencia promedio de la señal, la energía promedio de la señal y el tiempo de símbolo guardan la siguiente relación:

$$E_{\text{promedio}} = P_{\text{promedio}} * T_{\text{símbolo}}$$

RESULTADOS

SEÑAL EN TIEMPO Y FRECUENCIA

ENERGÍA PROMEDIO DE LA SEÑAL (JOULES)

Se visualiza la energía promedio de la señal.

La energía promedio de una señal con n símbolos se puede obtener como la suma de la energía de cada símbolo (E_i) multiplicado por su probabilidad de ocurrencia ($1/n$).

$$E_{\text{promedio}} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n E_i$$

RESULTADOS

SEÑAL EN TIEMPO Y FRECUENCIA

η (WATTS/HZ)

Se visualiza el valor η del ruido simulado en la señal, proporcional a la potencia del ruido.

- **La amplitud constante de la DEP del ruido es $\eta/2$.**

RESULTADOS

SEÑAL EN TIEMPO Y FRECUENCIA

NÚMERO DE SÍMBOLOS ERRADOS

Se visualiza el número de símbolos detectados de forma errónea a causa del ruido.

RESULTADOS

SEÑAL EN TIEMPO Y FRECUENCIA

ANCHO DE BANDA PRÁCTICO (HERTZ)

Se visualiza el ancho de banda práctico de la señal, definido por acumulación de potencia en el lóbulo principal (o lóbulos principales) de la DEP de la señal.

RESULTADOS

PROBABILIDAD DE ERROR



Cota Superior
de Error

Símbolos
Errados

Número de Distancias
igual a Dmín:

Número de Símbolos:

Distancia mínima:
(Dmin)

Eta:

W/HZ

PROBABILIDAD DE ERROR

$$Pe = \frac{Ndist}{Nsimb} Q\left(\frac{dmín}{\sqrt{2\eta}}\right) =$$

RESULTADOS

PROBABILIDAD DE ERROR

PROBABILIDAD DE ERROR

En esta gráfica se visualiza el comportamiento de la probabilidad de error de la señal. El eje *Y* representa **probabilidades de error** de forma logarítmica y el eje *X* representa **$10\text{Log}(E/\eta)$** . Se presenta en la gráfica el punto donde se ubica la situación simulada.

- Se presentan dos fórmulas para llegar a la probabilidad de error de una señal. Una aproximación mediante **la cota superior de error** y directamente a través de los **símbolos errados**.

RESULTADOS

PROBABILIDAD DE ERROR

COTA SUPERIOR DE ERROR

Se visualiza el cálculo de la probabilidad de error mediante cuatro parámetros de la señal:

1. **Número de distancias igual a la distancia mínima:** en el diagrama de constelación, se cuenta cuántas de las distancias entre símbolos son iguales a la distancia mínima.
2. **Número de símbolos de la señal.**
3. **Distancia mínima entre símbolos en el diagrama de constelación.**
4. **η**

RESULTADOS

PROBABILIDAD DE ERROR

COTA SUPERIOR DE ERROR

La probabilidad de que un símbolo sea erróneamente detectado por otro es:

$$P_{(s1 \rightarrow s2)} = Q\left(\frac{\text{DistanciaS1S2}}{\sqrt{2\eta}}\right)$$

RESULTADOS

PROBABILIDAD DE ERROR

COTA SUPERIOR DE ERROR

Si se asume un nivel de ruido razonable en el canal, donde solo va a existir la posibilidad de que un símbolo sea detectado erróneamente por otro que sea cercano a éste en el diagrama de constelación, se puede calcular la expresión completa para la probabilidad de error de la señal solo tomando en cuenta los símbolos que estén separados entre sí la menor distancia en la constelación.

RESULTADOS

PROBABILIDAD DE ERROR

COTA SUPERIOR DE ERROR

La probabilidad de error puede ser modelada, para un nivel de ruido que no sea muy grande, con la siguiente expresión:

$$P_e = \frac{N^{\circ} \text{Distancias Igual a } D_{\min}}{N^{\circ} \text{Símbolos De La Señal}} Q\left(\frac{D_{\min}}{\sqrt{2\eta}}\right)$$

RESULTADOS

PROBABILIDAD DE ERROR

COTA SUPERIOR DE ERROR

NOTA

Este resultado es utilizado en el simulador para calcular el valor de η del ruido en el canal a partir de las características de la señal.

RESULTADOS

PROBABILIDAD DE ERROR

SÍMBOLOS ERRADOS

Se visualiza el cálculo de la probabilidad de error **de forma directa**.

$$P_e = \frac{N^{\circ} \text{ Símbolos Errados}}{N^{\circ} \text{ Símbolos Totales Transmitidos}}$$

RESULTADOS

PROBABILIDAD DE ERROR

La correspondencia aproximada entre ambos caminos para obtener la probabilidad de error, valida la **cota superior de la probabilidad de error** como un método para estimar la probabilidad de error de una señal a partir de sus características y del nivel de ruido en el canal.

