

Teoría de señales

Teoría de Sistemas lineales



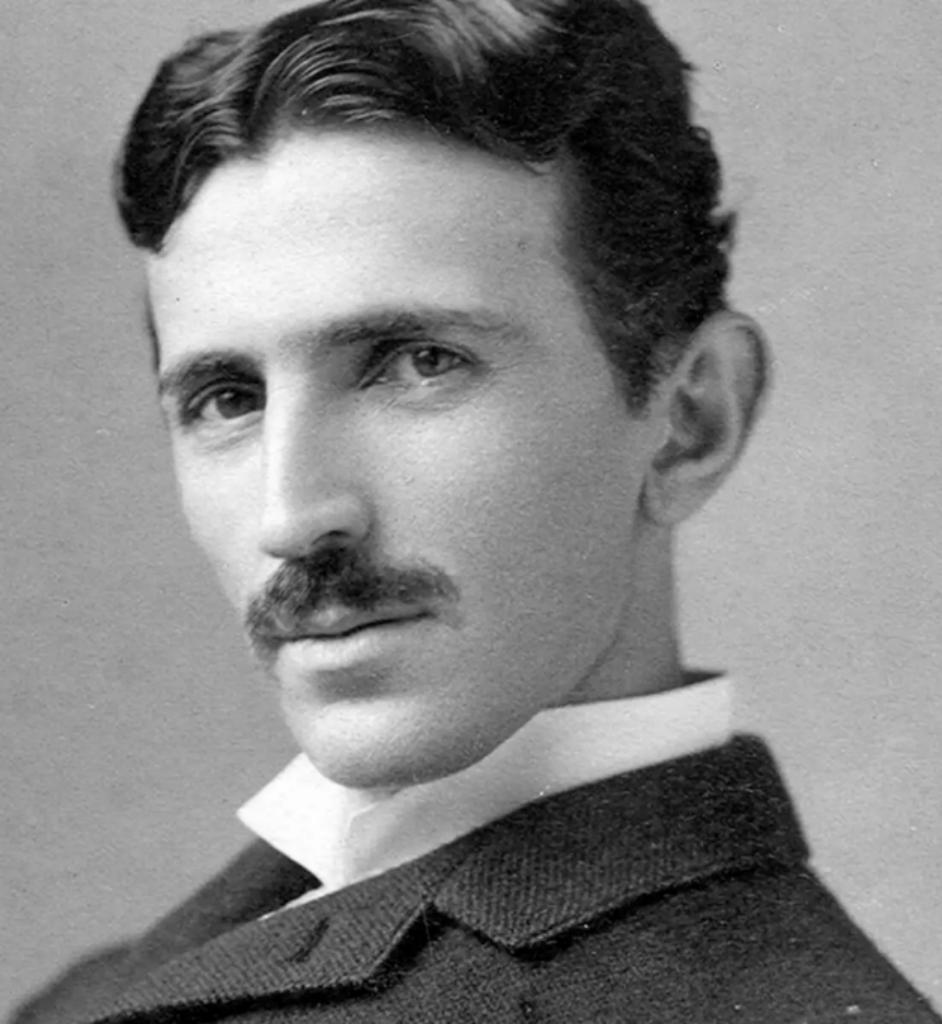
Marco Teran
Universidad Sergio Arboleda

2023

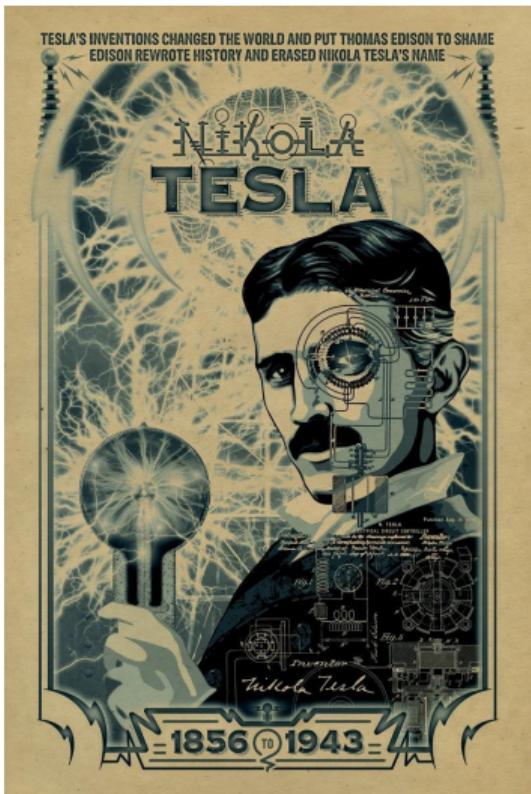
Contenido

- 1 Introducción
- 2 Señal
- 3 Representación de señales
- 4 Clasificación de señales
 - Soporte de una señal
- 5 Sistema y procesamiento de señales
- 6 Procesamiento de señales
 - Aplicaciones del Procesamiento digital de señales
- 7 Preguntas de capítulo

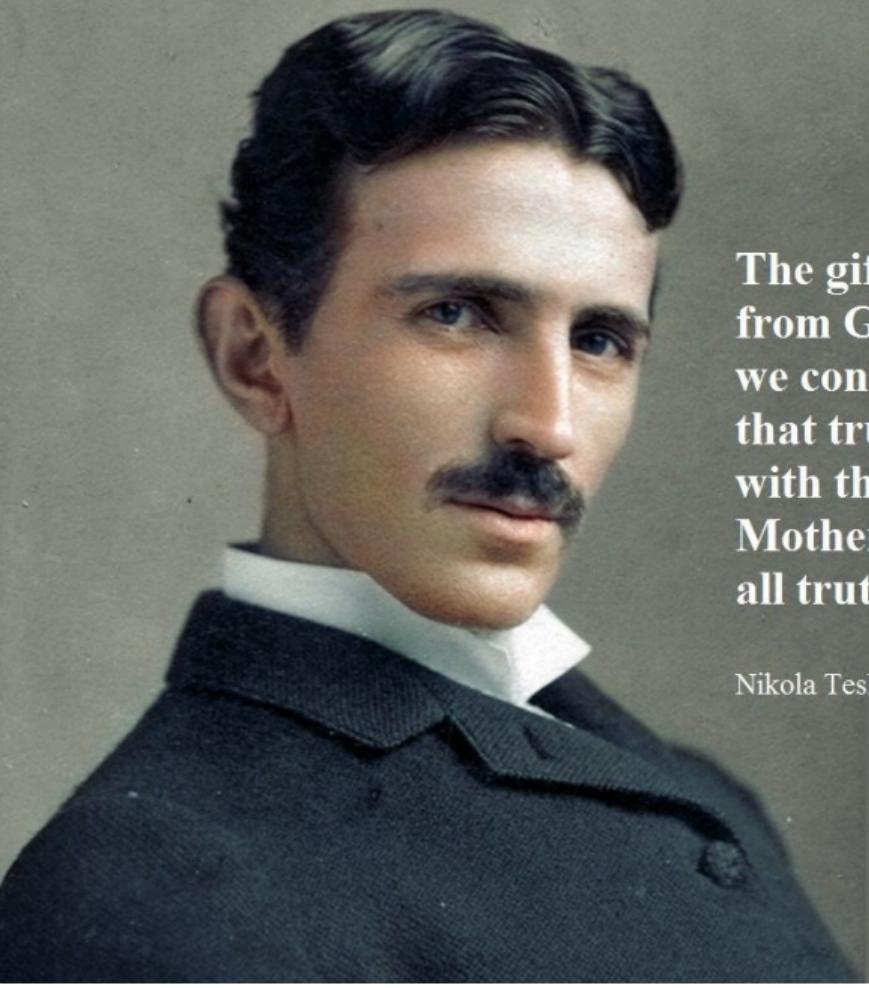
Introducción







- Nikola Tesla nació en Croacia en 1856 y murió en Nueva York en 1943.
- Estudió en el Politecnico de Praga y trabajó para Thomas Edison en Estados Unidos (1884-1885).
- Desarrolló el sistema de transmisión de energía eléctrica de *corriente alterna* (AC) y luchó por su adopción frente al sistema de *corriente continua* (DC) de Edison.
- Diseñó y construyó la **primera central eléctrica** de corriente alterna en *Niagara Falls* en 1895.
- Investigó y experimentó con **ondas de radio y campos electromagnéticos**
- Patentó el primer sistema de **transmisión de energía inalámbrico** en 1893.
- Propuso el uso de la *ionosfera* para la transmisión de señales de radio a larga distancia
- Tuvo problemas económicos a lo largo de su vida y murió en la pobreza



The gift of mental power comes from God, Divine Being, and if we concentrate our minds on that truth, we become in tune with this great power. My Mother had taught me to seek all truth in the Bible.

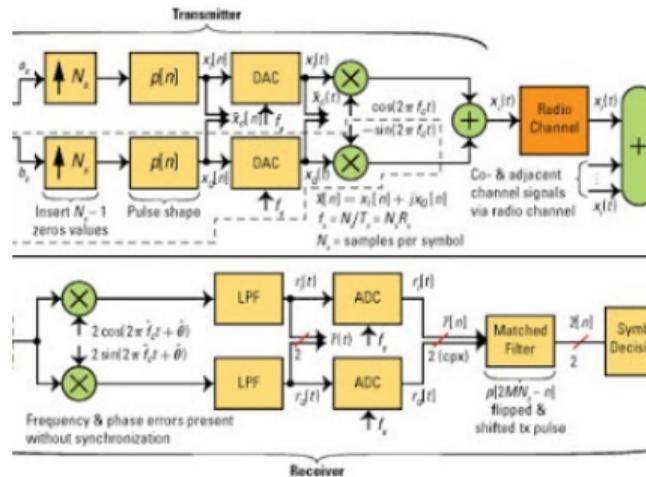
Nikola Tesla (10 July 1856 - 7 January 1943)

All things
have a frequency
and a vibration.

Nikola Tesla



Introducción



- Todos los sistemas electrónicos se relacionan internamente y con su exterior: *interacciones de carácter físico* → **señales**.
- Las **señales** se *manipulan*: adecuarlas para ser entendidas por los **sistemas**.
- El *procesamiento* y *manipulación* de señales: *transformaciones*.

Introducción

Teoría de señales

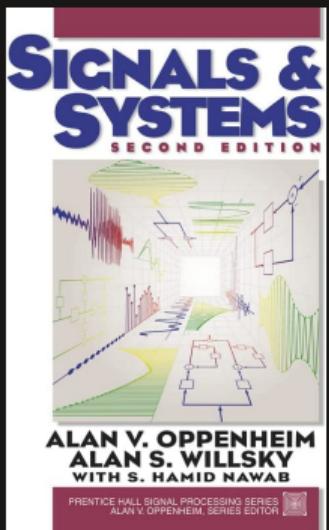
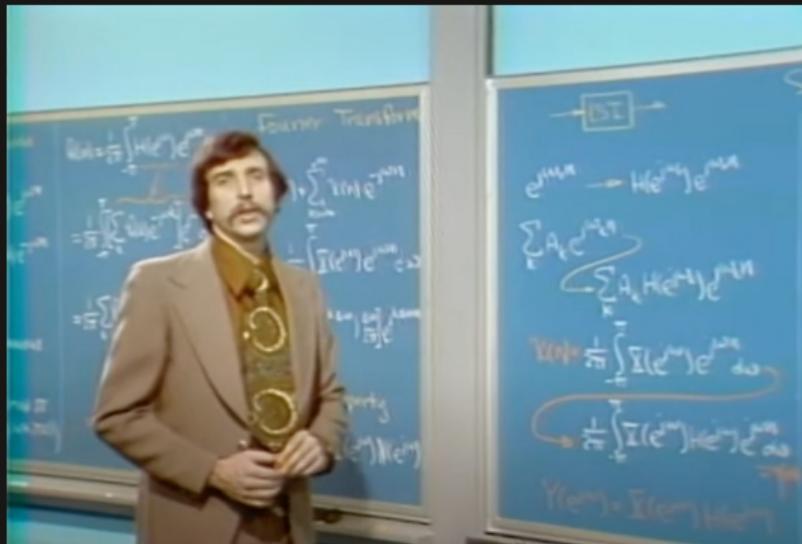
La teoría de señales es una rama de la ingeniería y las ciencias de la computación que se dedica al estudio de la representación, generación, análisis, procesamiento y transmisión de información mediante **señales**.

Introducción

La **teoría de señales** es importante porque:

- Es la base para el diseño y desarrollo de una gran variedad de sistemas y tecnologías, incluyendo comunicaciones, procesamiento de audio y video, sistemas de control, procesamiento de imágenes, entre otros.
- Es esencial en el diseño y optimización de algoritmos para el procesamiento y análisis de datos.

Comprender la **teoría de señales** es una tarea de suma importancia para la ingeniería, y no solo la eléctrica, de computación y electrónica.



Introducción

Análisis

Distinción y separación de las partes de un todo hasta llegar a conocer sus principios, elementos, etc.

El **análisis de señales** sería entonces el estudio minucioso de las señales para extraer información útil y comprender su comportamiento.

- Implica la aplicación de técnicas matemáticas y estadísticas para describir las características de la señal, como su *frecuencia, amplitud, y forma temporal*.

Análisis de señales

Existen tres *componentes* principales en el **análisis de señales**:

- 1 Cálculo o medida de los **parámetros energéticos** de la señal: potencia, energía y valor promedio.
- 2 **Descomposición de la señal** en *componentes elementales* mediante sumas e integrales. Las transformaciones, implementando representaciones en series y en transformadas espectrales (Fourier).
- 3 **Diferenciación de señales** — Medida del nivel de *similitud* entre las señales, para la **diferenciación** o **detección** de estas. El análisis de correlación.

Señal

Señal

- La palabra señal proviene del latín *signum*: **signo** (símbolo).

Señal

f. Interacción física que relaciona un *sistema* internamente y con su entorno.

- **matemáticamente:** conjunto de símbolos, *condicionados* mediante una *regla* → *función*

- Las señales representan *procesos físicos*:

- contienen *cantidad*es del estado de un *objeto observable*.

- Una señal es una **función** que puede representar una variable con cantidad física.

Señal: Función

Función

Modelo *determinístico* o *aleatorio* que establece una *dependencia* (relación) entre dos conjuntos:

- conjunto dominio denominado *variable independiente*
- conjunto *imagen* (rango): valor que toma la señal (cantidad)



Figure 1: Definición de función mediante teoría de conjuntos.

Señal

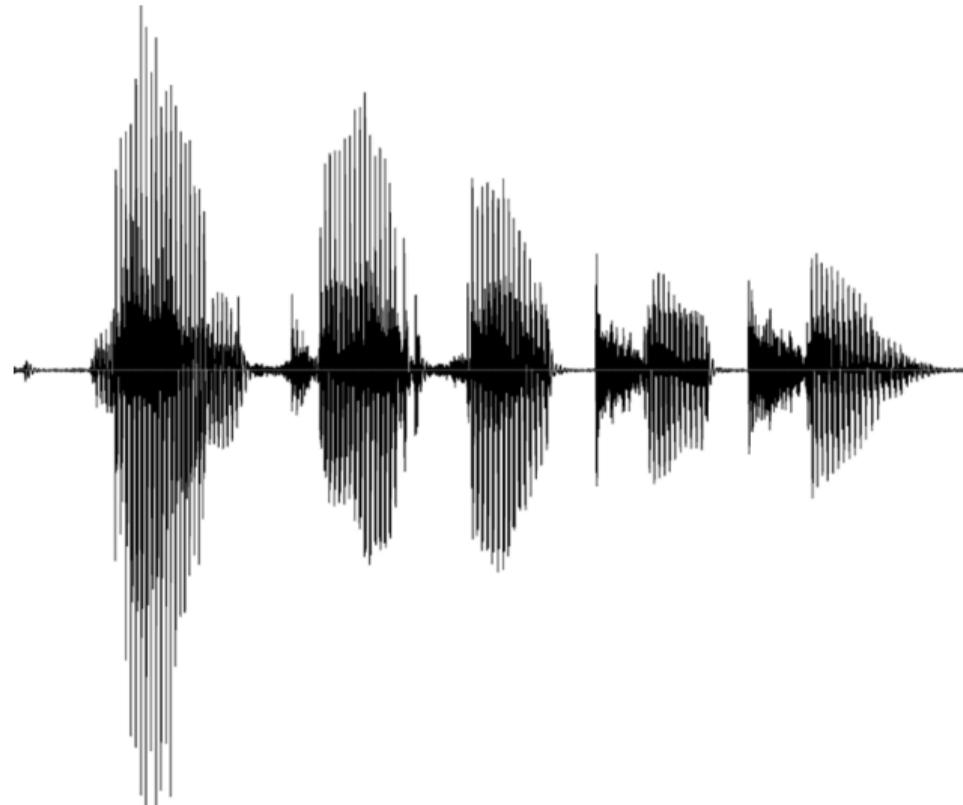


Figure 2: Ejemplo de una señal de voz.

Señal

- Las señales generalmente contienen *información* acerca del comportamiento de un fenómeno físico.
- La *cantidad* hace referencia a un fenómeno físico medido.
- Existen distintos tipos de naturaleza física en los observables.

Señal

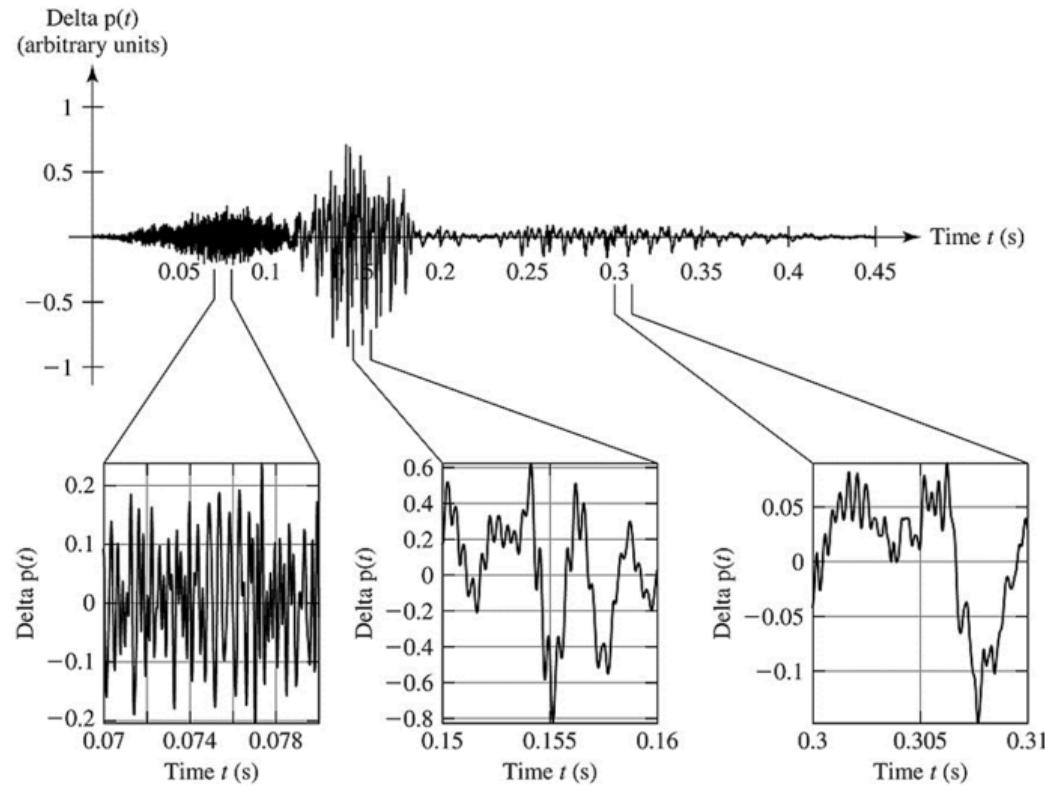
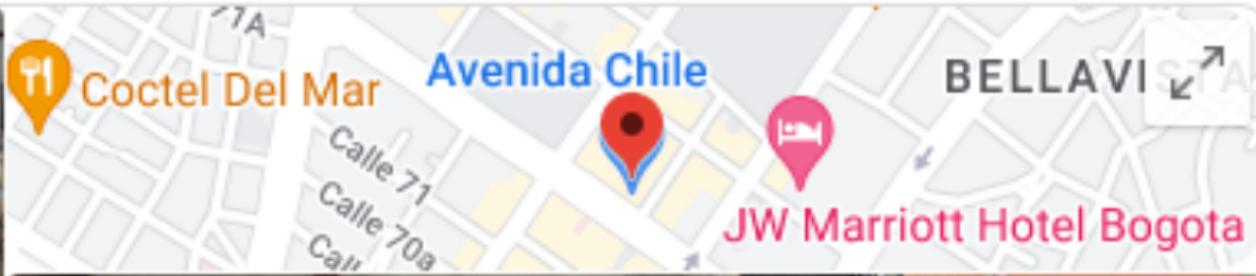


Figure 3: Grabación de la palabra en inglés *signal*.



See
photos



See outside

Avenida Chile

[Website](#)

[Directions](#)

[Save](#)

[Call](#)

4.2 ★★★★☆ 19,051 Google reviews

Shopping mall in Bogotá

Popular times



MON

TUE

WED

THU

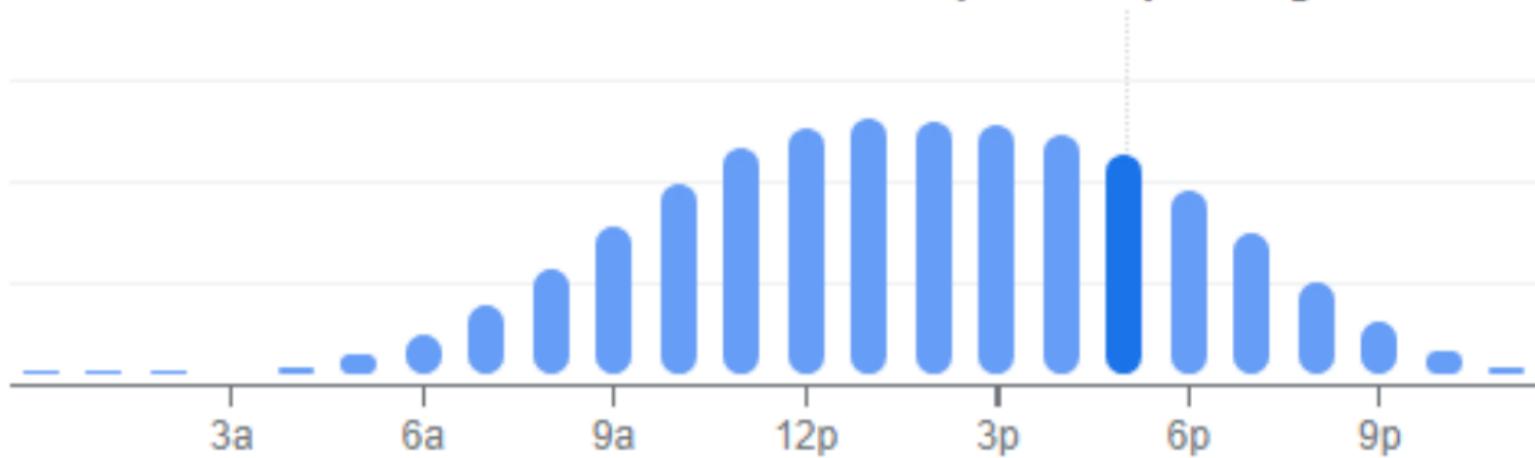
FRI

SAT

SUN



5 PM: Usually as busy as it gets



People typically spend **15 min to 1.5 hr** here

Procesamiento de señales

Relacionando valores de **intensidad física** (*naturaleza de la señal*) con **herramientas y conceptos matemáticos** como *tiempo o espacio, espacio de estados e información*, se crea la posibilidad de realizar **procesamiento de señales**.

Representación de señales

Representación de señales

- El comportamiento de un **observable físico** (o sistema) se representa mediante los **distintos niveles de intensidad** — respecto a una variable independiente
 - Niveles de intensidad: representación numérica mediante unidades físicas
- Para el análisis y procesamiento: necesaria una descripción matemática de esta — generalmente mediante el término de **función**
 - **modelos matemáticos**

Representación de señales: Representación analítica de una señal

Mediante formulas o ecuaciones en función de una o más variables independientes.

$$s_1(t) = 20t;$$

$$s_2(t) = \frac{1}{5}t^2$$

Nota

La mayoría de las señales que trataremos en el curso tendrán como variable independiente el tiempo.

Representación de señales: Representación analítica de una señal

Señal con dos variables independientes (x, y):

$$s(x, y) = 6x + 10y - 4x^2y$$

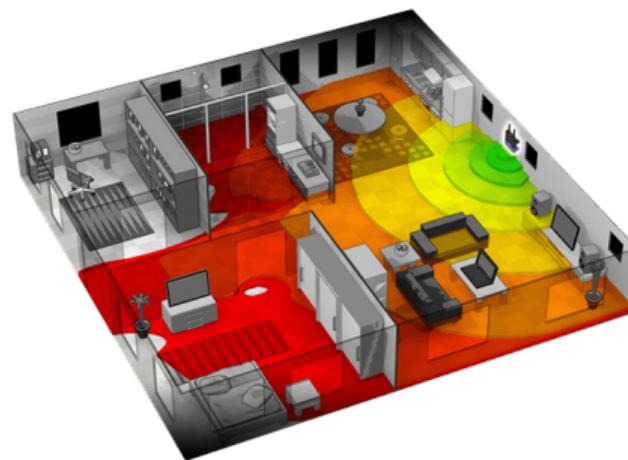
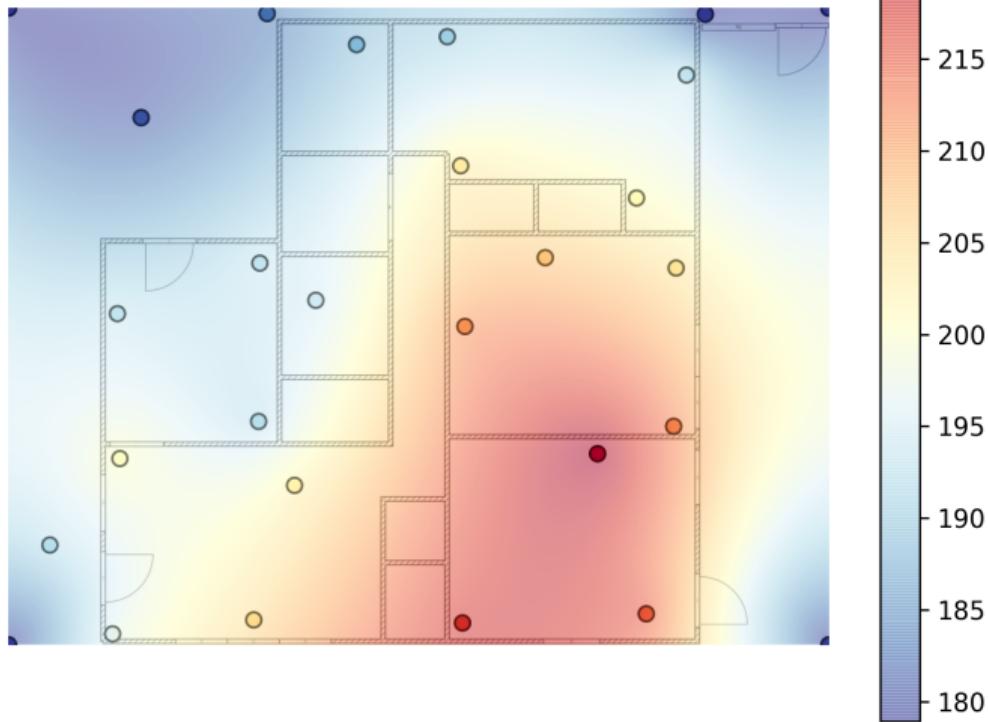
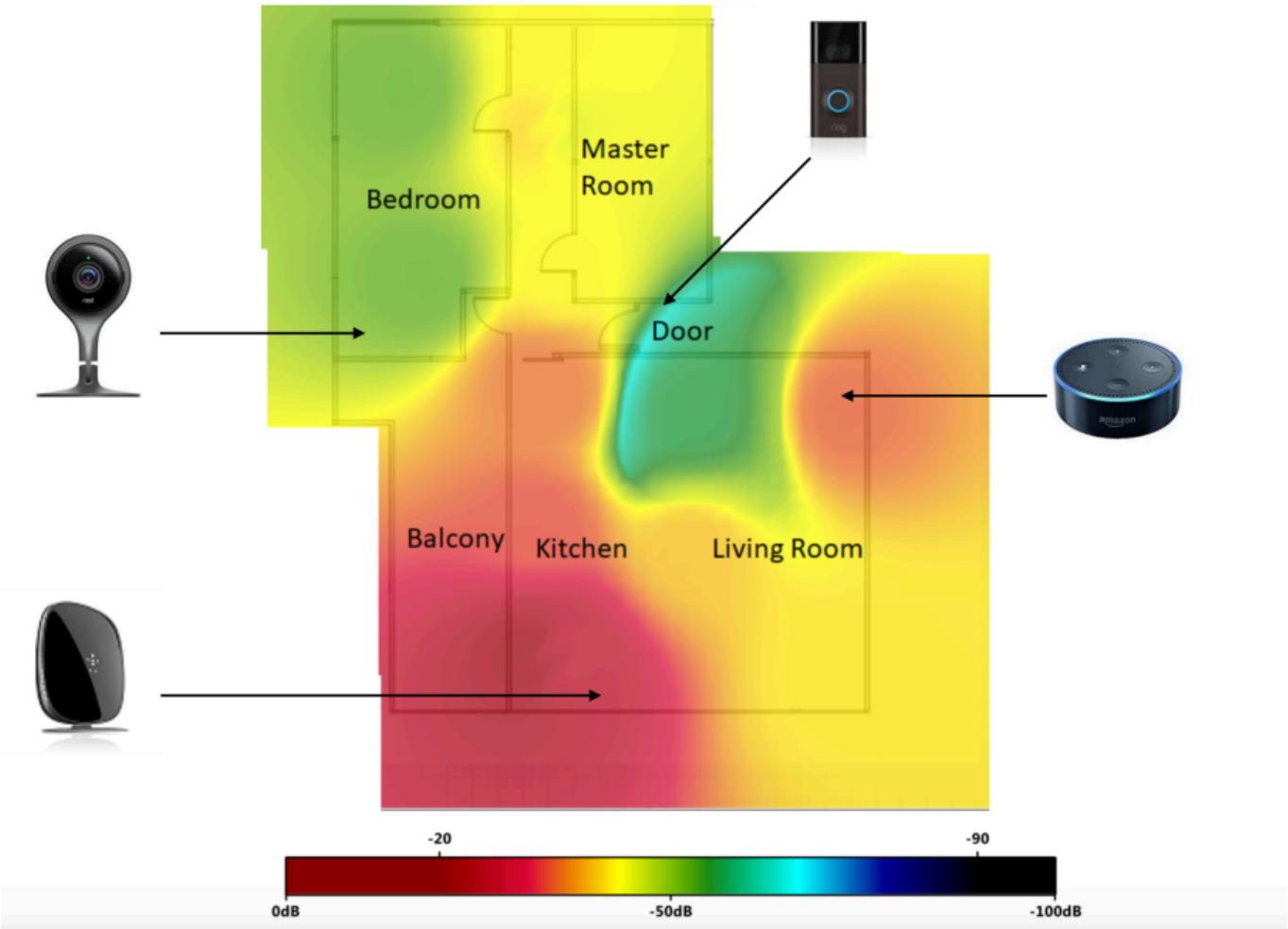
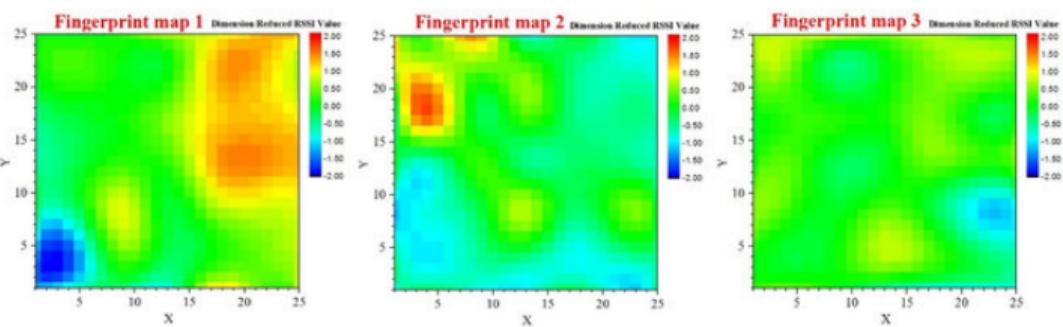
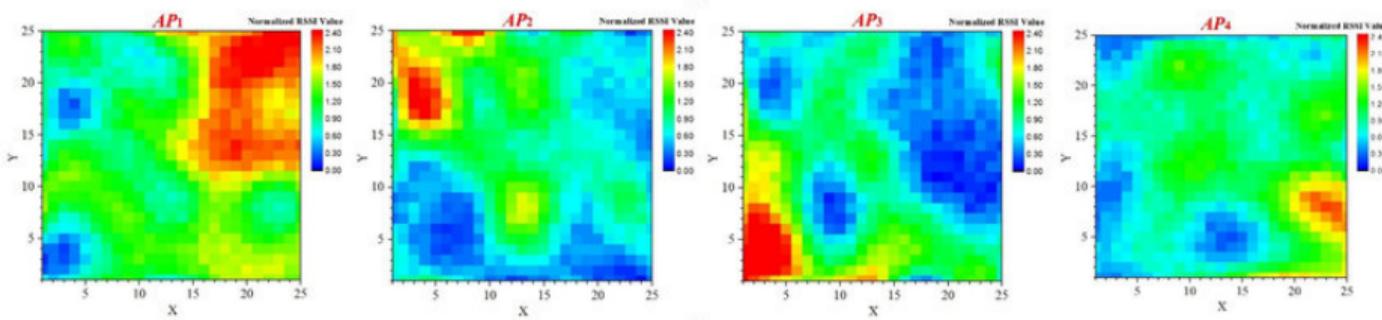
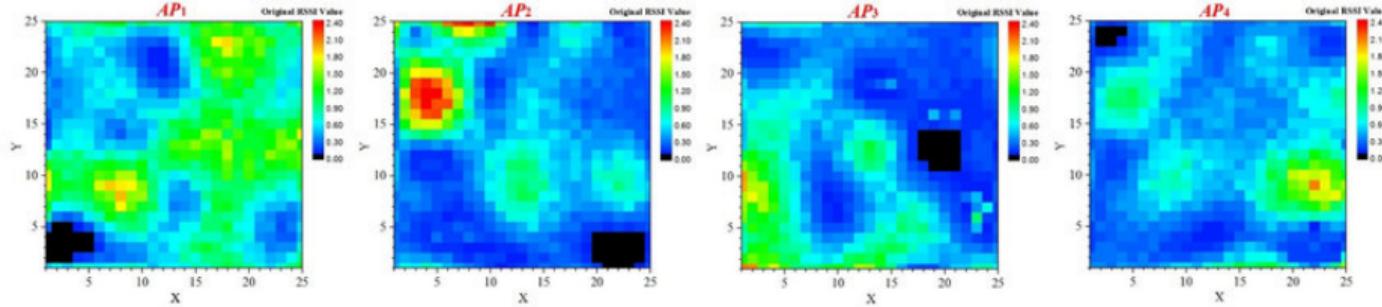


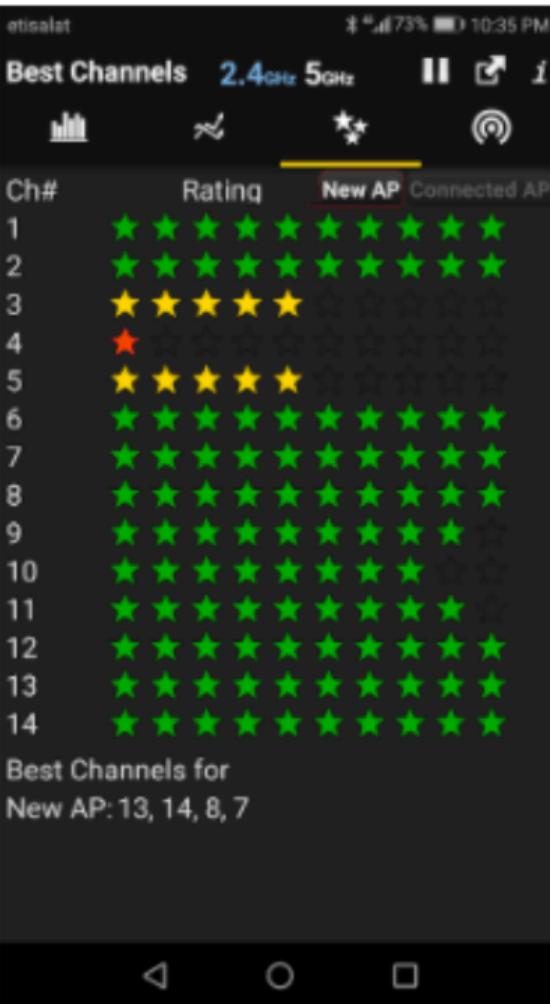
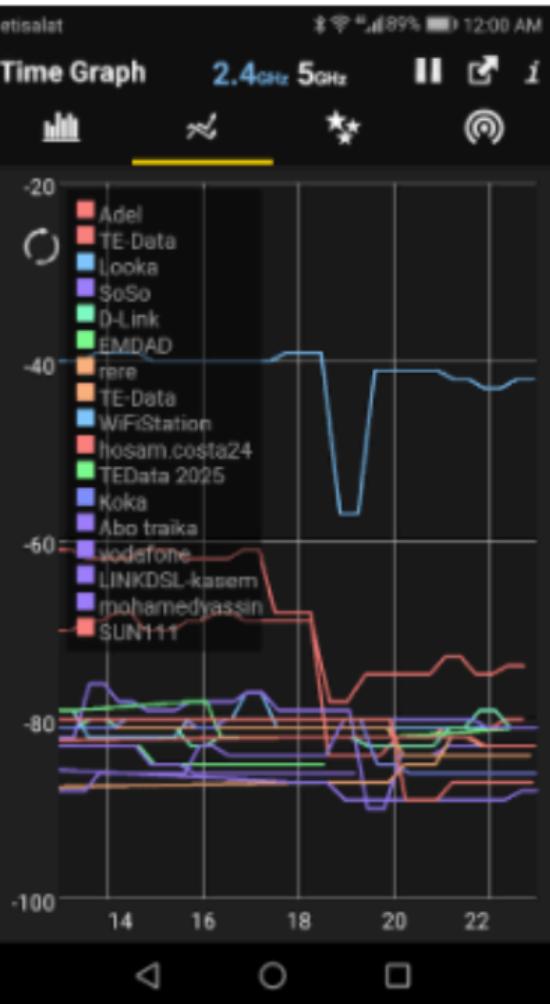
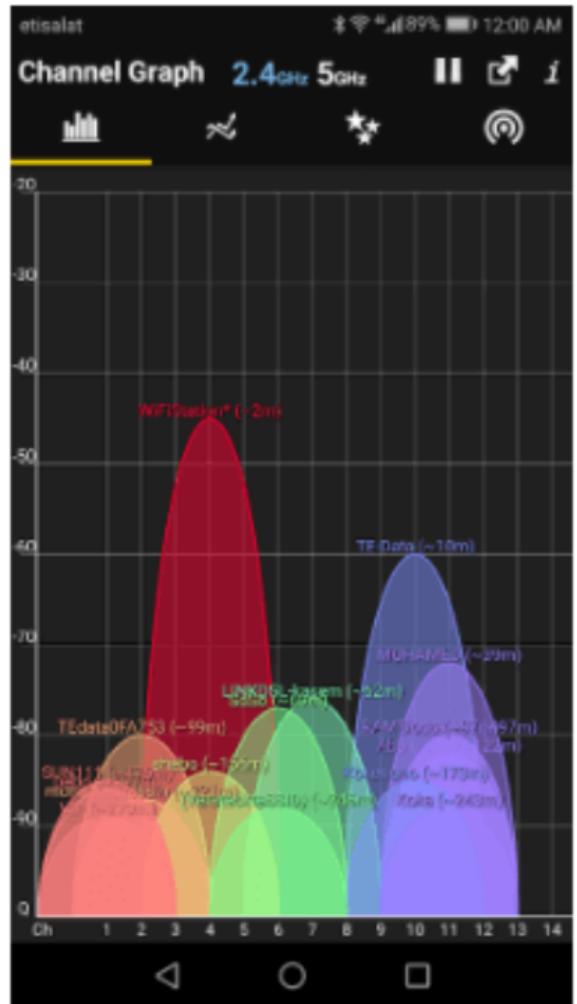
Figure 4: Mapa de calor de distribución del RSSI WiFi.

WAP1 - RSSI (level)







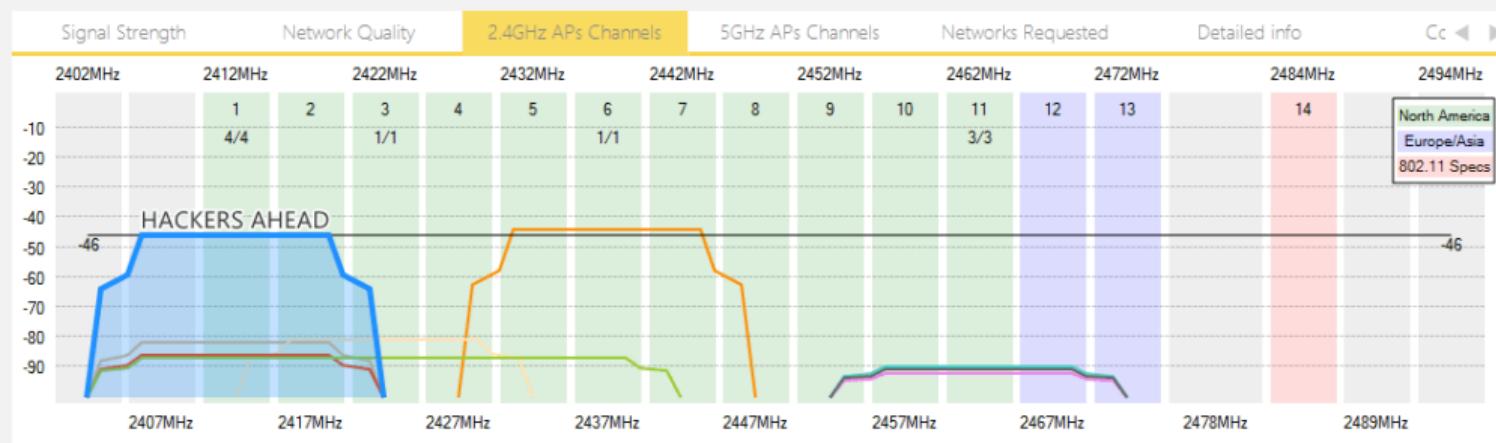




Acrylic Wi-Fi Professional



SSID	#	MAC Address	RSSI	SNR	Chan	Width	802.11	Max Rate	Retries	WEP	WPA	WPA2
WLAN_XY		60:A4:4C:69:D2:48	-44	56	6	20	b, g, n	216.7	16% (160)		MGT-CCMP	
5b4d2d		00:71:C2:14:7D:CE	-92	8	11	20	b, g, n	144.4	9% (24)		PSK-(TKIP CCMP)	PSK-(TKIP CCM)
famalsu		E2:41:36:0C:4C:A0	-90	10	11	20	b, g, n	144.4			PSK-CCMP	
WebSTAR		AP WebSTAR	-82	18	1	20	b, g	54	11% (40)	SharedKey		
SERGIO		00:26:5B:44:D1:18	-81	19	3	20	b, g, n	130			PSK-(TKIP CCMP)	PSK-(TKIP CCM)
HACKERS AHEAD	6	00:1E:E5:5B:A5:B3	-46	54	1	20	b, g	54	18% (117)			PSK-CCMP
[Client]		CC:08:E0:11:EB:3A	-63	37								
[Client]		Iphone6 Marcial	-53	47					29% (15)			
[Client]		Angel	-56	44					10% (13)			
[Client]		00:61:71:A7:54:2E	-60	40					37% (3)			
[Client]		OnePlus Marcelino	-62	38					66% (6)			
[Client]		78:7E:61:C5:25:B2	-62	38					13% (2)			
RodMos	1	00:26:24:CD:D4:D4	-86	14	1	20	b, g	54	4% (14)		PSK-(TKIP CCMP)	PSK-(TKIP CCM)
[Client]		A0:39:F7:15:C5:23	-81	19					20% (1)			
WIRE6969		E8:DE:27:C0:51:8E	-87	13	1+5	40	b, g, n	300	1% (2)		PSK-(TKIP CCMP)	PSK-(TKIP CCM)



Representación de señales: Representación gráfica de una señal

Mediante una gráfica de la función se refleja el comportamiento de esta

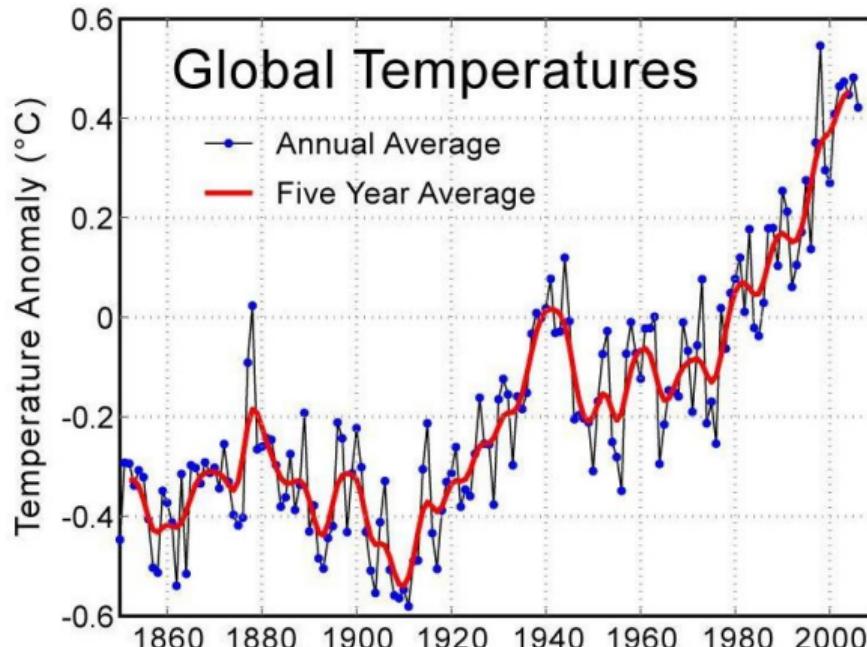


Figure 5: Cambio de temperatura global promedio.