VENTANA
"NUM. CICLOS
SINUSOIDES"

VENTANA "NUM. CICLOS SINUSOIDES"

Num. de ciclos en
sinusoides



Numero entero de ciclos en un símbolo sinusoide

Frecuencia de portadora:

Tiempo de símbolo

Frecuencia de símbolo:

Número entero de ciclos en símbolo de duración completa:



Número entero de ciclos en símbolo de duración variable:



VENTANA "NUM. CICLOS SINUSOIDES"

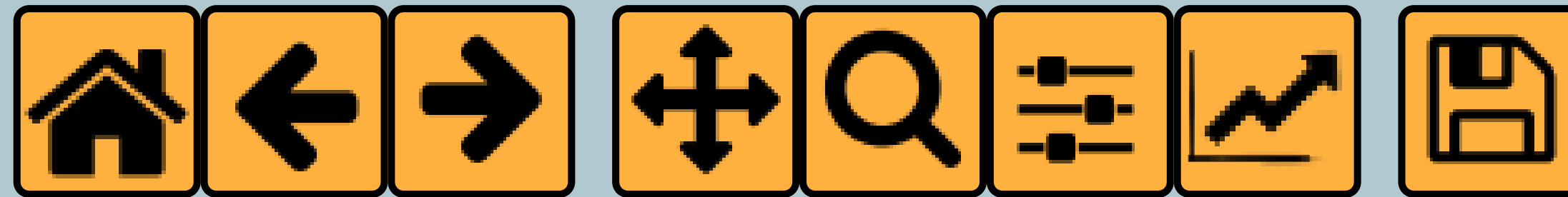
- En esta ventana se puede verificar si las distintas combinaciones de *Frecuencia de Portadora* y *Tiempo de Símbolo* resulta en símbolos con número entero de ciclos.
- Se muestra el resultado para símbolos de duración completa o símbolos de duración variable.
- Que los símbolos sinusoides posean un número entero de ciclos es una condición que se cumple en la práctica.
- En el simulador, hace que los resultados tengan mejor precisión.



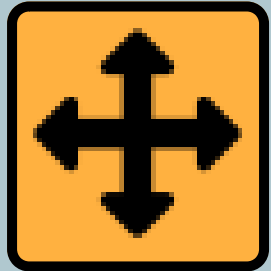


ZOOM Y MOVILIDAD EN LAS GRÁFICAS

ZOOM Y MOVILIDAD EN LAS GRÁFICAS

Las gráficas poseen una barra de herramientas para navegar a través de ella:



Las funciones más importantes:

- Con el icono  se puede mover por la gráfica.
- Con el ícono  se puede hacer zoom
- Con el icono  se abre una ventana que permite, entre otras cosas, cambiar el color de cada gráfica y definir los límites de los eje X Y.

ZOOM Y MOVILIDAD EN LAS GRÁFICAS

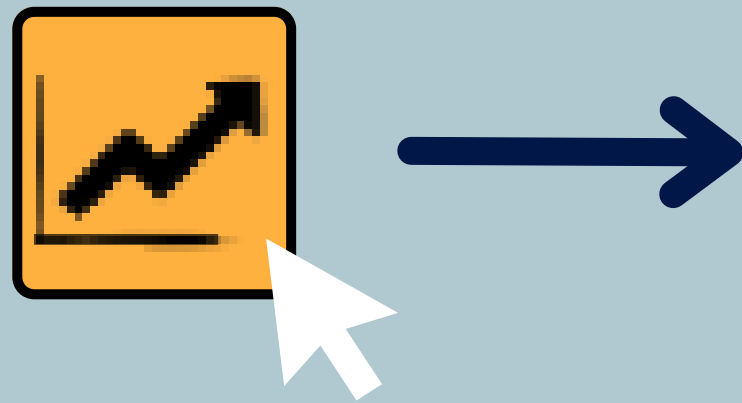


Figure options

Axes Curves

Title Simbolo 1

X-Axis

Left -0.005

Right 0.105

Label

Scale linear

Y-Axis

Bottom -5.37545566074203

Top 5.37545566074203

Label Amplitud

Scale linear

(Re-)Generate automatic legend ☐

OK Cancel Apply

Figure options

Axes **Curves**

child0

Label _child0

Line

Line style Solid

Draw style Default

Width 3.0

Color (RGBA) #ff0000ff

Marker

Style nothing

Size 6.0

Face color (RGBA) #ff0000ff

Edge color (RGBA) #ff0000ff

OK Cancel Apply