Estadísticas

~ Nuevos casos y muertes

De [JHU CSSE COVID-19 Data](#) · Última actualización: hace 19 horas



Para cada día se muestran los casos nuevos confirmados desde el día anterior · [Acerca de estos datos](#)

Sugerencias

Representación de señales: Representación gráfica de una señal

La matriz de una **imagen digital** en *escala de grises* es una forma de señal

- La **variable independiente** son las *coordenadas espaciales*
- Los valores de la señal (variable dependiente) representan la dependencia de la intensidad de luz de una imagen en función de sus coordenadas

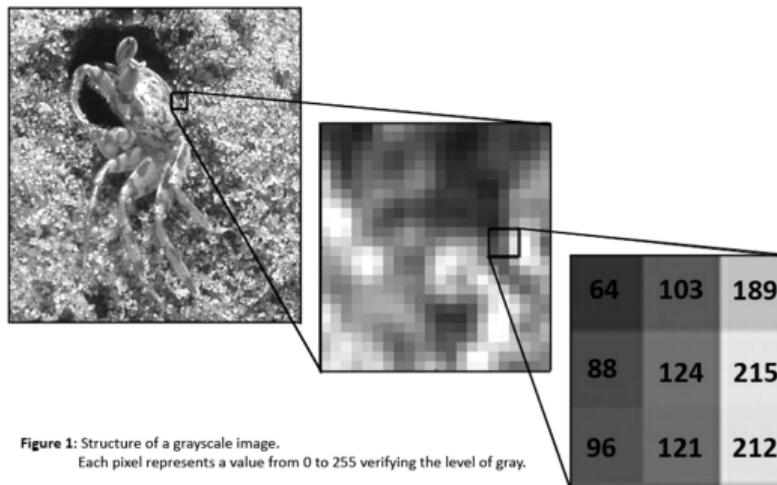
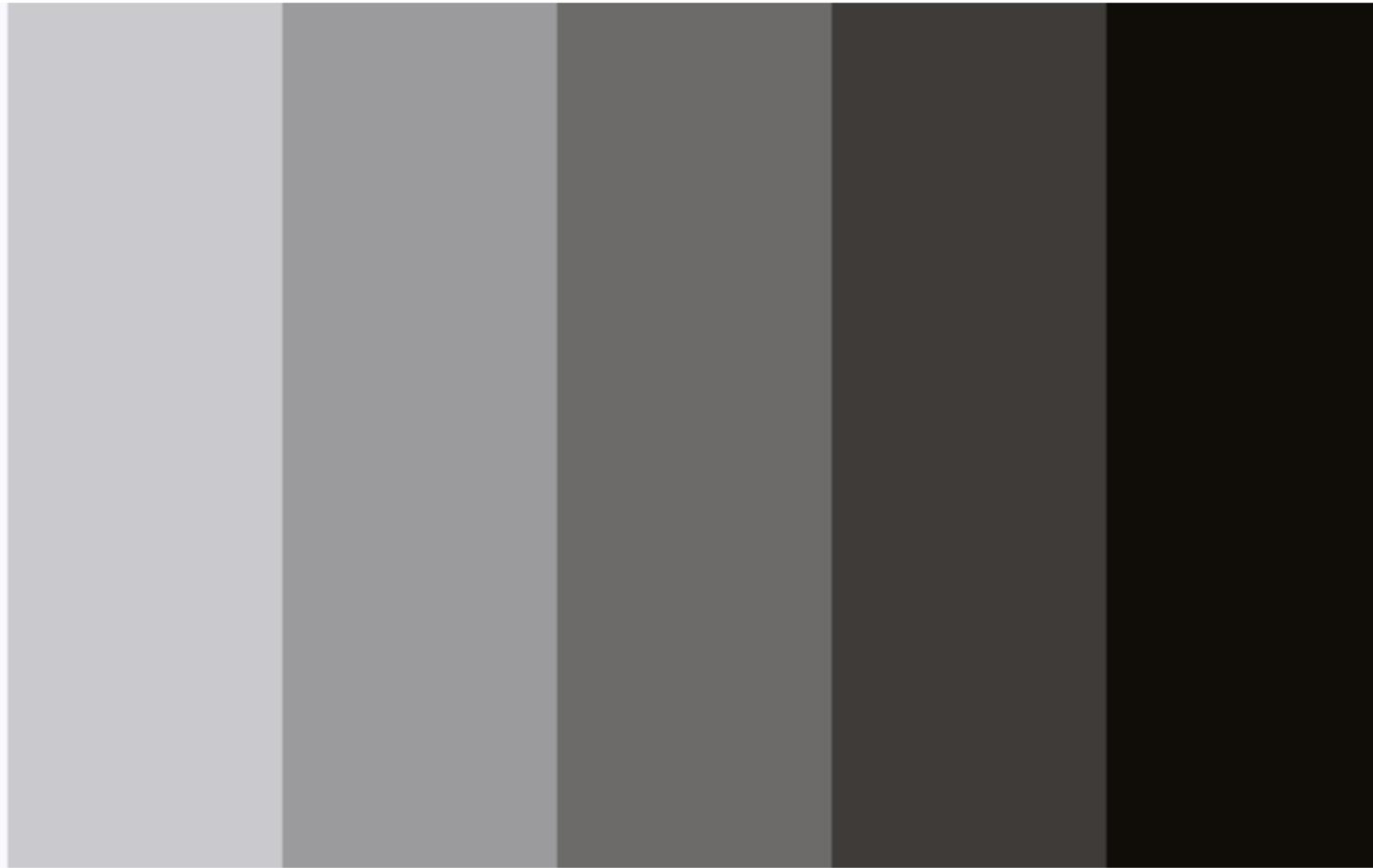


Figure 6: Imagen digital de 8 bits en escala de grises.





Representación de señales: Representación gráfica de una señal

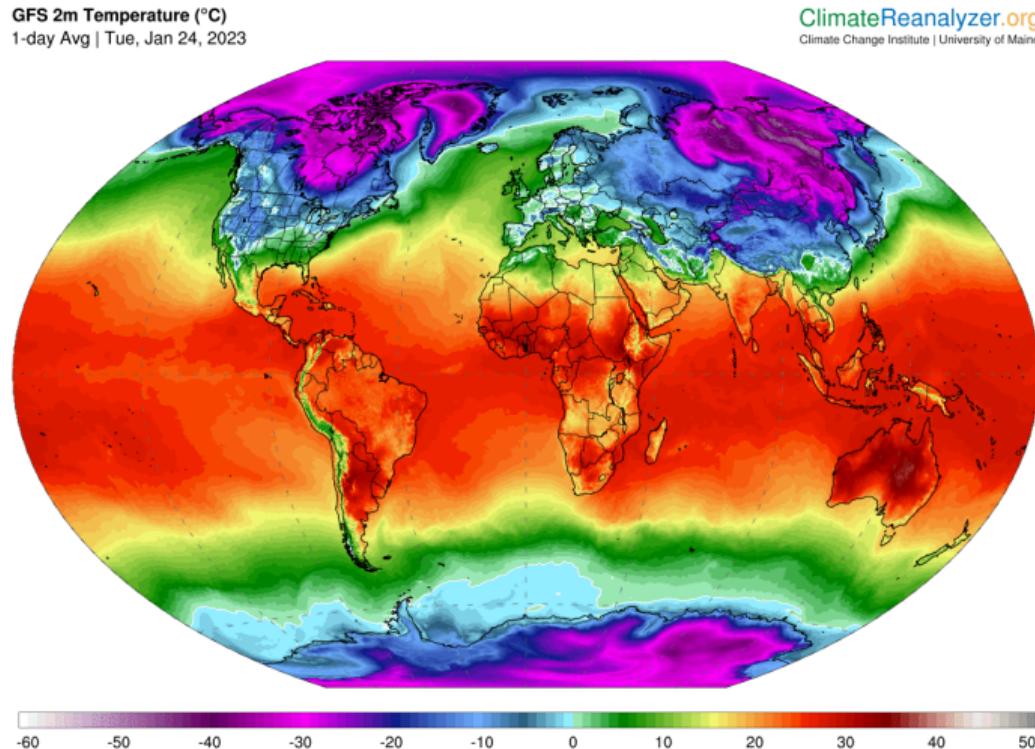


Figure 7: Mapa mundial de la temperatura de la tierra, en enero de 2019. Fuente: <https://climatereanalyzer.org/>

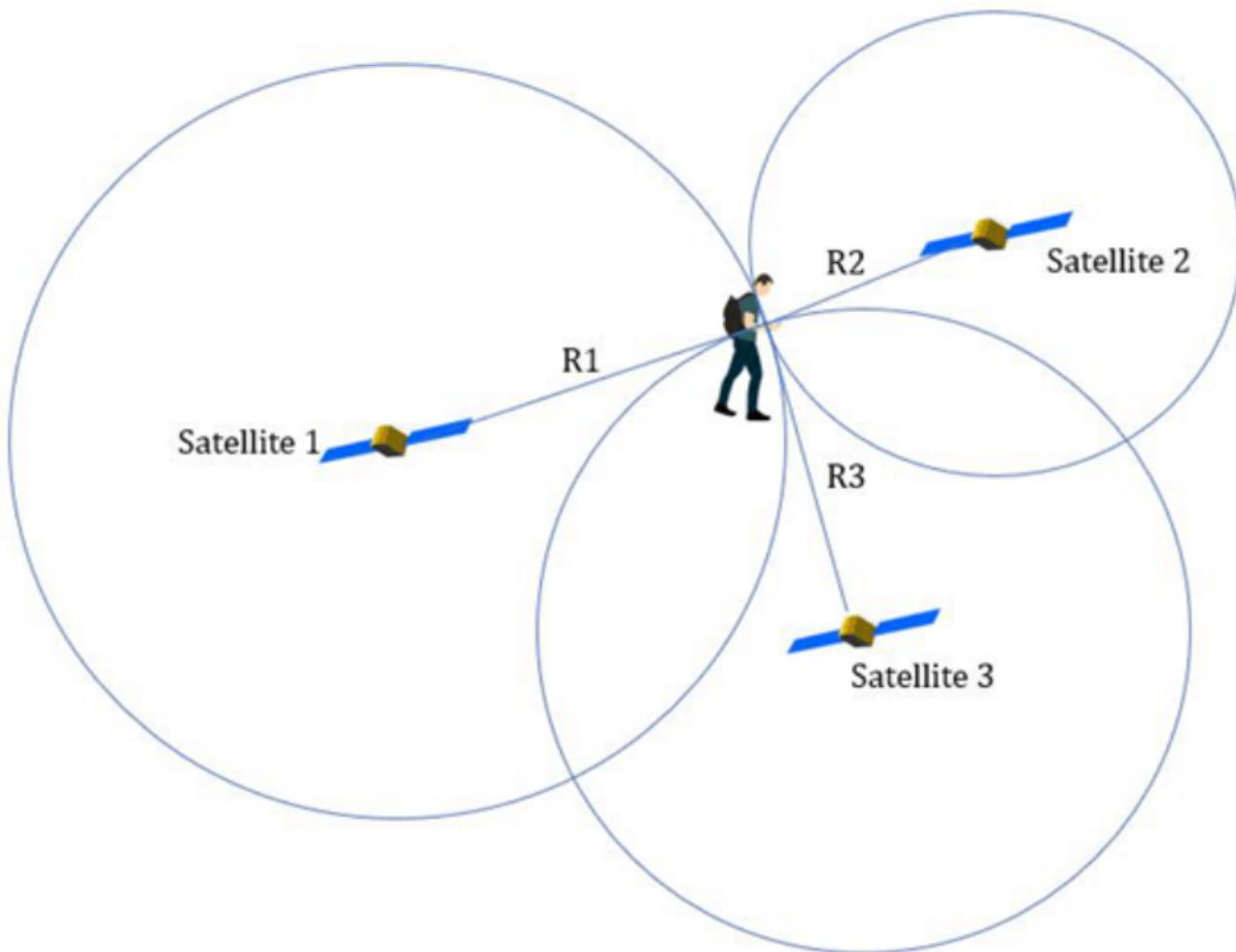


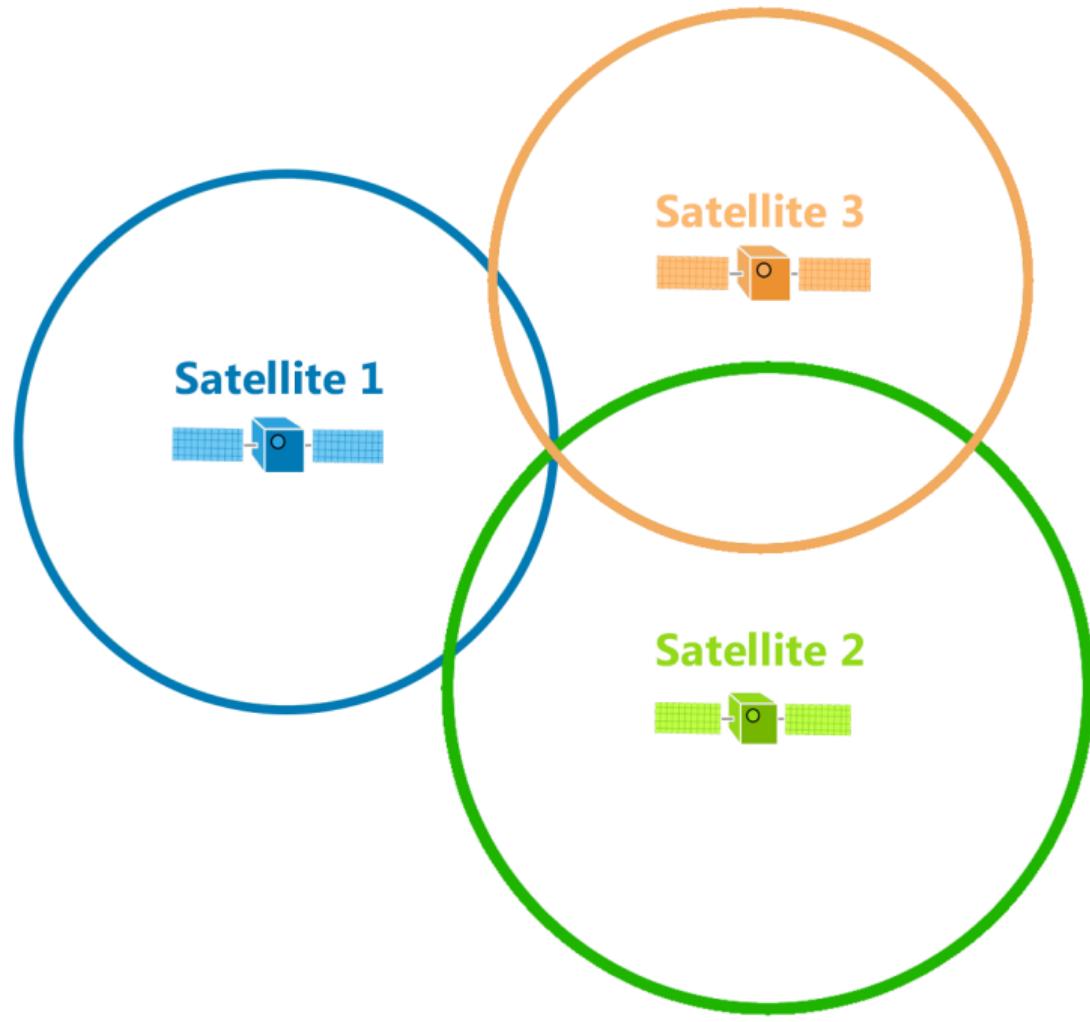


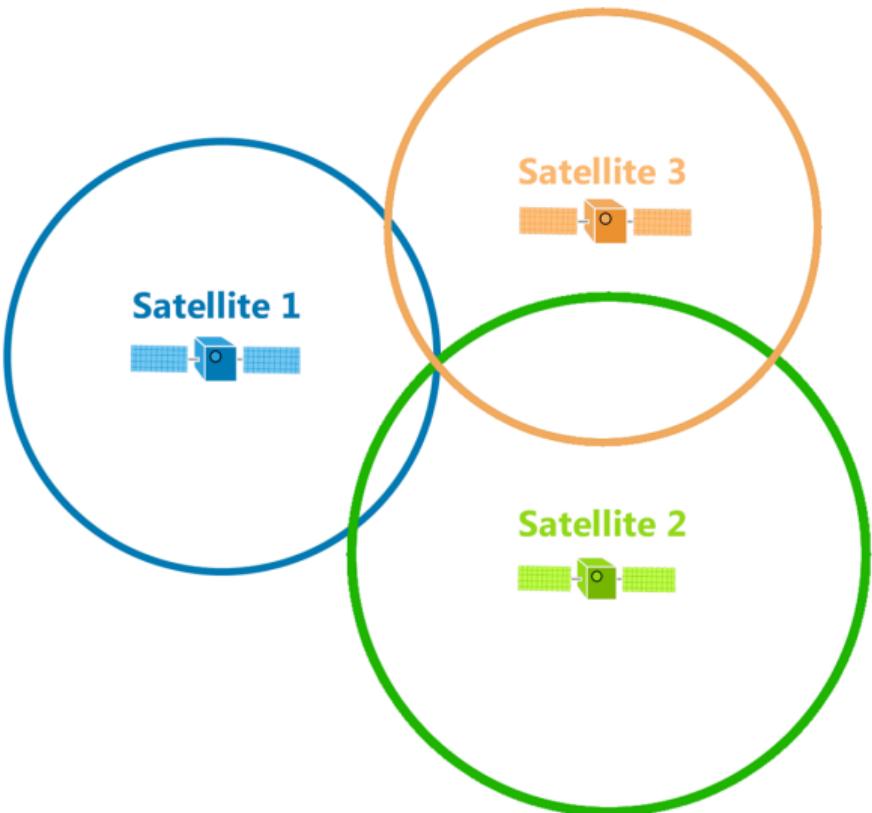
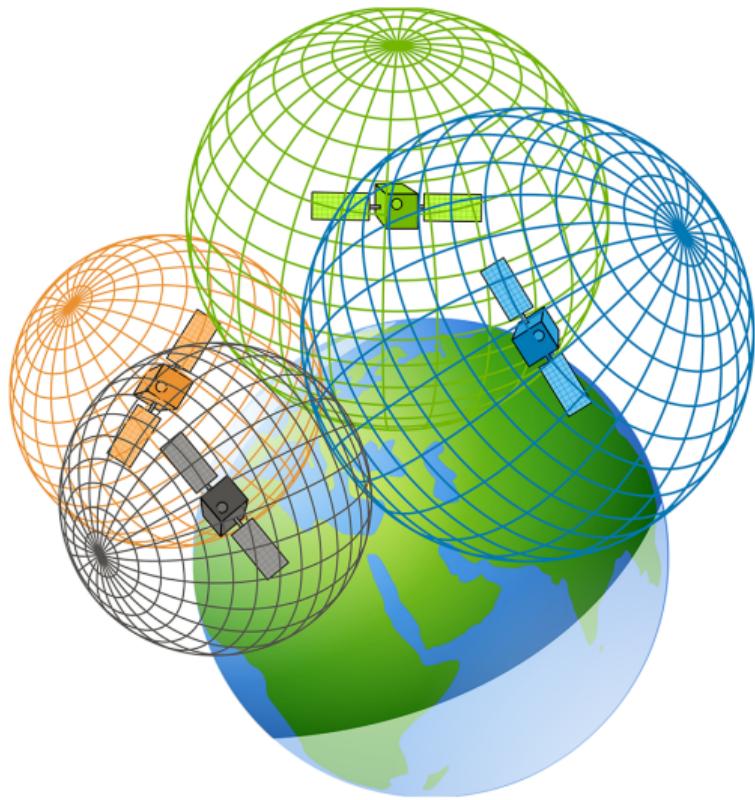
GPS



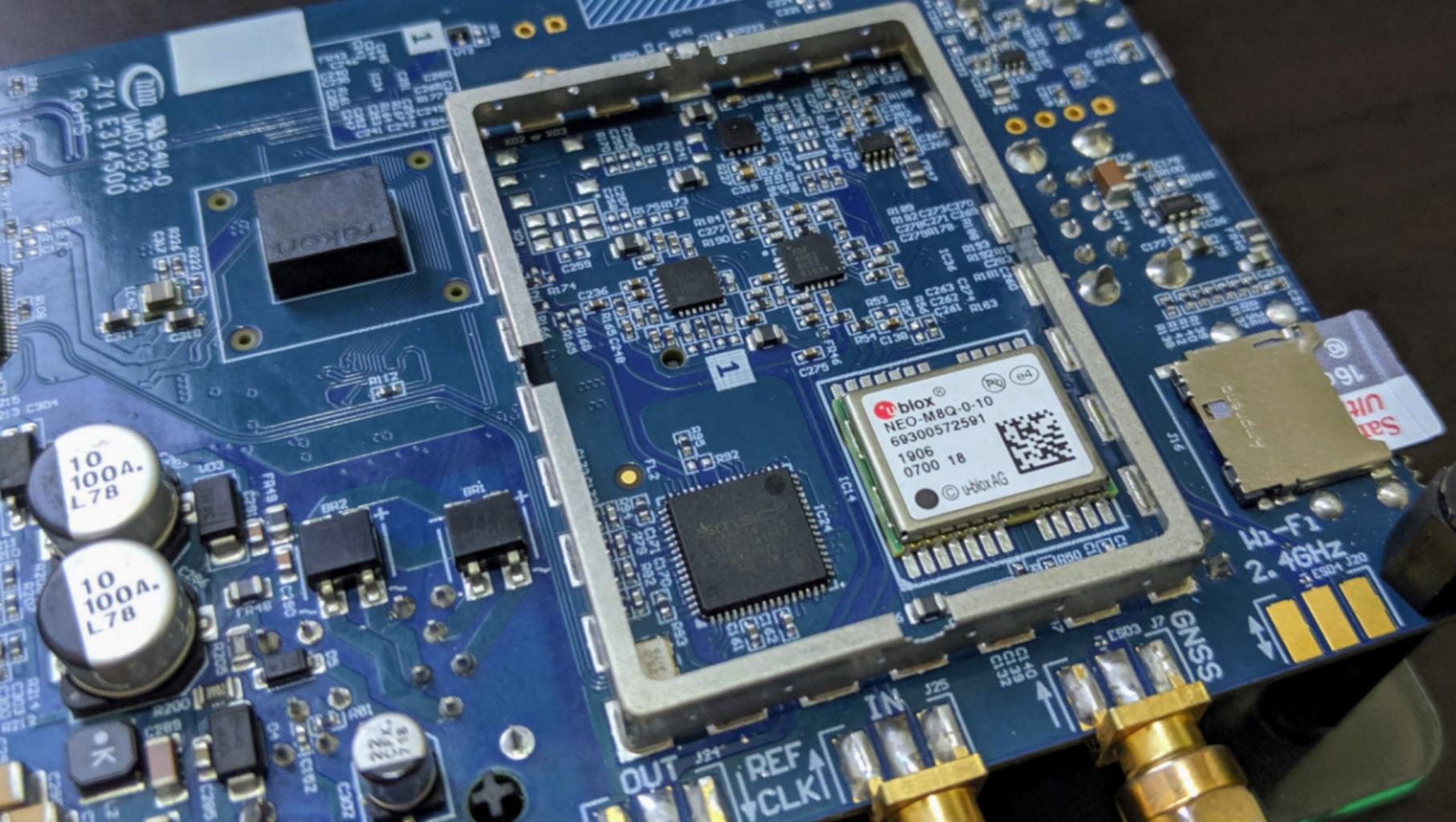
GNSS



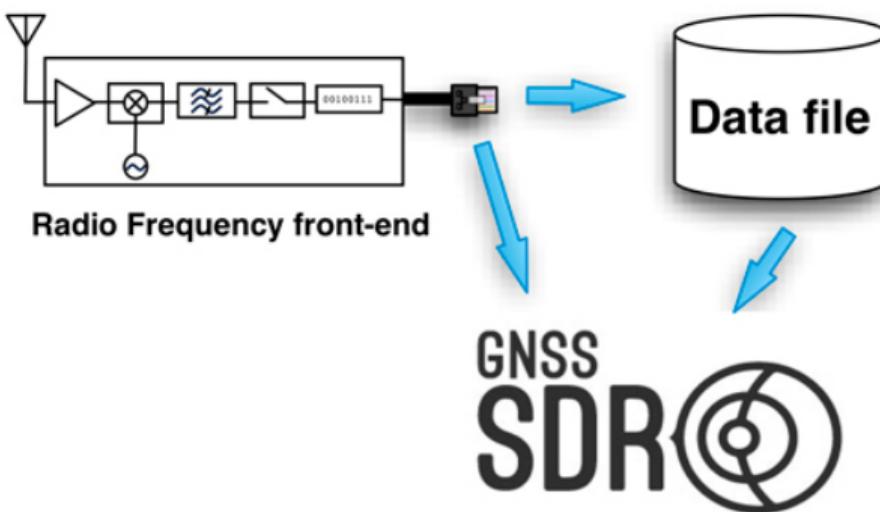
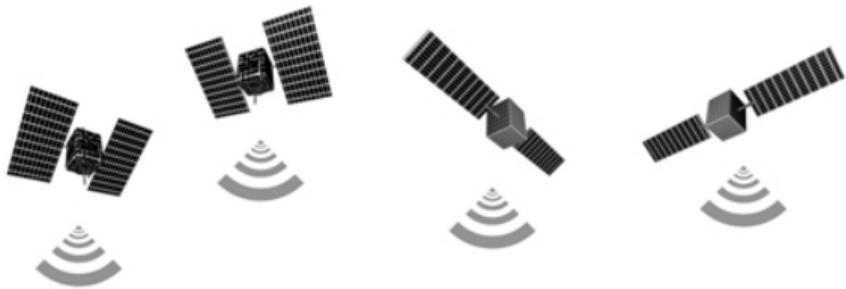


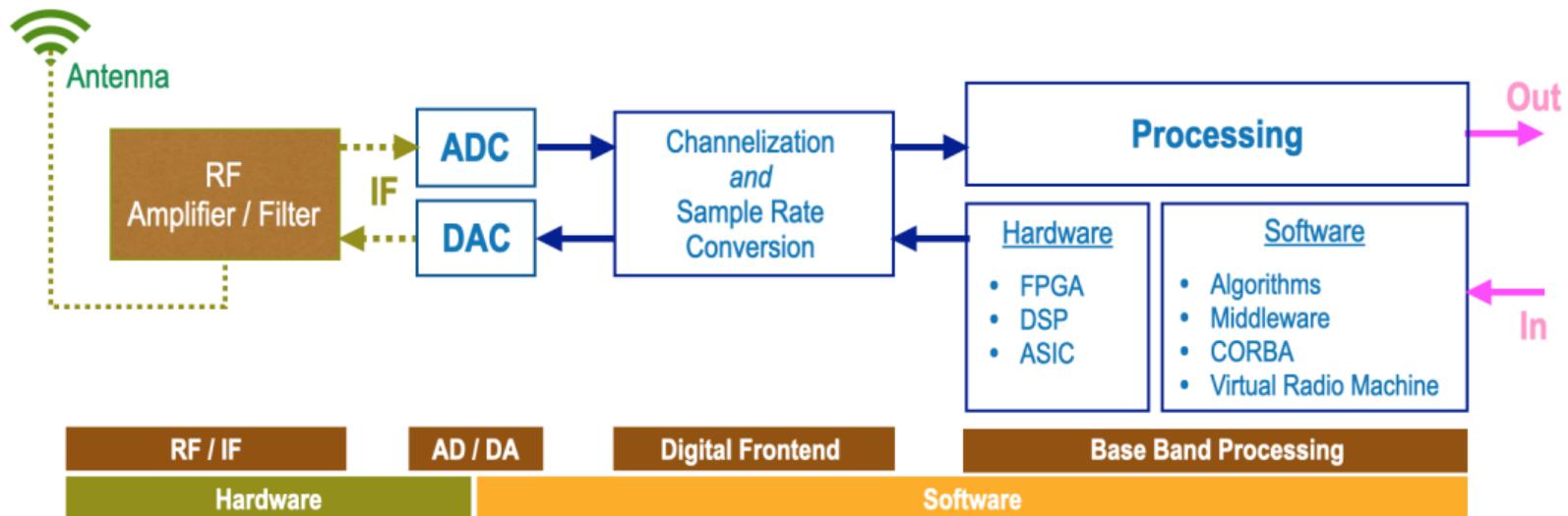












Software Defined Radio

B205MINI - I

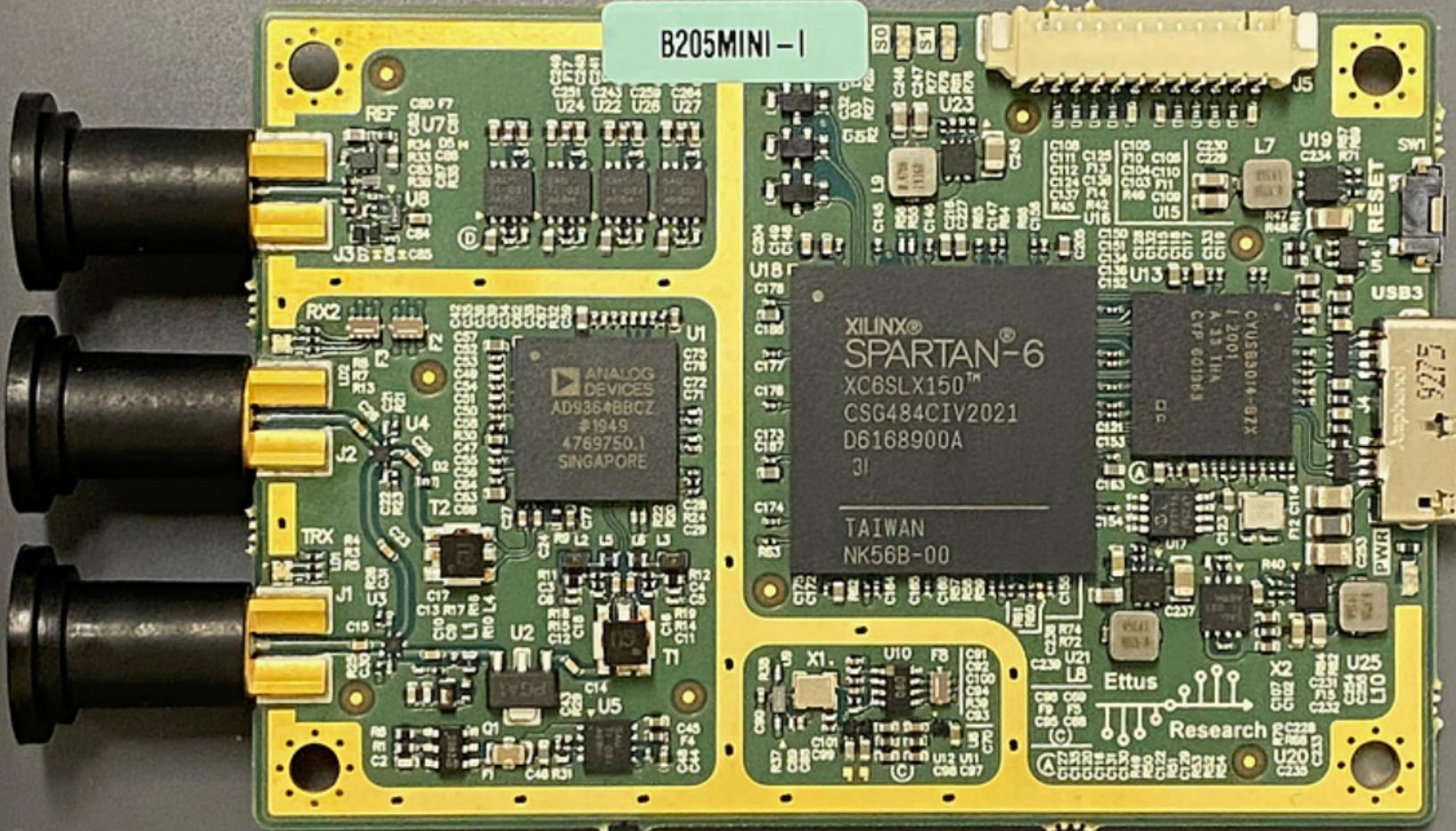


Figure 203: Channel 2 (PRN 11) results

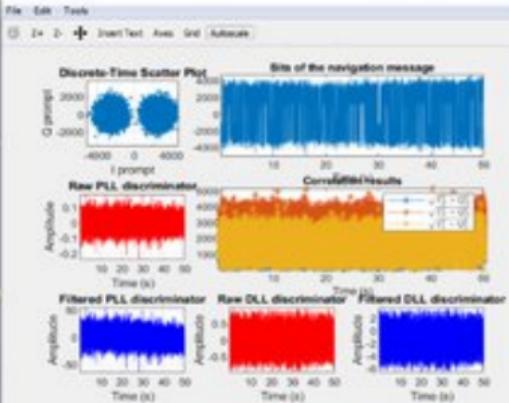


Figure 204: Channel 2 (PRN 11) results

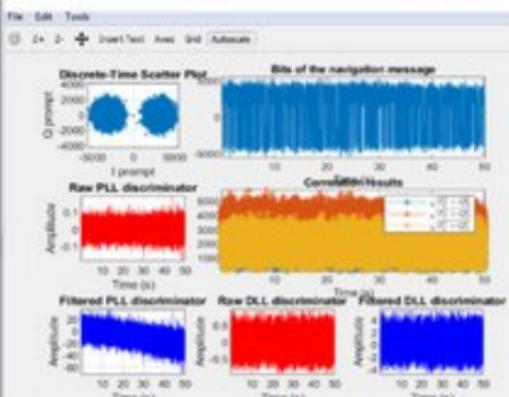


Figure 303: Navigation outcomes

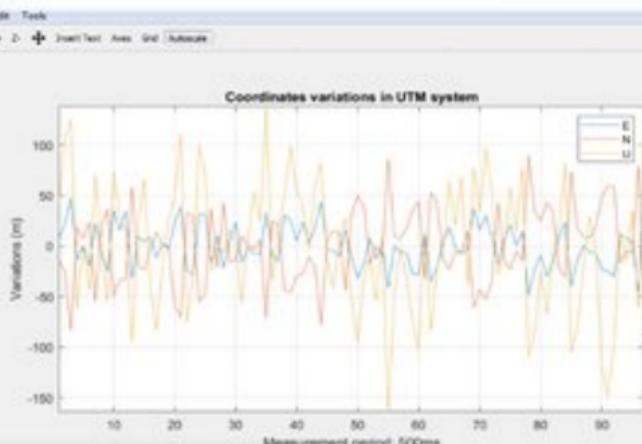


Figure 101

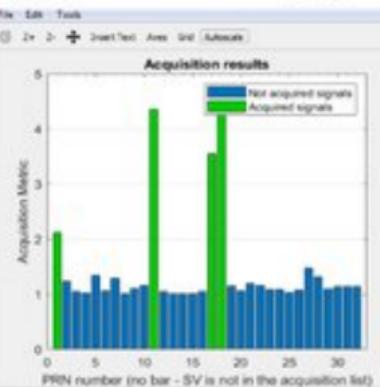


Figure 201: Channel 1 (PRN 10) results

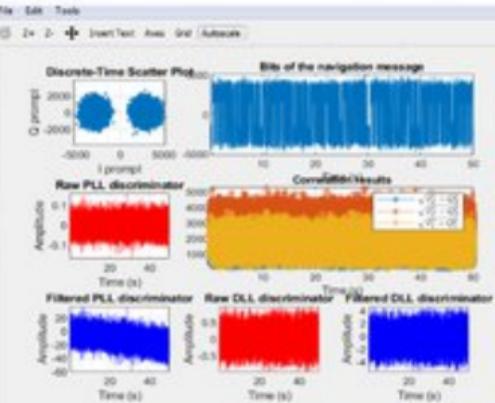
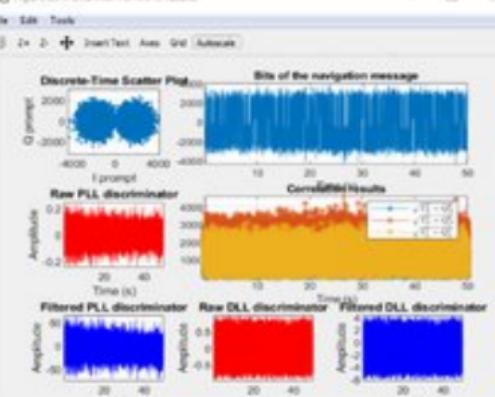
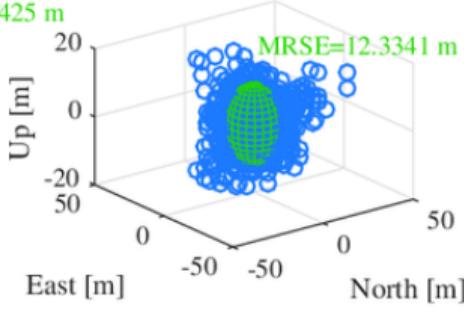
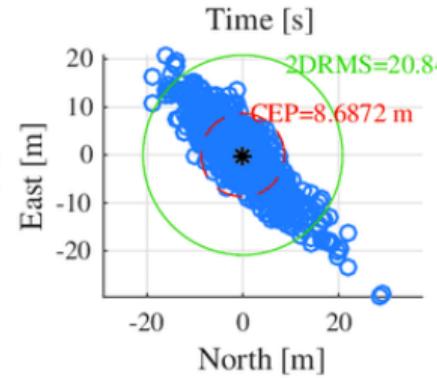
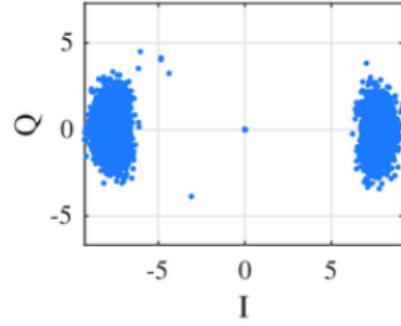
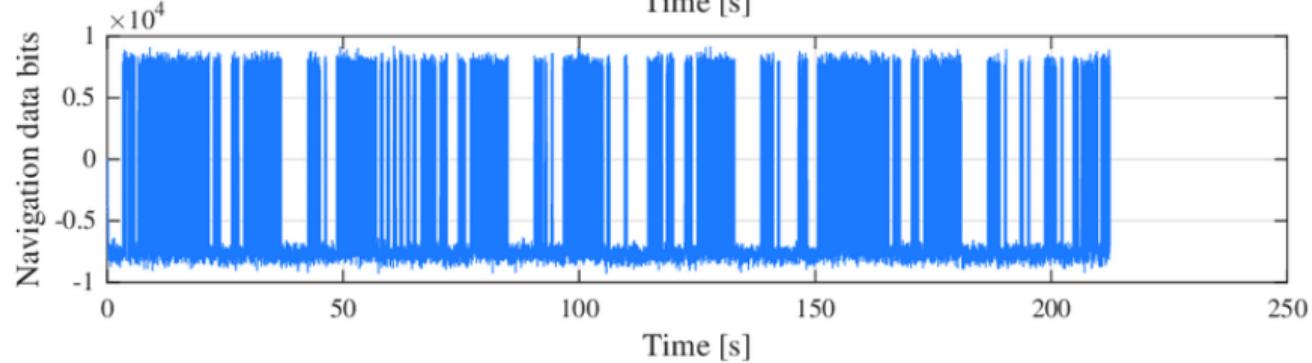
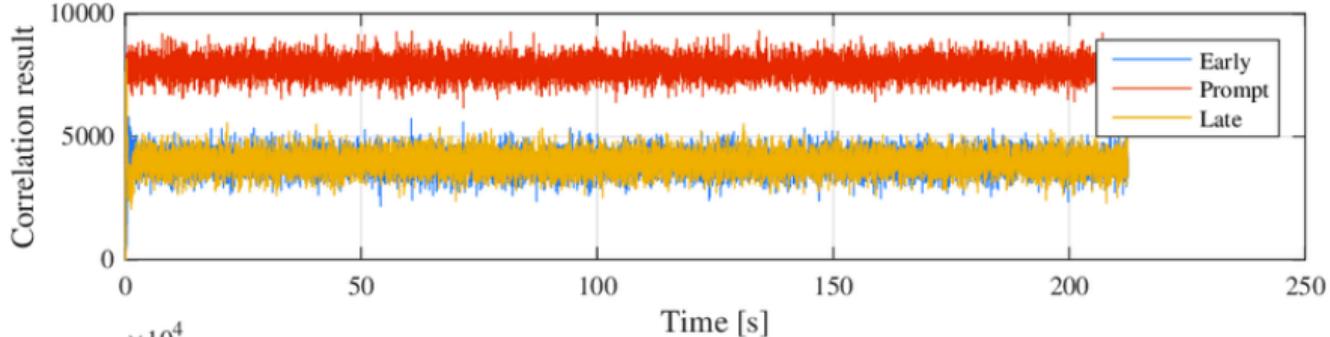


Figure 204: Channel 4 (PRN 11) results





Representación de señales: Representación gráfica de una señal

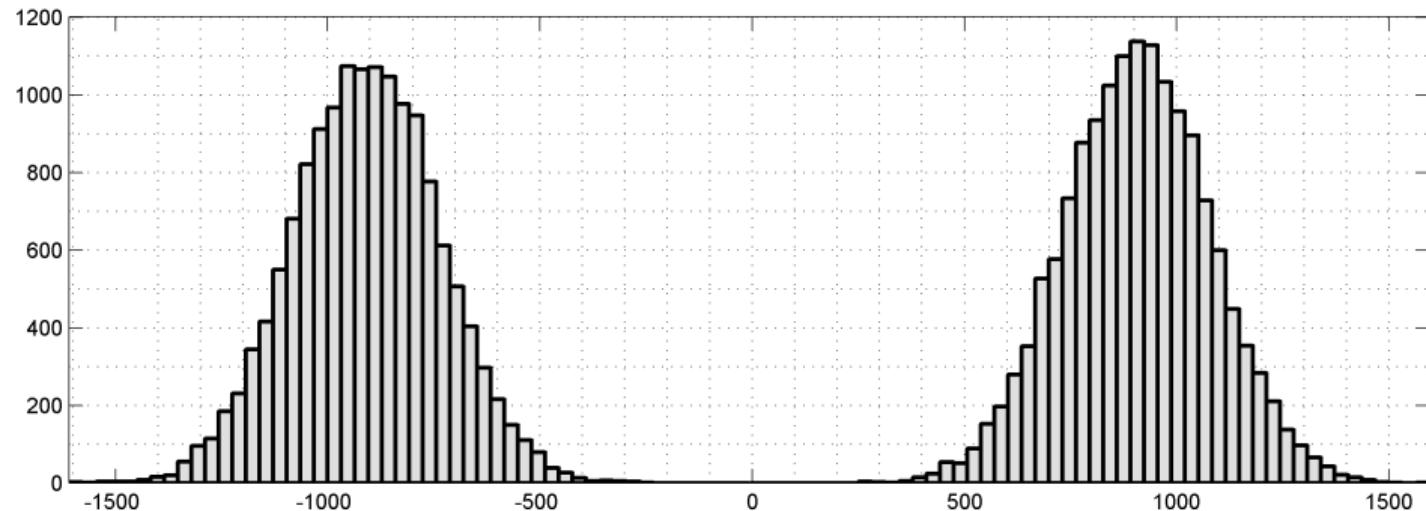


Figure 8: Histograma de la salida de un PLL GNSS de una señal real de navegación.

Representación de señales: Representación tabular de una señal

Time-to-Failure (hr)	Temperature K	Voltage V
620	348	3
632	348	3
658	348	3
822	348	3
380	348	5
416	348	5
460	348	5
596	348	5
216	378	3
246	378	3
332	378	3
400	378	3

Figure 9: Medidas del estrés por aceleramiento de 12 dispositivos electrónicos cuyas condiciones iniciales eran una temperatura y un voltaje de $328K$ y $2V$.

Clasificación de señales

Clasificación de señales

De las **características** y **atributos** de la *señal* dependen los **métodos a utilizar para su procesamiento**, manipulación o análisis. Por esta razón es importante **identificar** y tener **claridad** acerca de la **naturaleza** de estas.

Clasificación de señales: Clasificación de las señales por la naturaleza de la variable independiente

Señales definidas en tiempo continuo

Son señales cuyo valor de intensidad están definidos para cada instante de tiempo en un intervalo continuo de esta. Este tipo de señales toman cualquier valor dentro del intervalo continuo donde se define el argumento. $t \in [t_0, t_f]$. Se dice que no hay discontinuidades de segundo grado.

Clasificación de señales: Clasificación de las señales por la naturaleza de la variable independiente

$$x(t_{k-}) \neq x(t_{k+}), \text{ siendo } |x(t)| < \infty, \forall t. \quad (1)$$

- t_0 y t_f pueden tender: $t_f \rightarrow -\infty$ y $t_f \rightarrow \infty \rightarrow$ señales infinitas en el dominio del tiempo
- **Argumento:** variable independiente continua, $t \in \mathbb{R}$.

Clasificación de señales: Clasificación de las señales por la naturaleza de la variable independiente

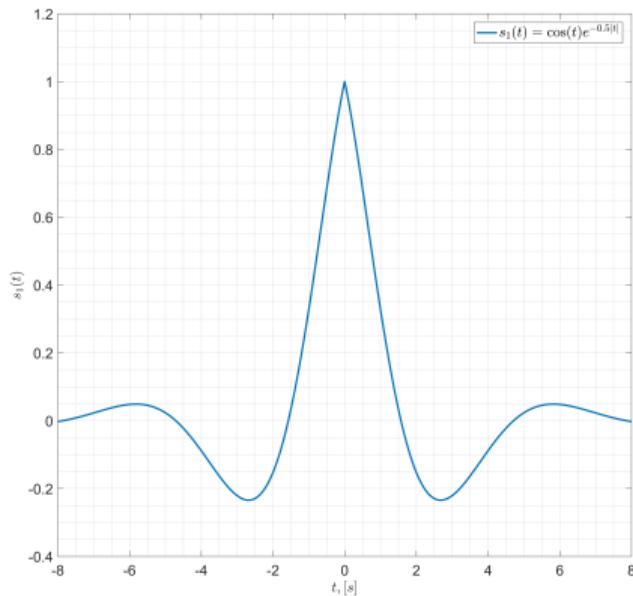


Figure 10: Señal real de tiempo continuo.

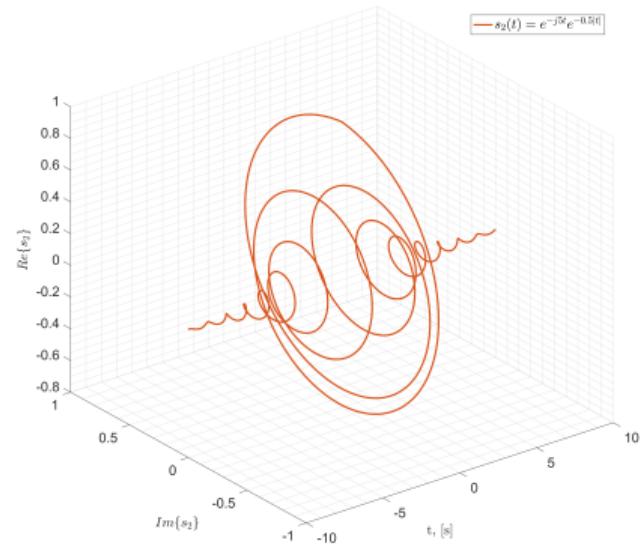


Figure 11: Señal compleja de tiempo continuo.

Clasificación de señales: Clasificación de las señales por la naturaleza de la variable independiente

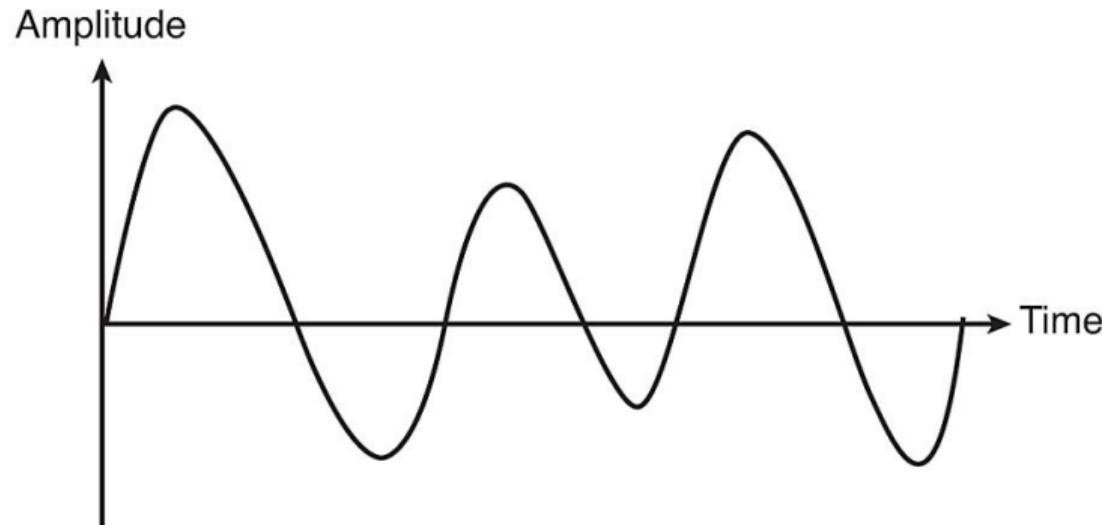


Figure 12: Señal análoga que toma valores para todos los instantes de tiempo t .

Clasificación de señales: Clasificación de las señales por la naturaleza de la variable independiente

Señales definidas en tiempo discreto

Son señales que solo están definidas en instantes de tiempo determinados, es decir el dominio de la variable independiente es de *tipo discreto*.

Clasificación de señales: Clasificación de las señales por la naturaleza de la variable independiente

- **Argumento:** función de una variable independiente entera (secuencia de números) donde $t = t_n$ y $n \in \mathbb{Z}$.
- En el resto de tiempos entre estos valores determinados **la señal no se encuentra definida, NO EXISTE.**

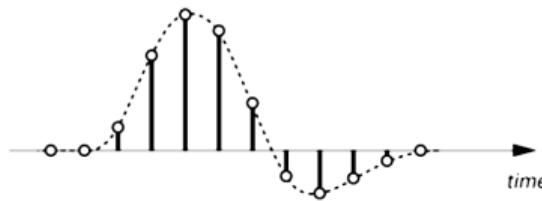


Figure 13: Señal definida en un intervalo de tiempo discreto.

Clasificación de señales: Clasificación de las señales por la naturaleza de la variable independiente

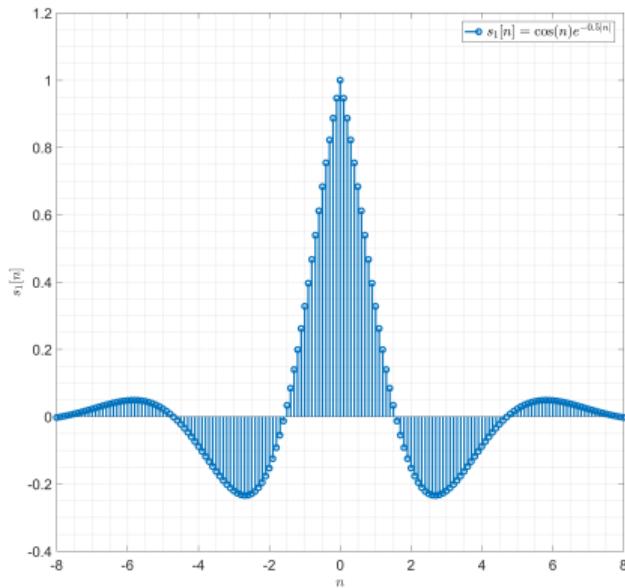


Figure 14: Señal real de tiempo discreto.

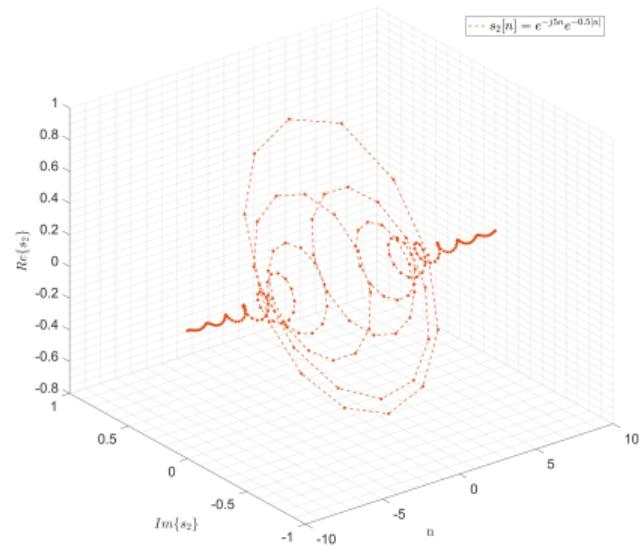


Figure 15: Señal compleja de tiempo discreto.

Clasificación de señales: Clasificación de las señales por la naturaleza de la variable independiente

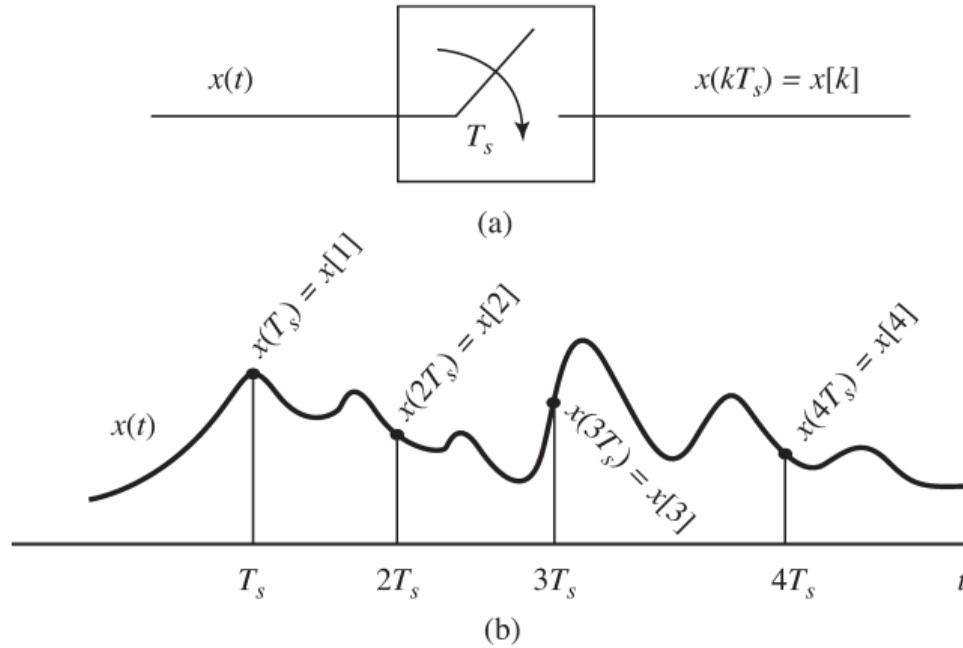


Figure 16: Proceso de muestreado de una señal continua.

Clasificación de señales: Clasificación de las señales por la naturaleza de la variable independiente

- Cada uno de los valor discretos de la señal se conocen como **muestras**
- El intervalo de tiempo entre estas se conoce como **intervalo de muestreo T_s**

Clasificación de señales: Clasificación de las señales por la naturaleza de la variable independiente

El muestreo se denomina uniforme cuando los intervalos entre muestras son iguales.

$$x(t_n) = e^{-|t_n|}, \quad n = 0, \pm 1, \pm 2, \pm 3, \dots$$

Clasificación de señales: Clasificación de las señales por la naturaleza de la variable independiente

Pero en caso de muestreo uniforme es posible utilizar y remplazar con n la variable independiente, siempre y cuando se cumpla la condición siguiente (Ec. 2)

$$x_n = x[n] = x(nT_s), n \in \mathbb{Z} \quad (2)$$

Donde T_s es el intervalo entre muestras las discretas.

Clasificación de señales: Clasificación de las señales por la naturaleza de la variable independiente

En la siguiente ecuación se muestra la definición analítica de una función que permite el cálculo del n -ésimo valor de una función discreta $x[n]$

$$x[n] = \begin{cases} 0.8^n, & \text{si } n \geq 0 \\ 0, & \text{otros casos} \end{cases}$$

Clasificación de señales: Clasificación de las señales por la naturaleza de la variable independiente

Otra forma muy conveniente de representar las secuencias de una señal discreta es de la **forma explícita** tal cual como se muestra a continuación, donde el valor para $n = 0$ esta demarcado por una flecha:

$$\{x_n\} = \{\dots, 0, 0, 3, \underset{\uparrow}{1}, 2, 0, 0, \dots\}$$

Clasificación de señales: Clasificación de las señales respecto a su amplitud

Señales de amplitud continua

Una señal es **continua en amplitud** si los valores posibles de intensidad que podría tomar la señal en un rango determinado son infinitos.

- Una señal puede ser continua en amplitud pero discreta en el tiempo.

Clasificación de señales: Clasificación de las señales respecto a su amplitud

Señales de amplitud discreta

Una señal es **discreta en amplitud** (**cuantificada**) si los valores posibles que podría tomar la señal son **finitos** y pertenecen a un **rango definido**, estos valores determinados a su vez pueden ser *equidistantes* o no.

Clasificación de señales: Clasificación de las señales respecto a su amplitud

- La distancia absoluta entre dos valores contiguos de amplitud discreta se denomina **intervalo de cuantificación** Δx
- La **Cuantificación** es el proceso de *convertir* una señal **continua** en amplitud en una señal **discreta** en amplitud, mediante aproximación por *redondeo* o *truncamiento*

Clasificación de señales: Clasificación de las señales respecto a su amplitud

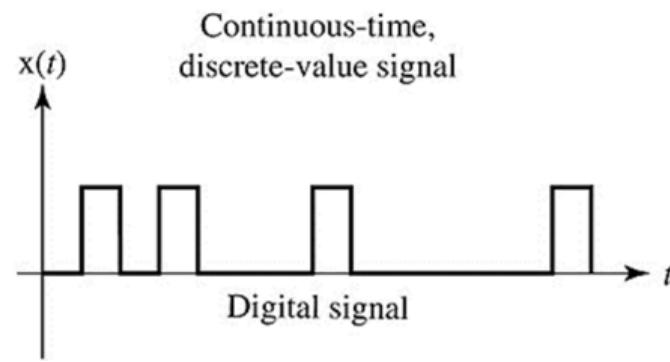
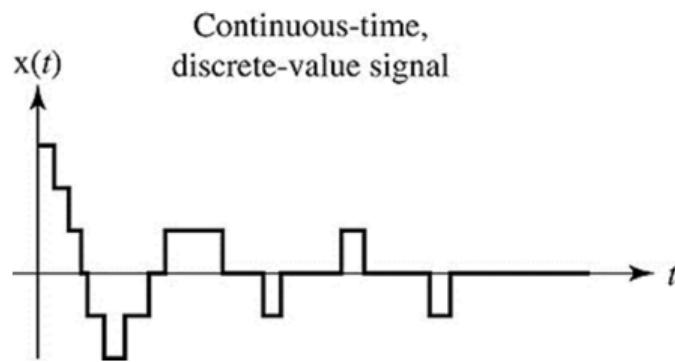
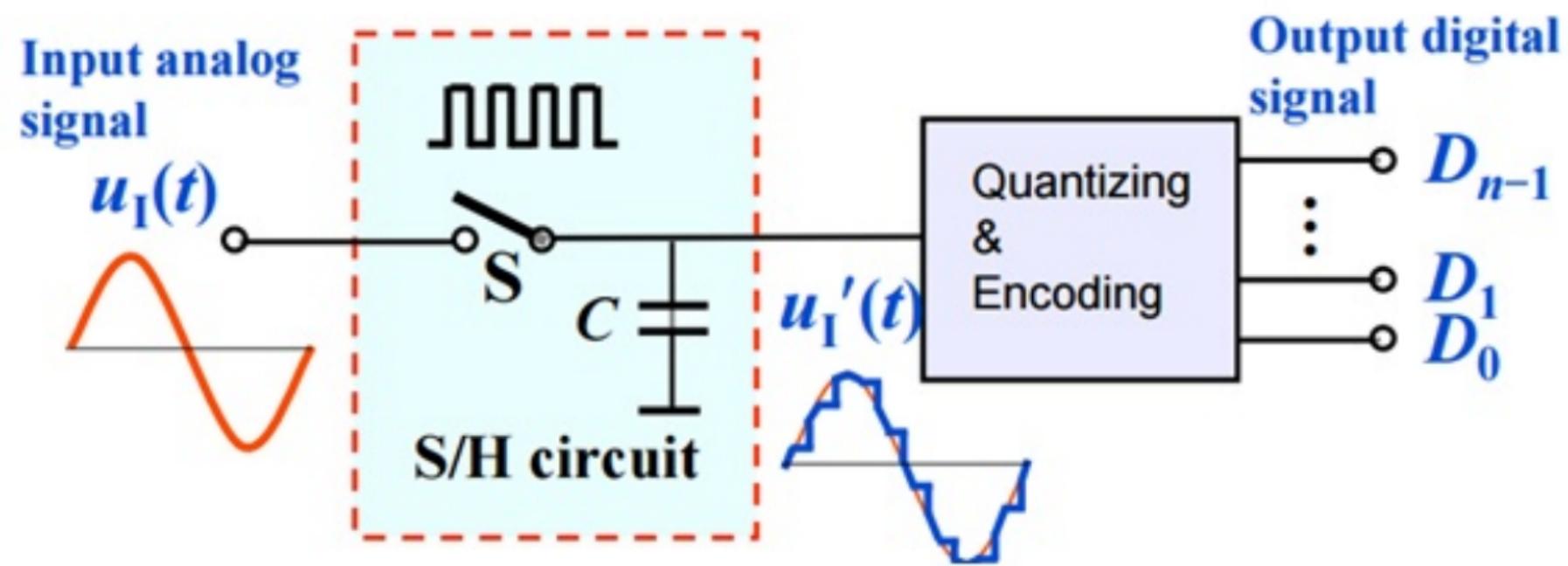
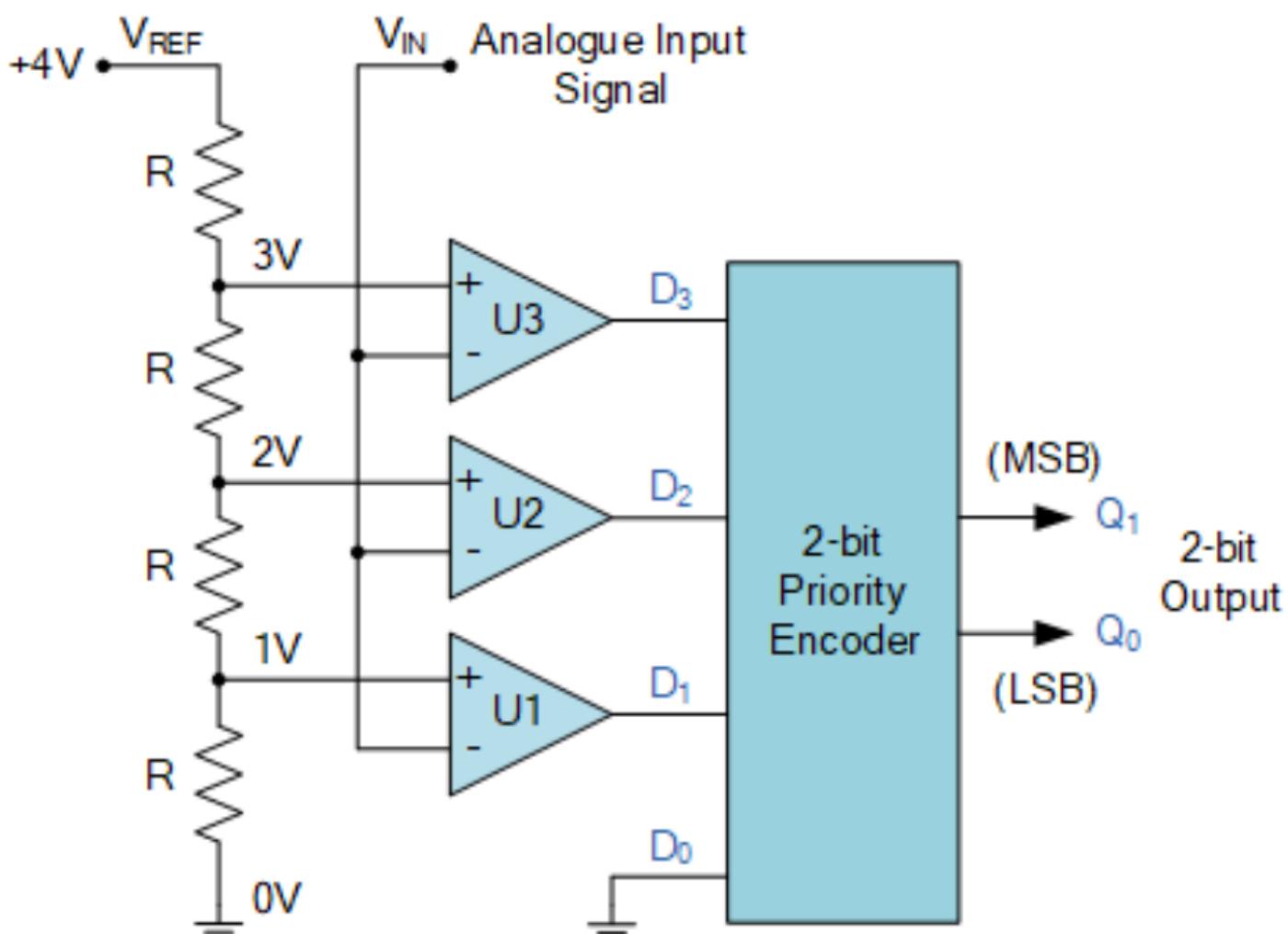
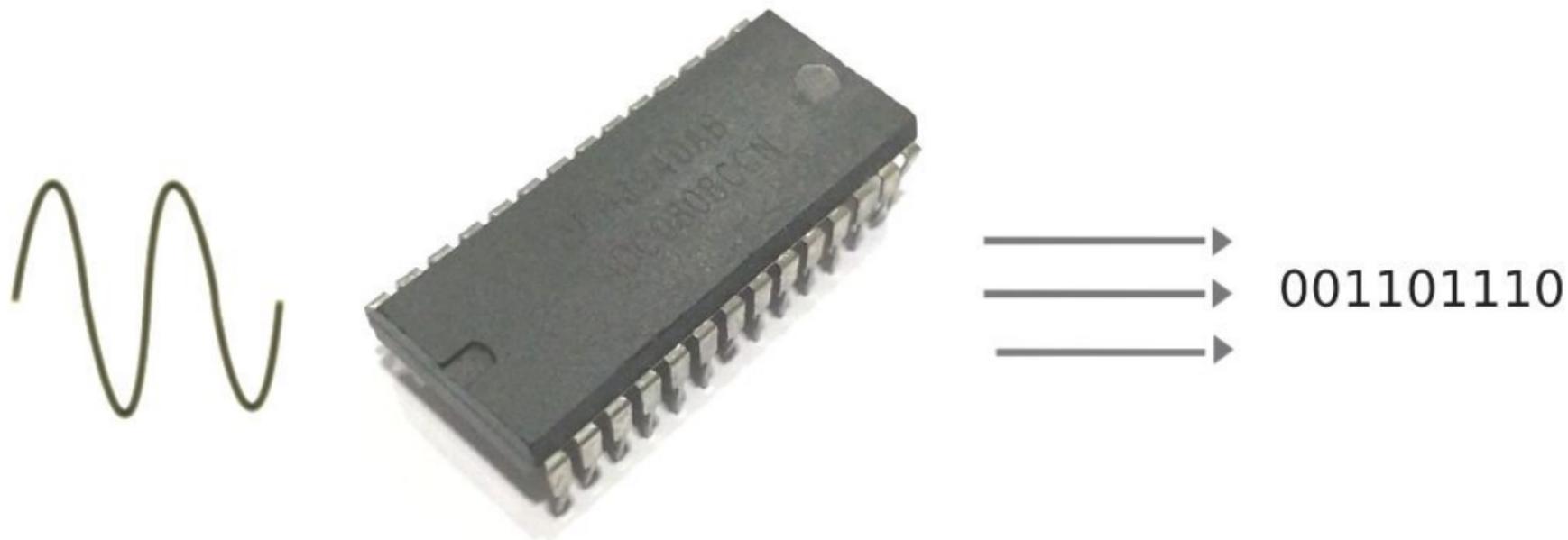


Figure 17: Señales cuantificadas en amplitud pero continua en el tiempo.





Analog to Digital Converters



WM8775SEDS
67AID06

R115

U8

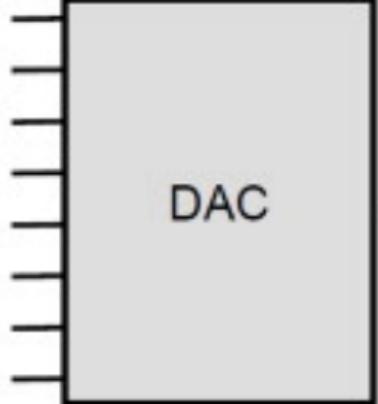
C125

C117

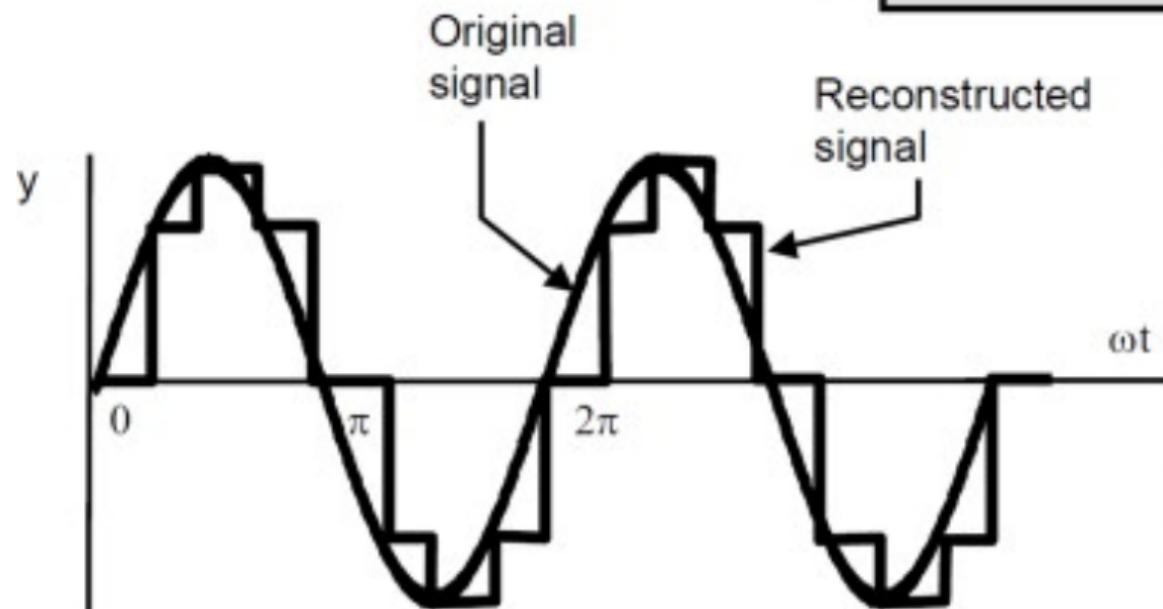
C126

Binary or digital
signal in

122, 134, 156, 169, 191,
210, 225, 255, 225, 210,
191, 169...



Analog
signal out



The sharp steps of this waveform lead to high frequency components in the reconstructed signal not present in the original. A low pass filter may be used to round off these corners thus leading to a more faithful reconstruction.

Clasificación de señales: Clasificación de las señales respecto a su amplitud y variable independiente

Teniendo en cuenta la clasificación de las señales de acuerdo a los conjuntos de sus variables dependiente e independiente, es posible encontrar dos grandes e importantes subgrupos:

- Las **señales análogas** son aquellas señales de tiempo continuo cuyos valores de intensidad de señal de la función son también continuos, $x \in [x_{min}, x_{max}]$
- Las **señales digitales** son aquellas señales de tiempo continuo o discreto cuyos conjunto de valores de intensidad de señal $x[n]$ son finitos, son también discretos, $x \in [x_{min}, x_{max}]$, aunque en la práctica los valores que toma la señal cada intervalo de muestra se retienen por motivos energéticos.

Clasificación de señales: Clasificación de las señales respecto a su amplitud

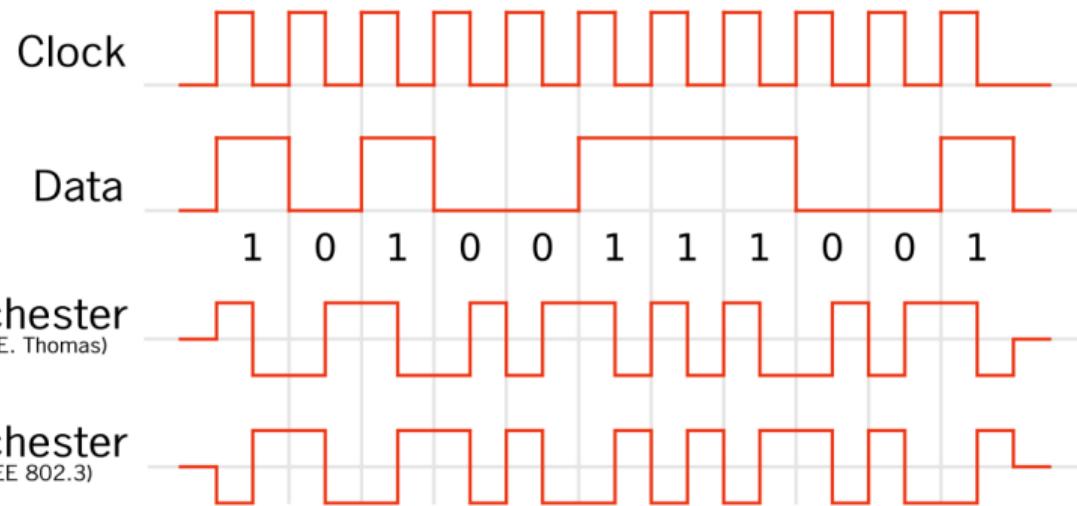


Figure 18: Ejemplo de una señal cuantificada en amplitud pero continua en el tiempo.

Clasificación de señales: Clasificación de las señales respecto a su amplitud y variable independiente

Variable Independiente	Amplitud continua	Amplitud discreta
continua, t	Análoga	Cuantificada (discreta de amplitud)
discreta, n	Muestreada	Digital

Table 1: Clasificación de las señales respecto a su argumento

Clasificación de señales: Clasificación de las señales respecto a su amplitud y variable independiente

Señales Analógicas	Señales Digitales
Son continuas y varían con el tiempo	Tienen dos o más estados y están en forma binaria
La solución de problemas es difícil	La solución de problemas es fácil
Normalmente en forma de onda senoidal	Normalmente en forma de onda cuadrada
Afectadas fácilmente por el ruido	Estables y menos propensas al ruido
Usan valores continuos para representar los datos	Usan valores discretos para representar los datos
La precisión puede verse afectada por el ruido	La precisión es inmune al ruido
Pueden verse afectadas durante la transmisión de datos	No se ven afectadas durante la transmisión de datos
Utilizan más energía	Utilizan menos energía
Ejemplos: mediciones de temperatura, presión, flujo, etc	Ejemplos: retroalimentación de válvulas, inicio de motor, fallo, etc
Componentes: resistencias, capacitores, inductores, diodos	Componentes: transistores, compuertas lógicas, microcontroladores.

Table 2: Clasificación de las señales respecto a su argumento

Clasificación de señales: Clasificación de las señales de acuerdo a su comportamiento estocástico

Señales determinísticas

Son señales que pueden ser modeladas o descritas analíticamente de manera explícita y bien definida, es decir existe expresión matemática o regla definida que define una relación entre los valores de intensidad de la señal y su argumento.

Clasificación de señales: Clasificación de las señales de acuerdo a su comportamiento estocástico

- El ***modelo de señal*** es la descripción matemática de la misma y por lo tanto no existe ningún tipo de incertidumbre para los valores presentes, pasados y futuros de la señal. Se sabe con seguridad que valor tomará la señal en cualquier momento.

Clasificación de señales: Clasificación de las señales de acuerdo a su comportamiento estocástico

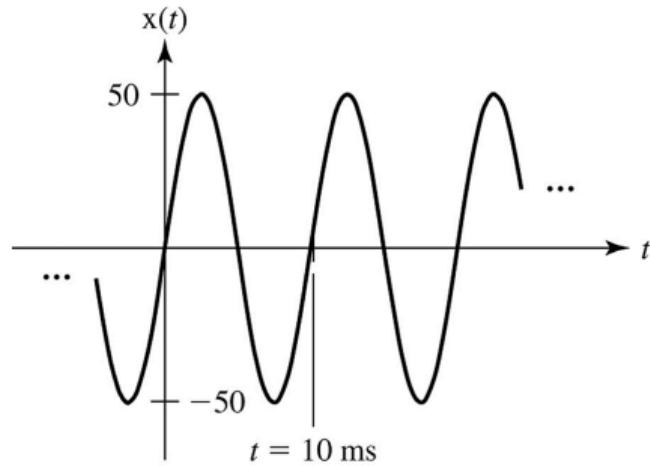


Figure 19: Señal determinística de tiempo continuo.

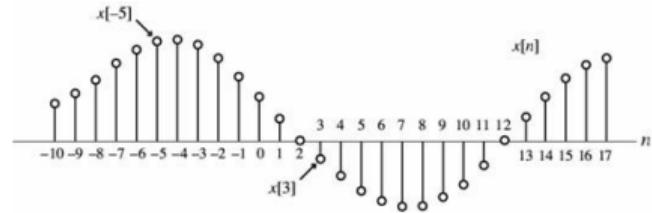


Figure 20: Señales determinísticas sinusoidales.

Clasificación de señales: Clasificación de las señales de acuerdo a su comportamiento estocástico

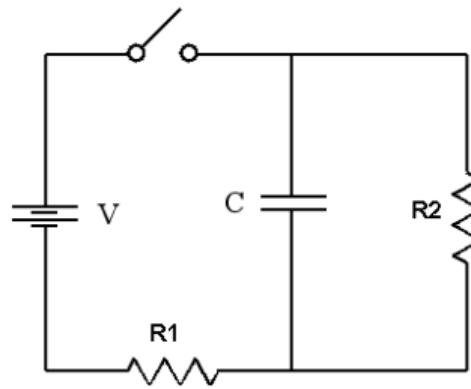


Figure 21: Circuito RC de carga y descarga de un capacitor

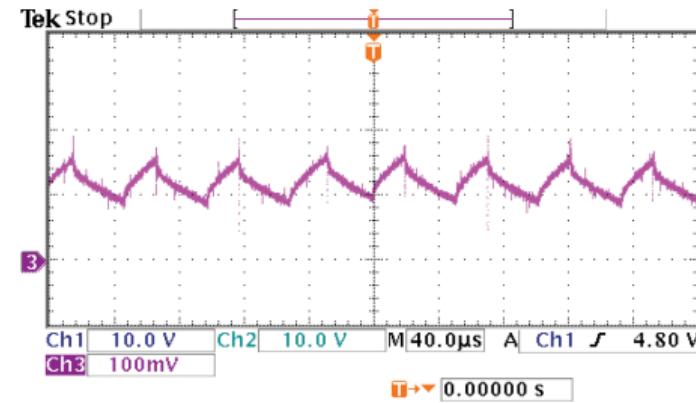
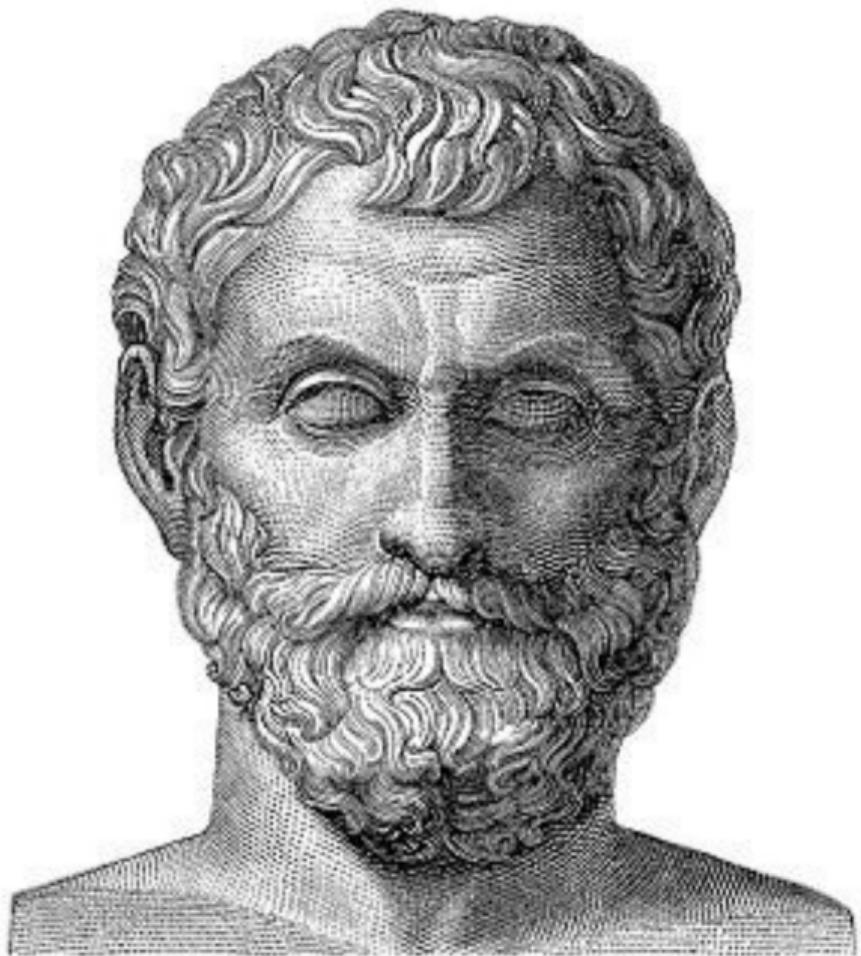
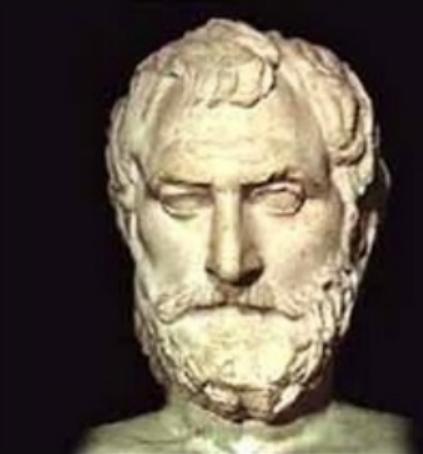


Figure 22: Señal de osciloscopio de señal de la carga y descarga de un capacitor





The most difficult thing in life is
to know yourself.

~ Thales

Clasificación de señales: Clasificación de las señales de acuerdo a su comportamiento estocástico

Señales aleatorias

La señal es una variable aleatoria en el dominio temporal, denominado *proceso estocástico*, y la ocurrencia de valores concretos de este tipo de señales se denominan *realizaciones* y se expresan en términos de probabilidad de ocurrencias.

Clasificación de señales: Clasificación de las señales de acuerdo a su comportamiento estocástico

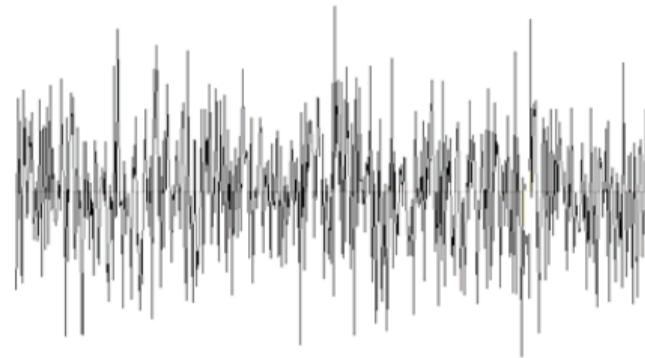


Figure 23: Ejemplo de una señal de ruido blanco gaussiano.

Clasificación de señales: Clasificación de las señales de acuerdo a su comportamiento estocástico

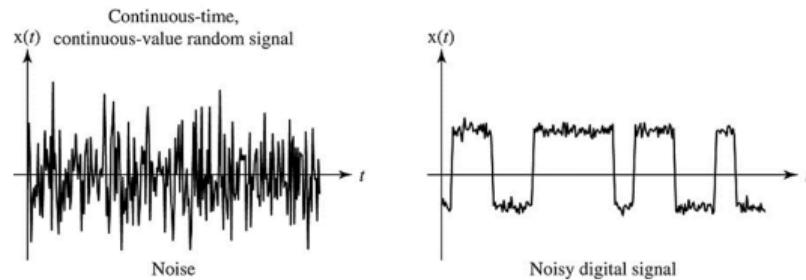


Figure 24: Ejemplo de una señal digital contaminada con ruido.

Clasificación de señales: Clasificación de las señales de acuerdo a su comportamiento estocástico

PDF

Dependiendo del tipo de distribución de probabilidad (PDF, *ing.* Probability Density Function) para el análisis de este tipo de señales se manejan otro tipo de características, como son su valor medio y varianza. El estudio de este tipo especial de señales se realiza por parte de la teoría de probabilidad y los procesos estocásticos.

Clasificación de señales: Señales multicanal y multidimensionales

Las señales se pueden describir como función de una o mas variables independientes: sus valores pueden ser reales o complejos

$$s_{re}(t) = A \sin(3\pi t) - \text{Señal real, (3)}$$

$$s_{comp}(t) = Ae^{j\pi t} A \cos(3\pi t) + jA \sin(3\pi t) - \text{Señal compleja. (4)}$$

Clasificación de señales: Señales multicanal y multidimensionales

Señales vectoriales

Son señales compuestas de varios canales.

- En la práctica las señales son el resultado de múltiples sensores simultáneos.
- Todas las señales que hacen parte de la señal vectorial comparten la misma variable independiente.

$$\vec{s}(t) = \begin{bmatrix} s_1(t) \\ s_2(t) \\ s_3(t) \end{bmatrix} \quad (5)$$

Clasificación de señales: Señales multicanal y multidimensionales

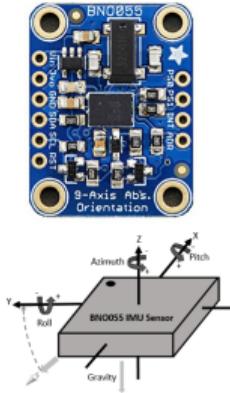


Figure 25: Adafruit 9-DOF Absolute Orientation IMU Fusion Breakout - BNO055

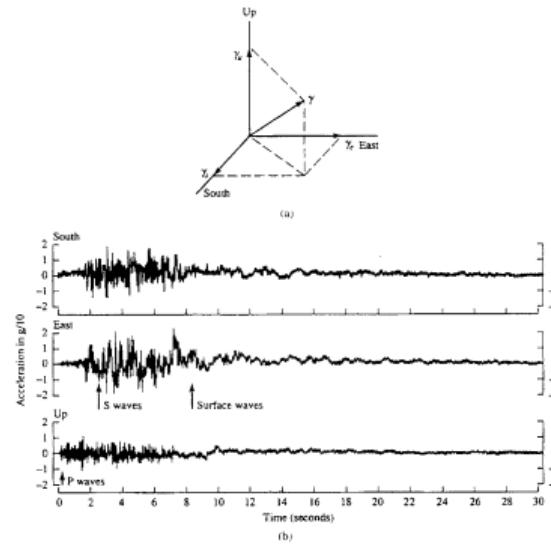
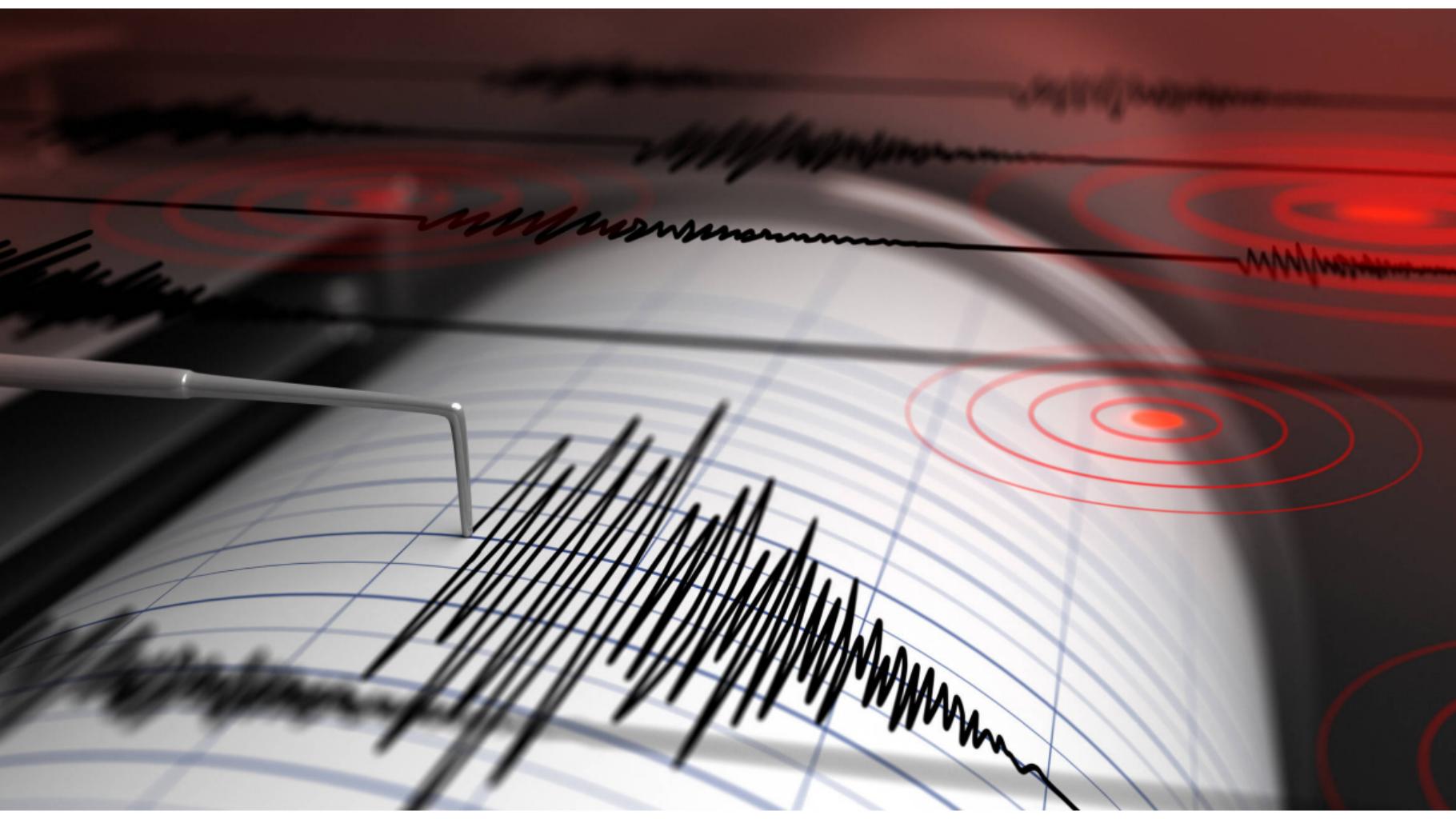


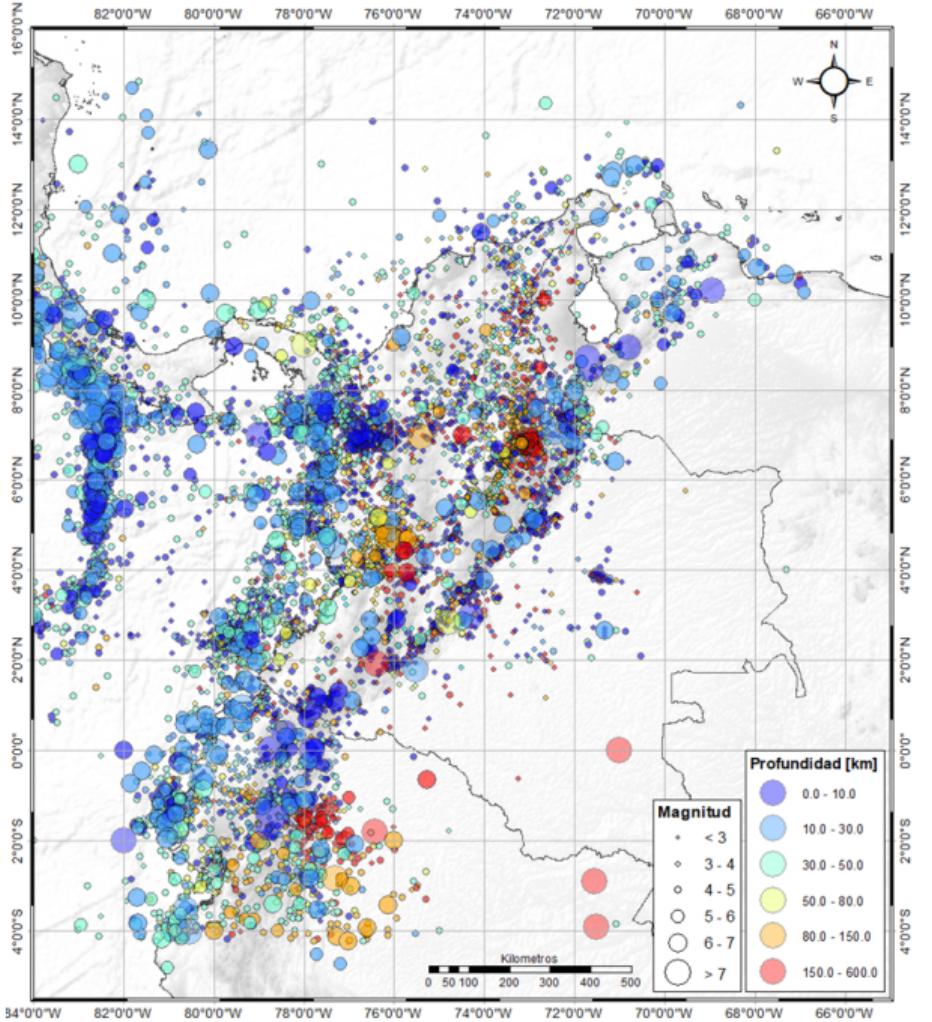
Figure 26: Señal multicanal, sensor de temblor











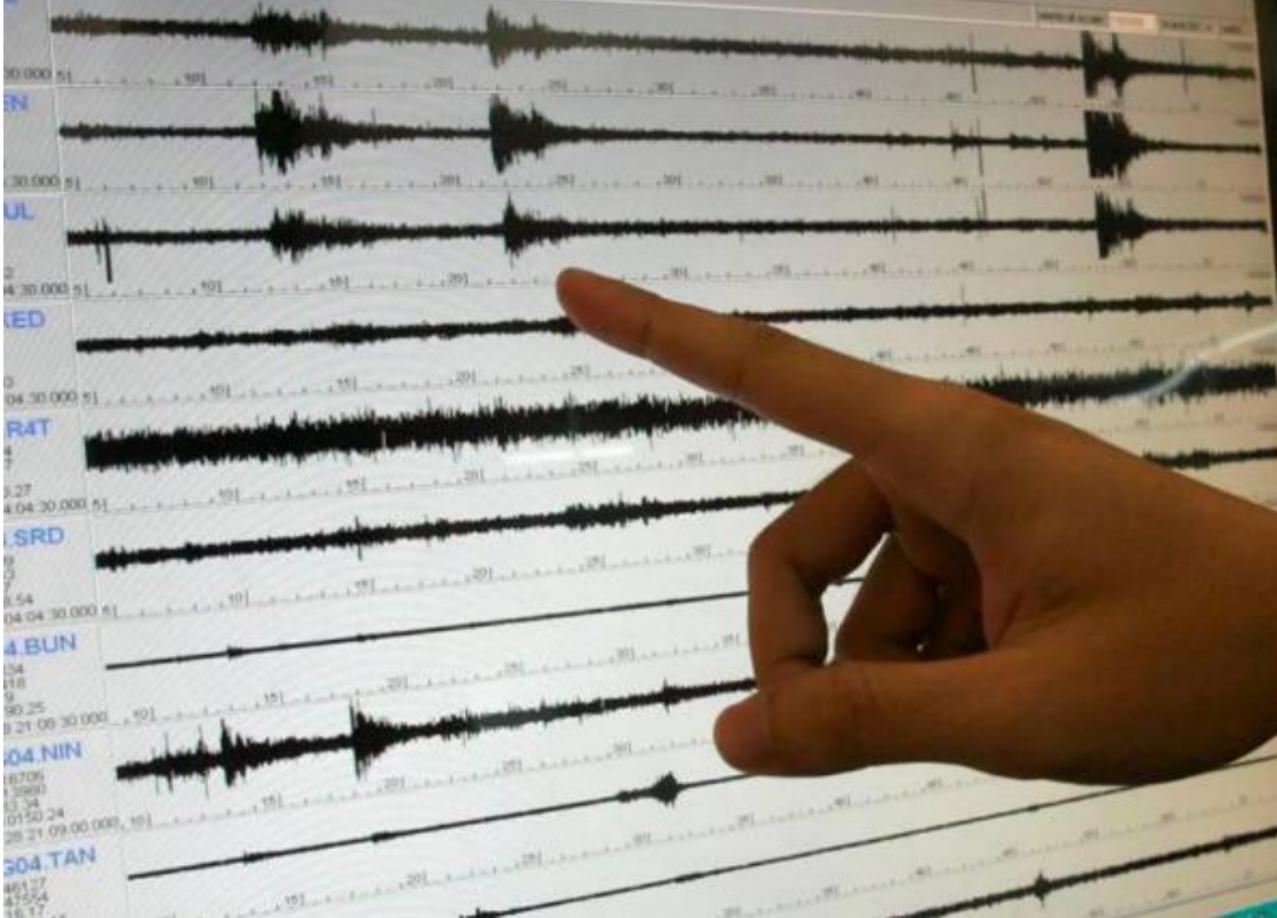
**SERVICIO
GEOLÓGICO
COLOMBIANO**

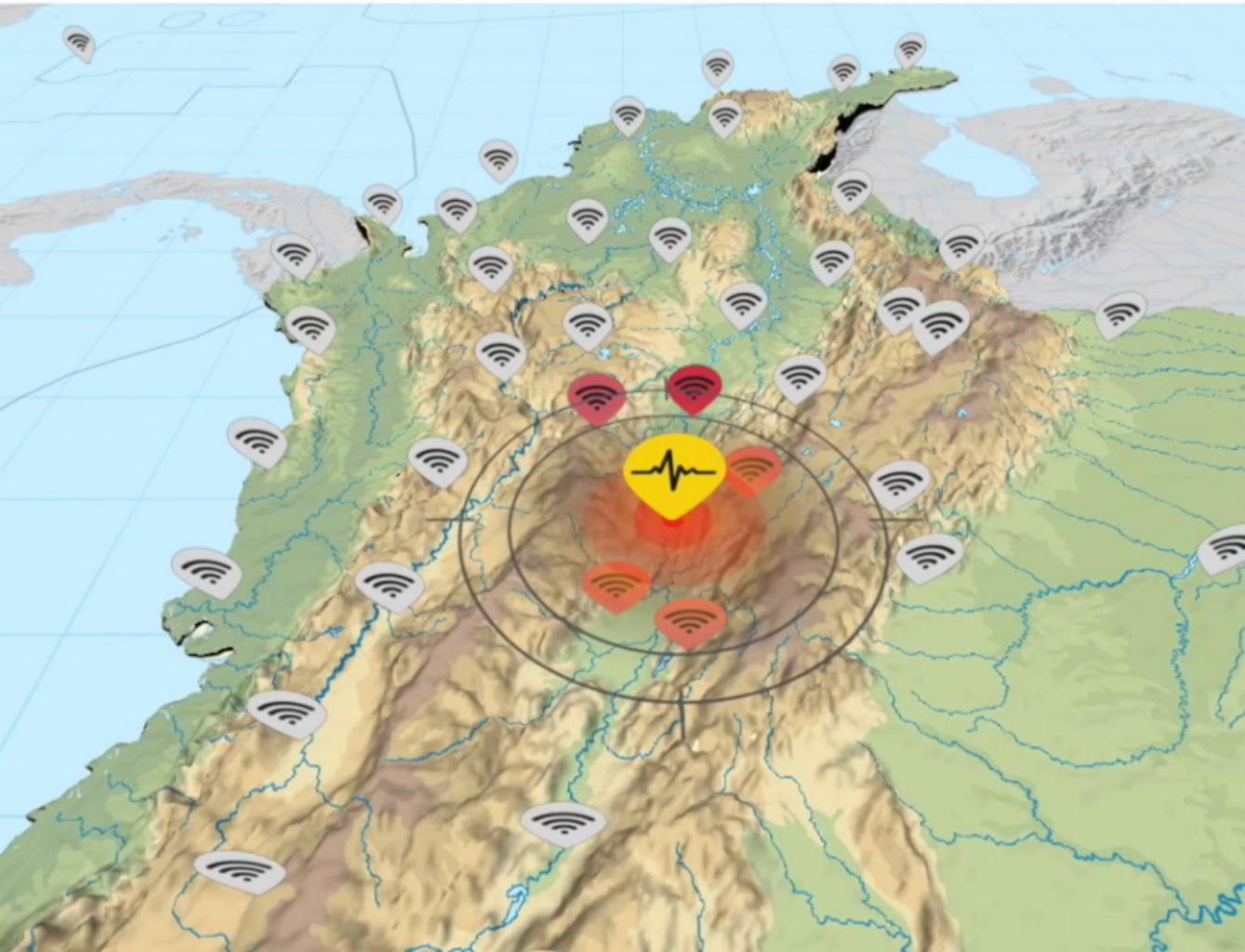




waveform - C:\Vims\bin\waveform.ini

0600 synchronize traces freeze





Las **ESTACIONES** de **MONITOREO SÍSMICO** más cercanas, registran el movimiento del suelo y

generan el **BOLETÍN PRELIMINAR 1**



















2018.11.24 10:11





#TuCuentasParaColombia

La Red Sismológica Nacional de Colombia (RSNC) y la Red Nacional de Acelerógrafos (RNAC), GeoRed y los Observatorios Vulcanológicos y Sismológicos han alcanzado en total **895 estaciones** de monitoreo superando la meta propuesta en el PND para el año 2017



INSTITUTO GEOFISICO DE LOS ANDES COLOMBIANOS

ESTACION SISMOLÓGICA





Clasificación de señales: Señales multicanal y multidimensionales

Señales multidimensionales

Son el tipo de señales que son funciones de dos o mas variables independientes.

- **Señal unidimensional:** señal que es función de una sola variable independiente.
- **Señal M -dimensional** señal que es función de M variables independientes.

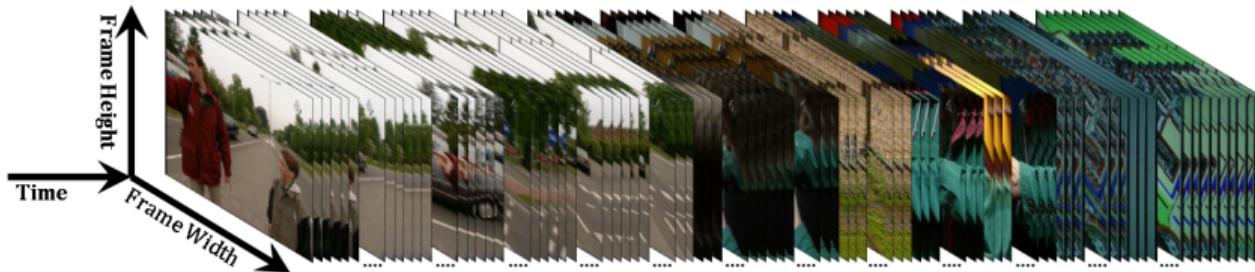
Clasificación de señales: Señales multicanal y multidimensionales

- Las imágenes digitales son ejemplo de señales que son función de dos variables independientes, las coordenadas de la imagen.
- El observable en una imagen generalmente es la intensidad o brillo del color $I(x, y)$.

Clasificación de señales: Señales multicanal y multidimensionales

En la señal de televisión la intensidad del brillo es una función de las coordenadas y el tiempo, tal cual como se observa en la siguiente ecuación:

$$\vec{s}_{\text{rgb}}(x, y, t) = \begin{bmatrix} I_r(x, y, t) \\ I_g(x, y, t) \\ I_b(x, y, t) \end{bmatrix}.$$



Clasificación de señales: Señales multicanal y multidimensionales

Una imagen RGB es una señal tanto multicanal (es la combinación de 3 canales de intensidades de color: rojo R, verde G y azul B), además de ser función de las coordenadas espacial x y y , tal cual como se muestra en la gráfica 28

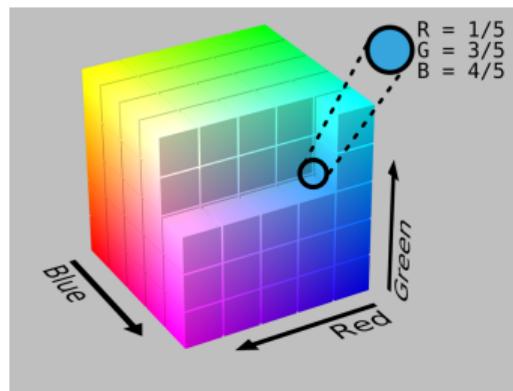


Figure 27: Formación de colores RGB

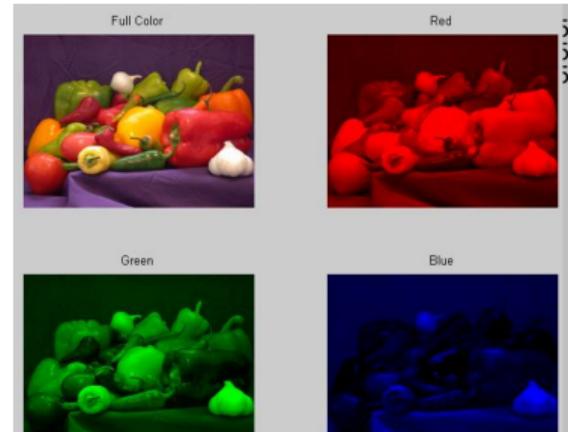


Figure 28: Imagen dividida en capas RGB

Clasificación de señales: Señales multicanal y multidimensionales



Figure 29: Barras de color SMPTE del sistema NTSC, son la barras SMPTE (Society of Motion Picture and Television Engineers asociación de ingenieros de imagen en movimiento y televisión)

Clasificación de señales: Señales acotadas en amplitud

Son señales **limitadas en amplitud**, es decir sus valores convergen (no tienden a infinito).

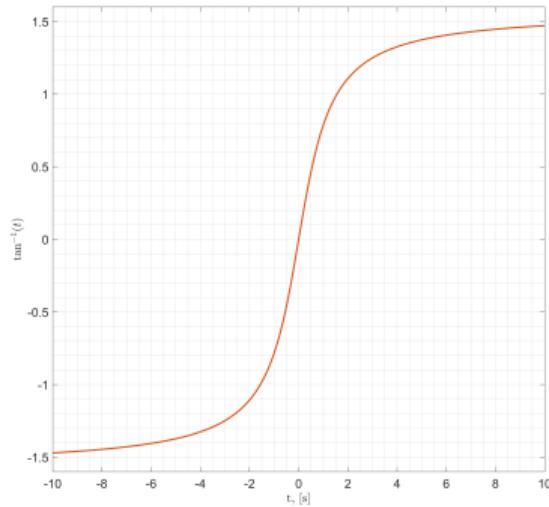


Figure 30: Señal acotada en amplitud.

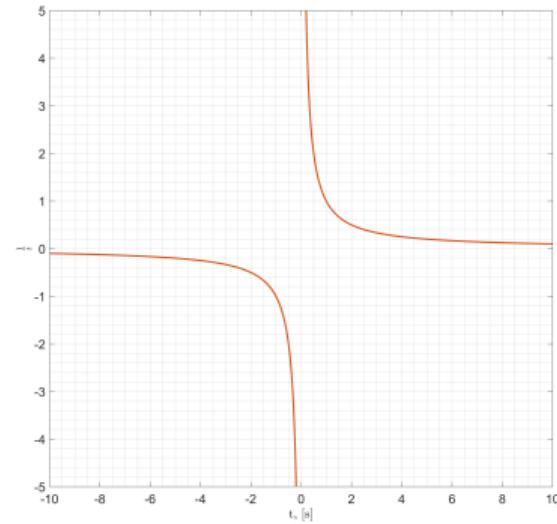


Figure 31: Señal no acotada en amplitud.

Soporte de una señal

El soporte de una señal está relacionado a su dominio en la variable independiente y la duración de la señal. El soporte se puede clasificar de acuerdo:

■ Duración:

- Compacto (acotado)
- No acotado

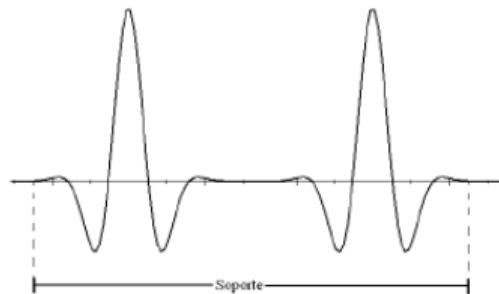


Figure 32: Señal de soporte acotado (compacto)

■ Comportamiento:

- Continuo
- Por partes

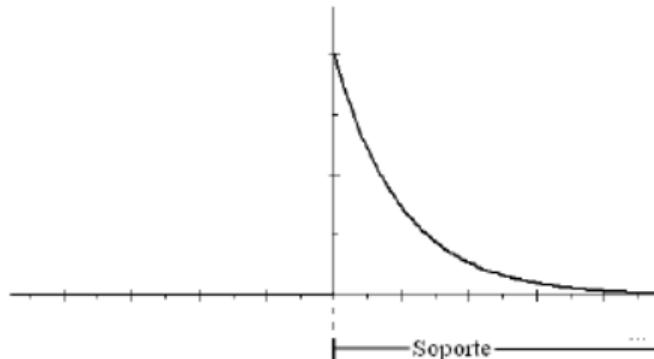


Figure 33: Señal de soporte no acotado

Soporte de una señal

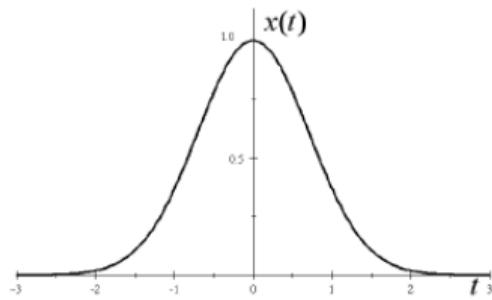


Figure 34: Señal de soporte continuo

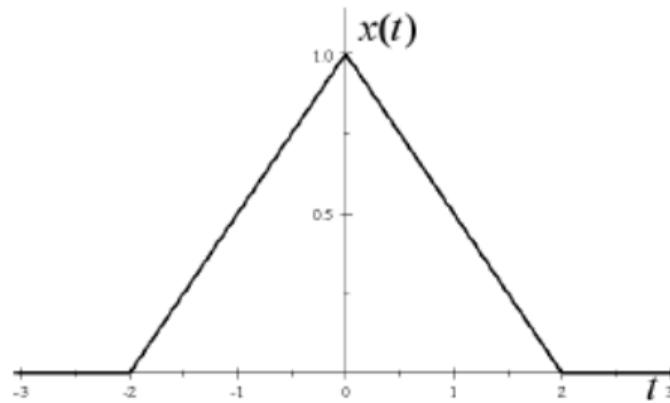


Figure 35: Señal de soporte por partes

Sistema y procesamiento de señales

Sistemas

Cualquier medio físico natural o artificial con el que la señal tenga algún tipo interacción se puede modelar mediante una estructura sistemática.

Sistemas

Los sistemas son **entidades** que **procesan** y **manipulan** una o más señales en su entrada para así **transformarlas** en señales de salida. Transforman las señales que se encuentran en la **entrada**, en señales de salida deseadas, denominadas **respuestas**.

Sistemas

- Realizan operaciones sobre las señales
- Los sistemas se representan mediante **modelos matemáticos** del proceso físico que ocurre en él
- Para caracterizarlos es necesario determinar una relación de entrada-salida.
- Los sistemas pueden ser dispositivos físicos representados por **operadores matemáticos**
- La señal que será procesada se denomina *excitación del sistema* o simplemente señales de entrada
- La señal procesada se denomina *salida del sistema* o respuesta.

Sistemas

En la figura 36 se puede observar una representación común de sistemas mediante diagrama de bloques.

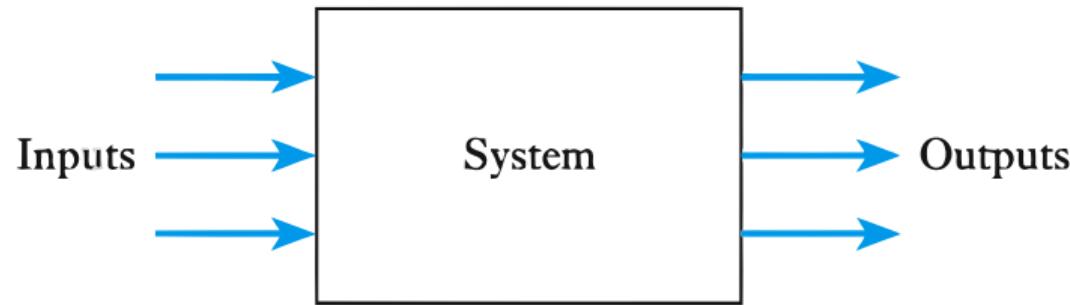


Figure 36: Sistema de múltiples entradas y salidas

Procesamiento de señales

Procesamiento de señales

Procesamiento de señales

Aplicación de *técnicas* y *herramientas* que transforman y adecuan **señales**, de tal manera que estas cumplan las características necesarias de acuerdo a sus funcionalidades.

Tipos de manipulación de una señal:

- El filtrado
- La interpolación
- La ecualización de la señal
- La amplificación, modulación y codificación
- La conversión de dominio de la variable independiente (*sampling* o transformación al dominio espectral).

Procesamiento de señales

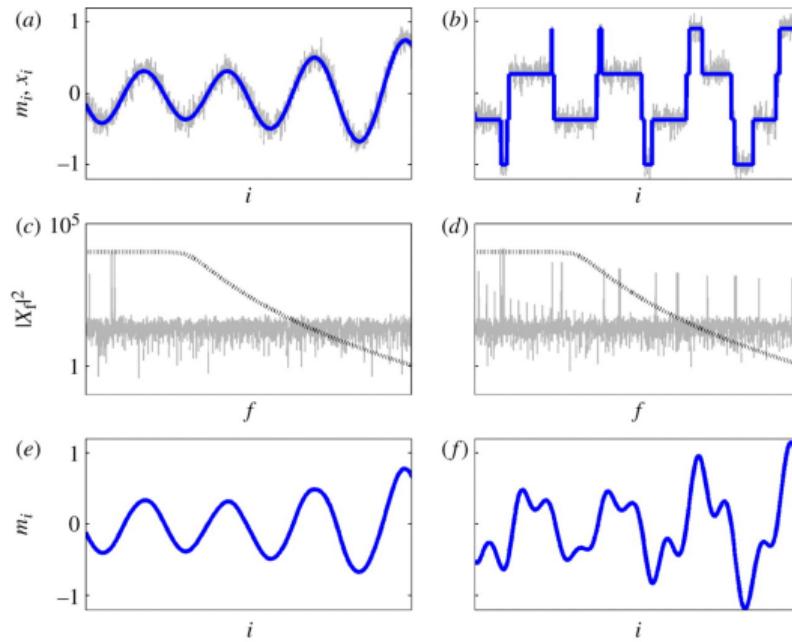


Figure 37: Filtrado de dos señales ruidosas.

Aplicaciones del Procesamiento digital de señales



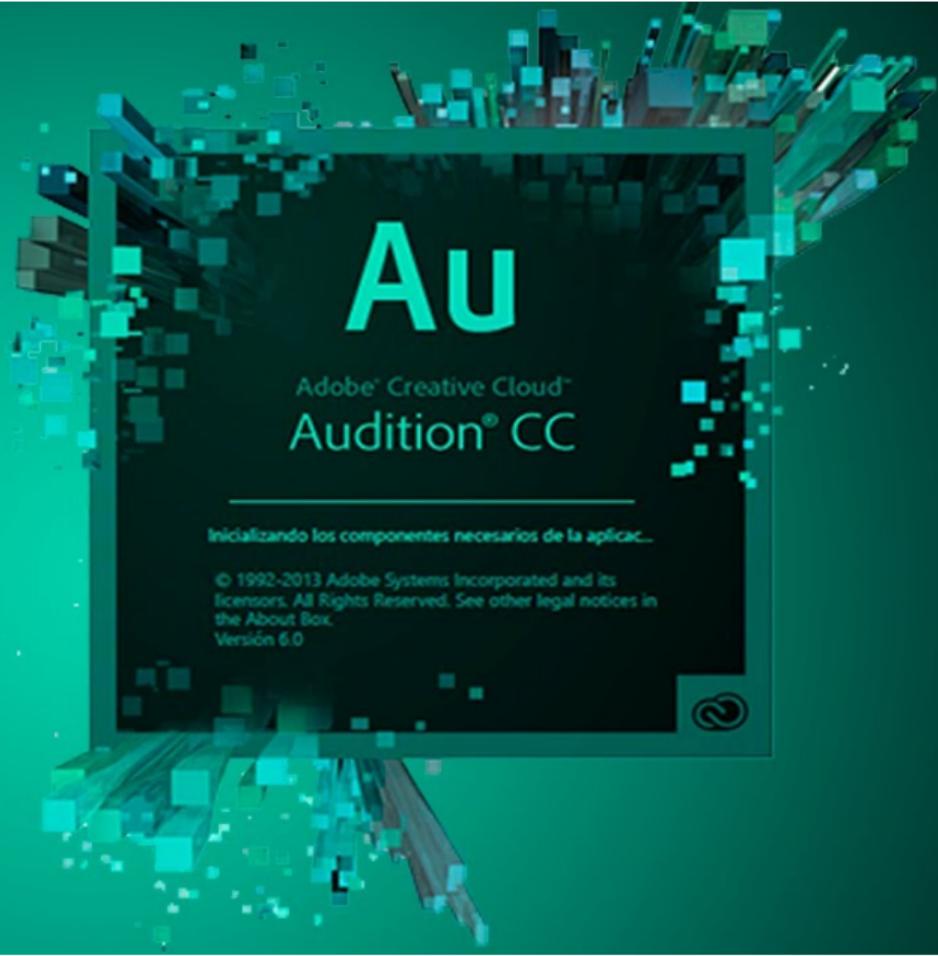
Figure 38: Digital audio processing software CDSVAN.







ADOB E AUDIT ION CC



Adobe Audition

File Edit Clip Effects Favorites View Window Help

Waveform Multitrack

Editor: ASP-304 sessx+ Mixer

Default Edit Audio to Video Radio Production Search Help

Name Status Duration

- ES_Burn_0d 44100 1.wav 1:37.470
- 200M0006.ThuL.WAV 1:33.736
- Spacech_36 44100 1.wav 1:25.024
- esp304-v3_outwavev 0:39.811
- Human_01 44100 1.wav 0:10.955
- Compute_7 44100 1.wav 0:03.711
- Games_13 44100 1.wav 0:03.566
- AirComp_58 44100 1.wav 0:03.360
- ES_Grap.er 44100 1.wav 0:02.549
- SD-FL_7111 44100 1.wav 0:01.568
- SD-FL_7197 44100 1.wav 0:01.204
- Magic_442 44100 1.wav 0:01.139
- Button_B_97 44100 1.wav 0:00.197

Properties Effects Rack Match Loudness

Match Loudness Settings

Name Status Stage ITU

Drag and drop supported media files here

Match To: ITU-R BS.1770-3 Loudness

Target Loudness: -19 LUFS
Tolerance: 0.5 LU
Max True Peak Level: -1 dBTP
 Use True Peak Limiting
Look-Ahead Time: 12 ms
Release Time: 200 ms

Export Export Settings Undo Redo

History

Open Move Track

Move Track

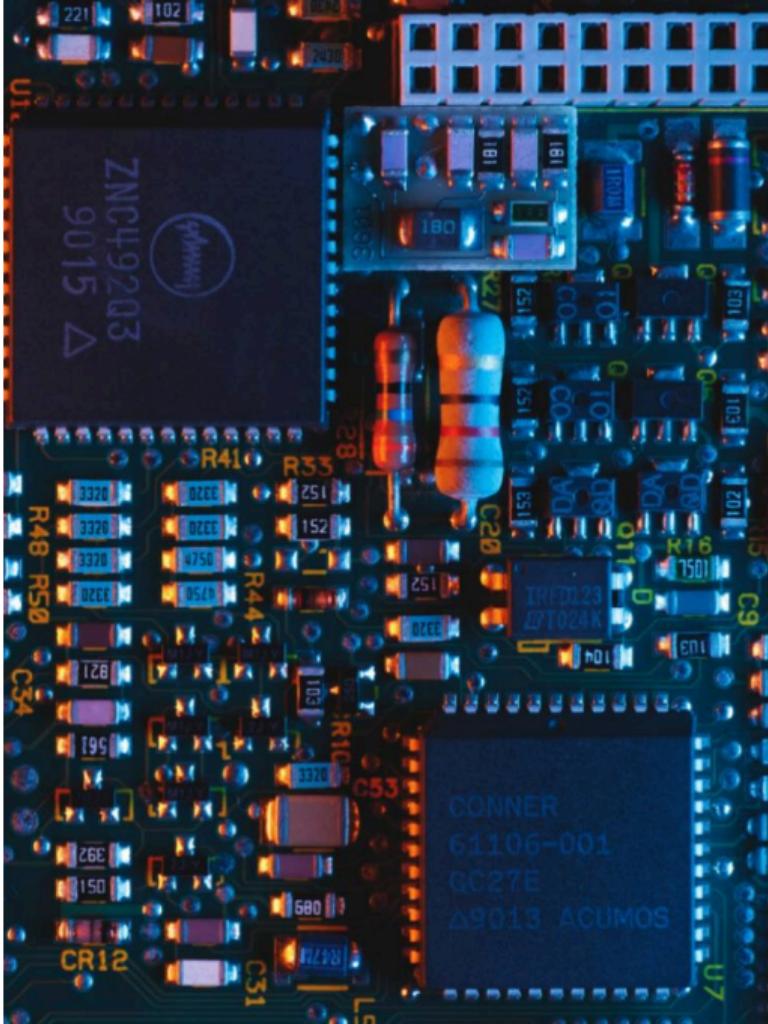
Move Track

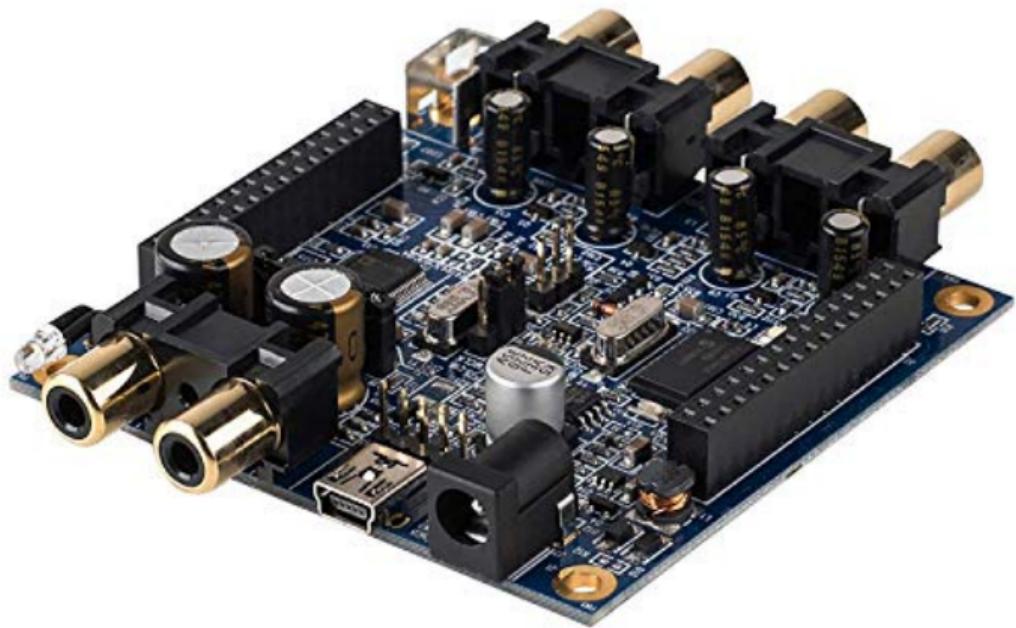
2:15.193

Levels Selection/View

Start End Duration

Selection 2:15.193 2:15.193 0:00.000









SETTINGS ▾

VIEW

INPUT TYPE

KEY

SCALE

AUTO-TUNE PRO

ADVANCED

ALTO/TENOR ▾

D#

CHROMATIC

AUTO

GRAPH

CLASSIC

FORMANT

THROAT

105

TRANSPOSE

0

DETUNE

440.0 Hz

TRACKING

50



RETUNE SPEED 15



FLEX-TUNE 55



HOLD



NATURAL VIBRATO -3.0



HUMANIZE 21

CREATE VIBRATO

SHAPE

(NO VIBRATO) ▾

RATE

5.5

ONSET DELAY

500

ONSET RATE

500

VARIATION

20

PITCH.AMT.

18

AMPLITUDE A.MT.

10

FORMANT A.MT.

70

SET MAJOR

SET MINOR

SET ALL

BYPASS ALL

REMOVE ALL

MIDI

TARGET NOTES

LEARN SCALE

ALL OCTAVES

TARGETING

IGNORES VIBRATO

◀ ▶

D#

E

F

F#

G

G#

A

A#

B

C

C#

D

CENTS

0

100

200

300

400

500

600

700

800

900

1000

1100

BYPASS

KEYBOARD EDIT

REMOVE

BYPASS

KEYBOARD MODE

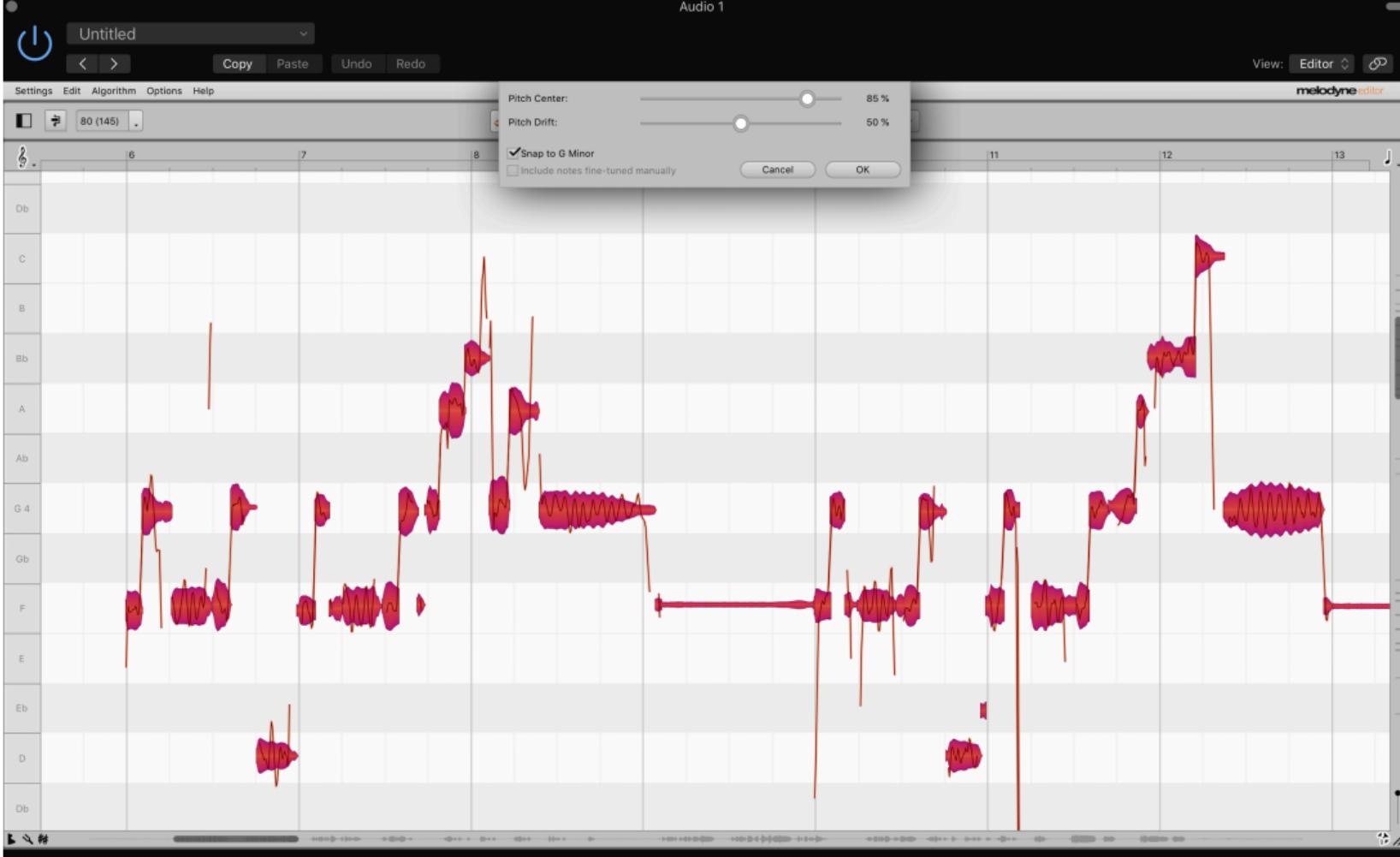
LATCH

MOMENTARY









Aplicaciones del Procesamiento digital de señales

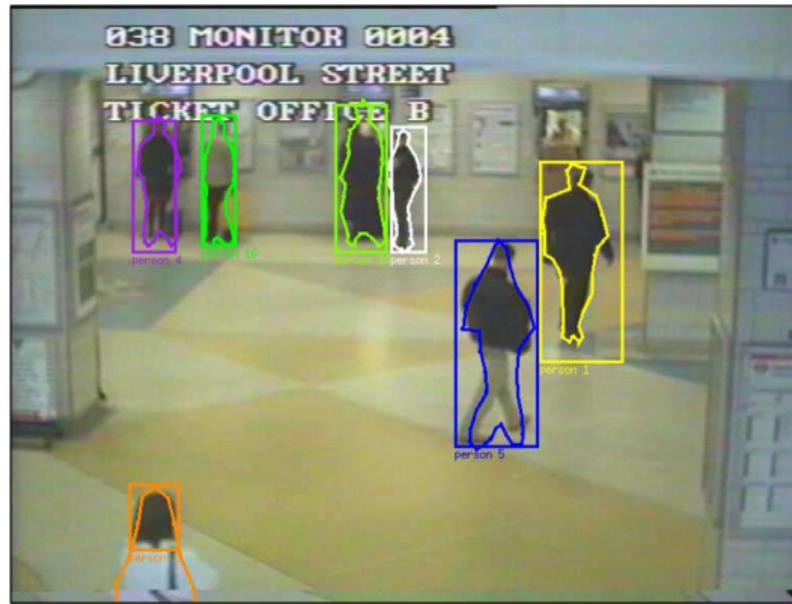
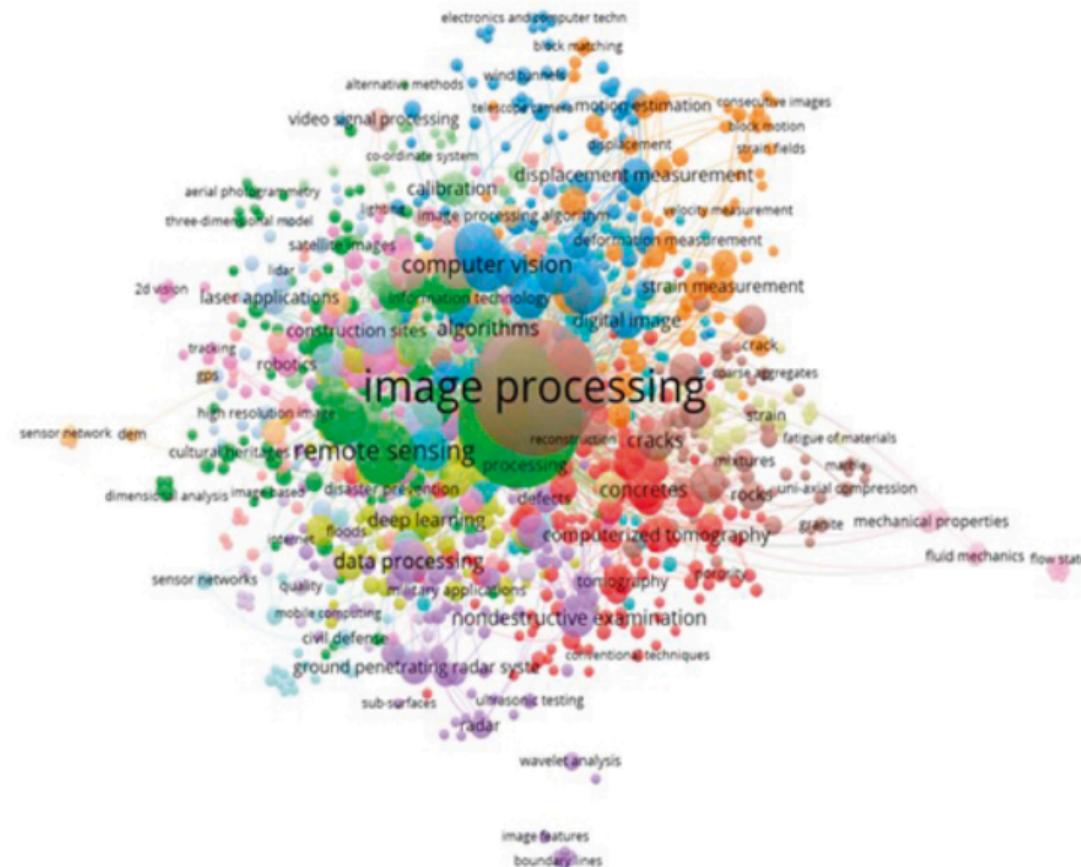


Figure 39: Sistema cerrado de video con reconocimiento de personas

3-d videos







Original



X-Pro II



Lomo-fi



Earlybird



Sutro



Toaster



Brannan



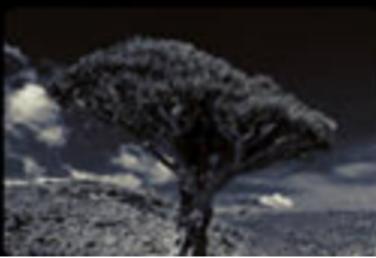
Inkwell



Walden



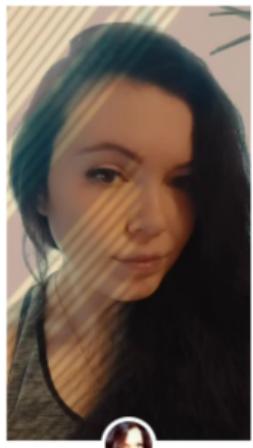
Hefe



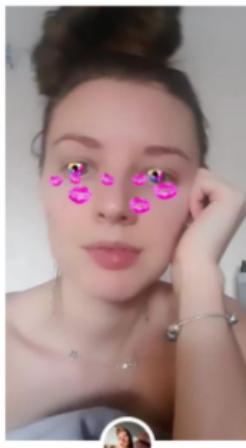
Standard



pancake_monke



Dasha



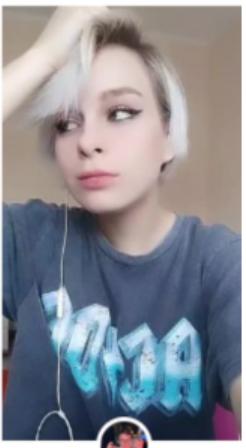
Ирина Павлова



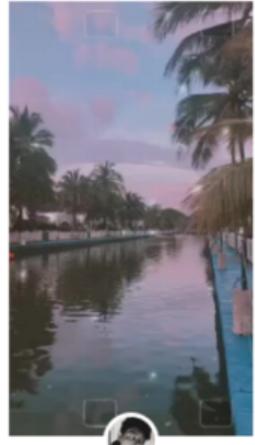
Anon A Mister



13



luca venturelli 😊髭



404
NOTFOUND





Aplicaciones del Procesamiento digital de señales

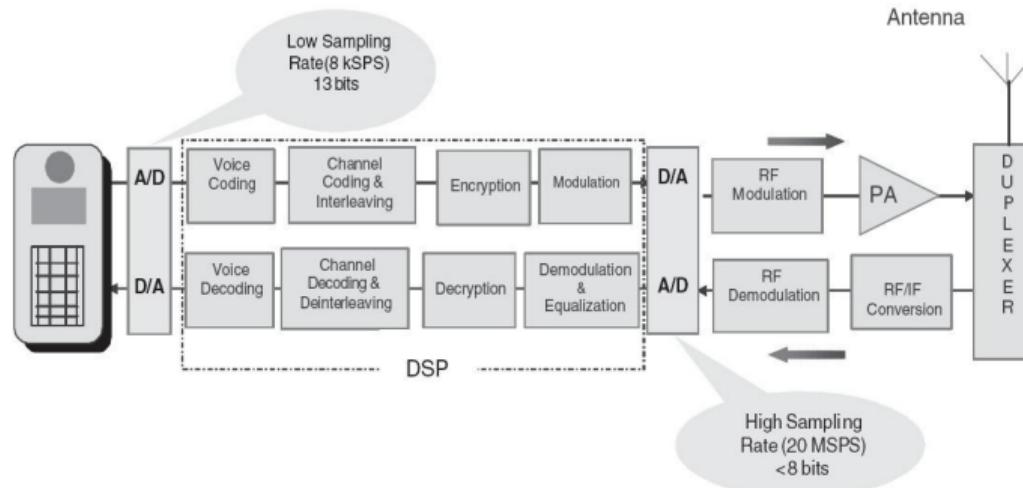


Figure 40: Diagrama de bloques de procesamiento en un dispositivo móvil celular

Aplicaciones del Procesamiento digital de señales

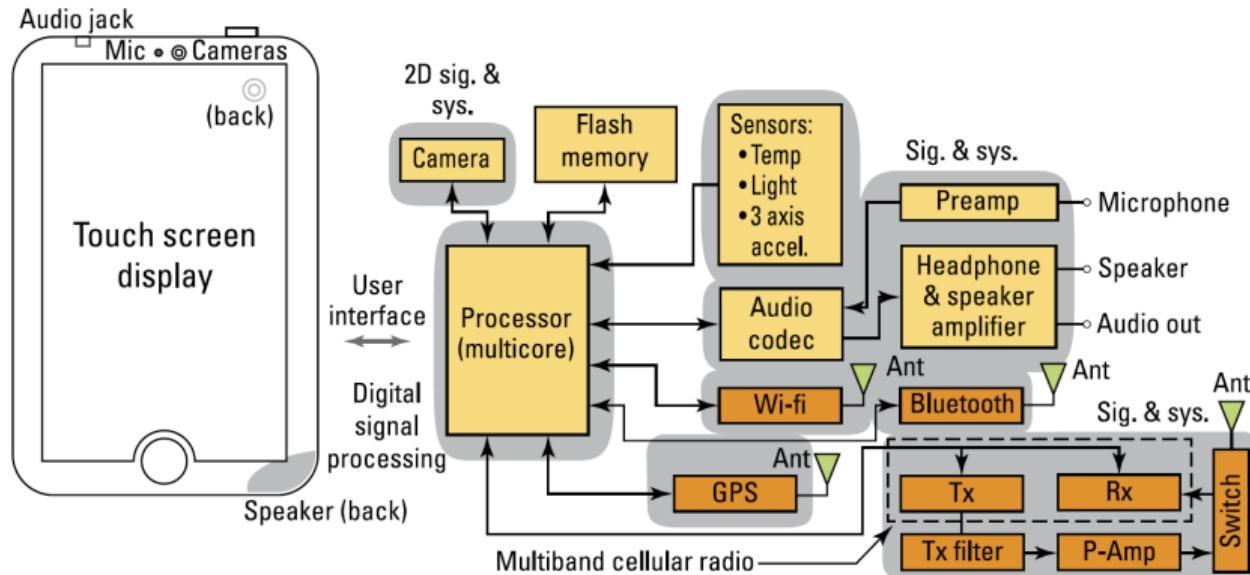


Figure 41: Diagrama de bloques de un teléfono inteligente.

Aplicaciones del Procesamiento digital de señales

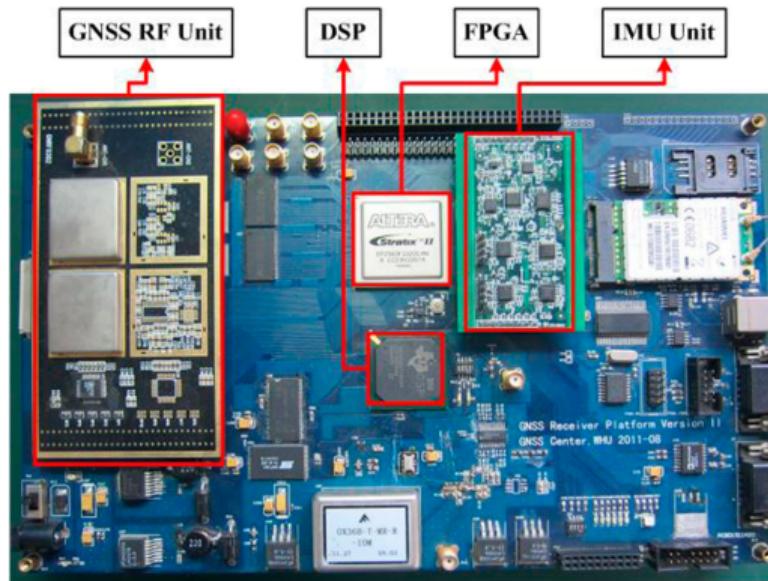
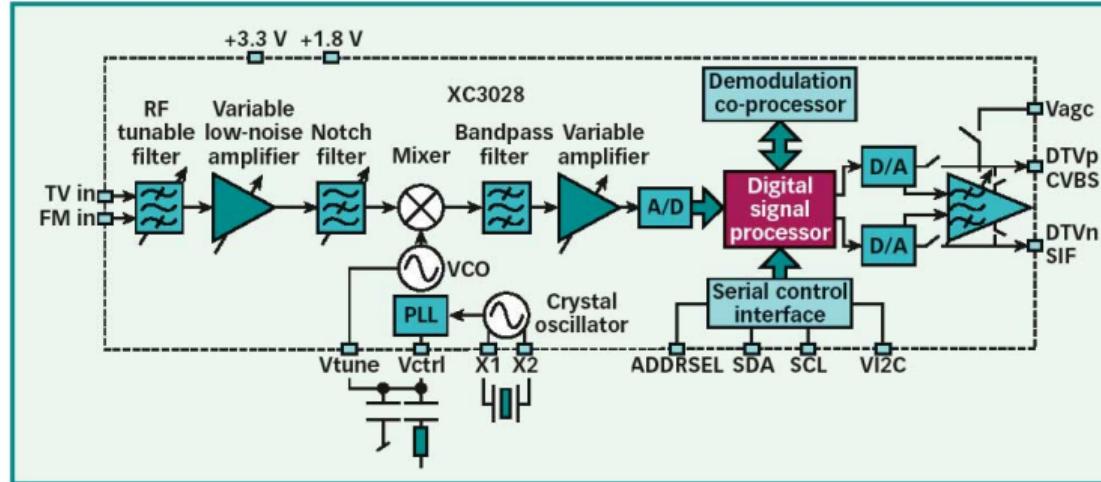


Figure 42: Implementación de bloque DSP en un receptor GNSS

Aplicaciones del Procesamiento digital de señales



3. This block diagram shows the essential components of the XC3028, including its wideband active filters, crystal oscillator, PLL, and on-chip DSP.

Figure 43: Sistema PLL digital

Aplicaciones del Procesamiento digital de señales

Procesamiento de imágenes	Instrumentación/control	Voz/Audio	Militar
Reconocimiento de patrones	Análisis espectral	Reconocimiento de voz	Seguridad en comunicaciones
Visión artificial	Reducción de ruido	Síntesis de voz	Procesamiento radar
Mejora de la imagen	Comprensión de datos	Texto a voz	Procesamiento sonar
Reconocimiento de rostros	Posición y cambios (velocidades)	Audio digital	Misiles guiados
Animación	Control	Ecualización	

Table 3: Aplicaciones del procesamiento digital de señales.

Preguntas de capítulo

Preguntas de capítulo

- 1 ¿Qué es una señal?
- 2 ¿Qué es una función?
- 3 ¿Por qué es importante tener clara la representación de señales?
- 4 ¿Qué es la representación analítica de señales?
- 5 ¿Qué es la representación gráfica de señales?
- 6 ¿Qué son las señales de tiempo continuo?
- 7 ¿Qué son las señales de tiempo discreto?
- 8 ¿Qué diferencia hay entre señales de tiempo continuo y tiempo discreto?
- 9 ¿Qué diferencia hay entre señales de amplitud continua y amplitud discreta?
- 10 ¿Qué es una señal cuantificada en amplitud?
- 11 ¿Qué características tienen las señales análogas?
- 12 ¿Qué características tienen las señales digitales?
- 13 ¿Cuales son las señales determinísticas? De ejemplos.
- 14 ¿Qué significa la sigla AWGN y por qué es importante?
- 15 ¿Qué tipos de soportes de señal existen? Defina cada uno.
- 16 ¿Qué es un sistema?
- 17 ¿Cuáles son los elementos de un sistema?

¡Muchas gracias por su atención!

¿Preguntas?



Contacto: Marco Teran
webpage: marcoteran.github.io/
e-mail: marco.teran@usa.edu.co

