



Departamento
de Tecnología Médica

FACULTAD DE MEDICINA
UNIVERSIDAD DE CHILE



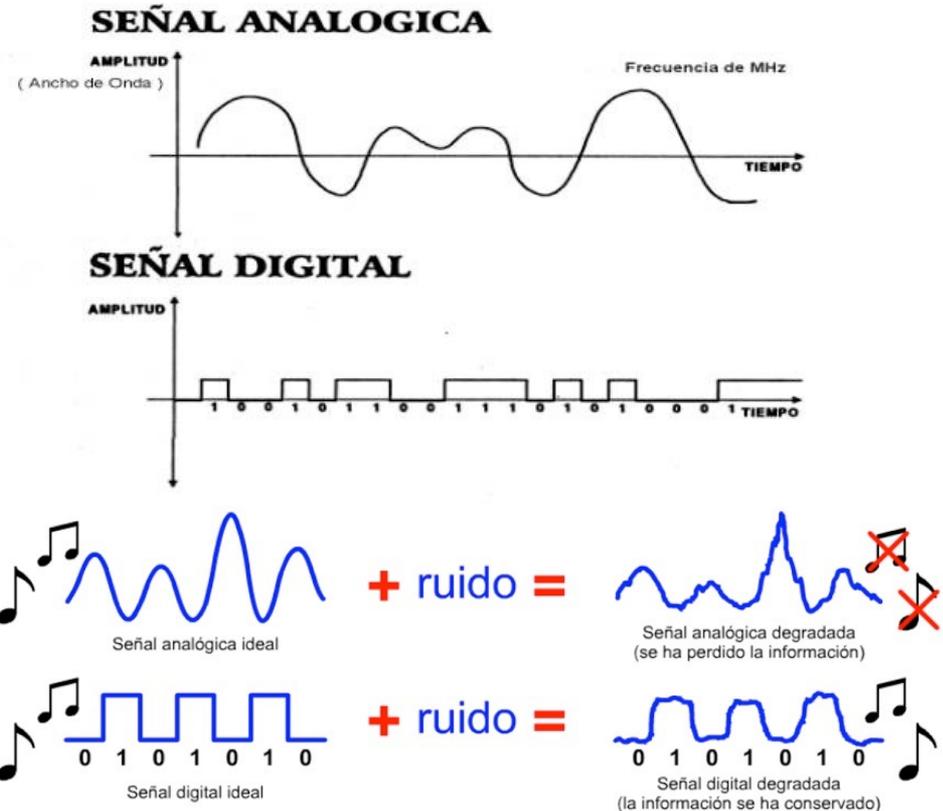
Theory of signals

Dr. Victor Castaneda
Assistant Professor
Medical Technology Department



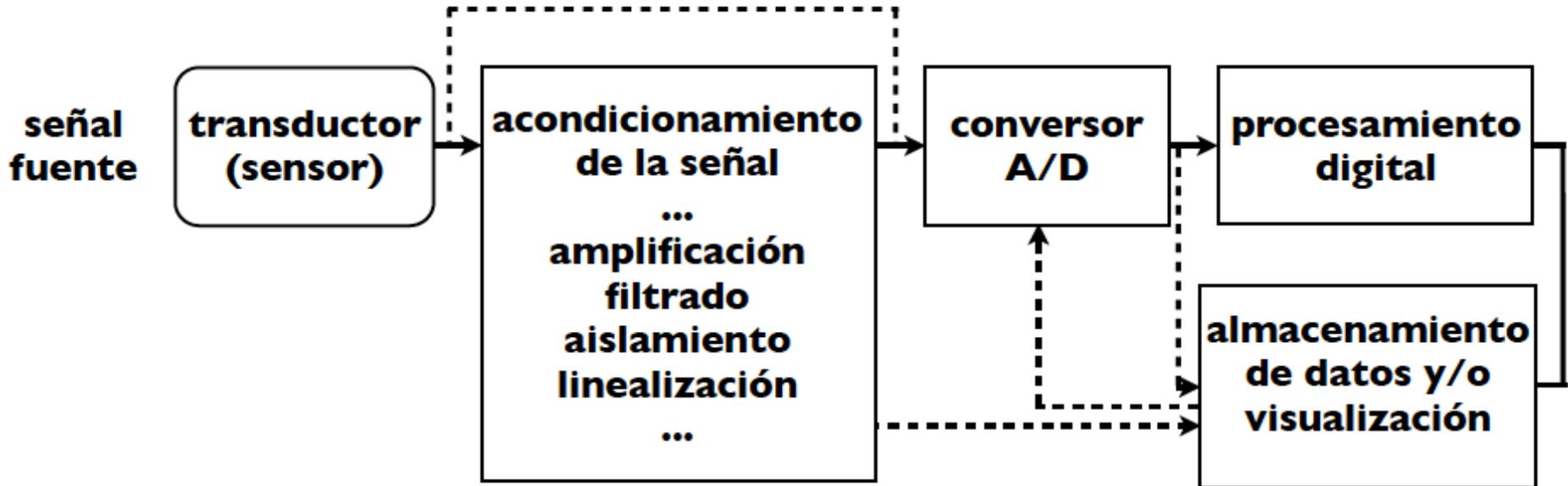
Analógico/Digital

- Señal Analógica:
 - Señal eléctrica que proviene de un sensor
 - Tiene ruido
 - Se atenúa
- Señal Digital:
 - Señal eléctrica codificada en 0 y 1
 - Se puede transmitir sin tener pérdidas de información
 - Se pierden las altas frecuencias
 - Muestreo 10 mayor que frecuencia máxima a representar (para mantener calidad)





Como entiende un Computador





Departamento
de Tecnología Médica

FACULTAD DE MEDICINA
UNIVERSIDAD DE CHILE



Introducción

- La RAE define el término “*Digital*” de la siguiente manera:
 - “*Que suministra los datos mediante dígitos o elementos finitos o discretos*”.
- Sin embargo, nuestros equipos generadores de imágenes y detectores en general producen información analógica, por lo que es necesario transformar dicha información en formato “*Digital*”.



Departamento
de Tecnología Médica

FACULTAD DE MEDICINA
UNIVERSIDAD DE CHILE



Introducción

- ¿Cómo podemos representar información analógica (continua) de forma digital (finita)?
- La respuesta es mediante un lenguaje binario, en el cual las computadoras y procesadores manejan información mediante elementos denominados “*bits*” (binari digits)





Sistema Binario

- Consta de sólo dos dígitos, 0 y 1, los procesadores utilizan distintas combinaciones de estos dos dígitos para representar números del sistema decimal, letras, etc.

DECIMAL	BINARIO
0	0
1	1
2	10
3	11
4	100
5	101
6	110
7	111
8	1000
9	1001
10	1010



Sistema Binario

- Veamos un ejemplo:



$$(1 \times 2^9) + (0 \times 2^8) + (1 \times 2^7) + (0 \times 2^6) + (0 \times 2^5) + (1 \times 2^4) + (1 \times 2^3) + (0 \times 2^2) + (1 \times 2^1) + (0 \times 2^0)$$

$$(1 \times 512) + (1 \times 128) + (1 \times 16) + (1 \times 8) + (1 \times 2)$$

666



Departamento
de Tecnología Médica

FACULTAD DE MEDICINA
UNIVERSIDAD DE CHILE



Sistema Binario

- Normalmente se pueden agrupar *bits* en una unidad llamada “*Byte*” donde:
 - 1 Byte = 8 Bits, de los cuales 7 son de información y 1 de control.
- Los bits también pueden agruparse en palabras, donde el número de bits por palabra depende del tipo de computador utilizado.
- Lo más común es entre 32 y 64 bits por palabra.



Departamento
de Tecnología Médica

FACULTAD DE MEDICINA
UNIVERSIDAD DE CHILE



Sistema Binario

- Al momento de almacenar información debemos conocer por cuantos bits está compuesto el elemento de almacenamiento.
- Al respecto podemos afirmar que N bits tiene 2^N posibles configuraciones, y pueden representar desde 0 hasta 2^N-1 números enteros.
 - 10101, esta formado por 5 bits.
 - Con 5 bits podemos representar 32 posibles combinaciones.
 - El número más grande que se puede representar con 5 bits es 31 (11111).



Departamento
de Tecnología Médica

FACULTAD DE MEDICINA
UNIVERSIDAD DE CHILE

Conversión Análogo-Digital



- Existen dispositivos capaces de convertir una señal analógica, como el sonido, luz o un espectro de Rayos x y transformarlos en señales digitales basadas en pulsos eléctricos codificados como dígitos binarios.
- A estos dispositivos se les conoce como conversores análogo-Digital o CAD's (ADC/DAC)



Departamento
de Tecnología Médica
FACULTAD DE MEDICINA
UNIVERSIDAD DE CHILE

Conversión Análogo-Digital



- Ejemplo:





Departamento
de Tecnología Médica

FACULTAD DE MEDICINA
UNIVERSIDAD DE CHILE

Conversión Análogo-Digital



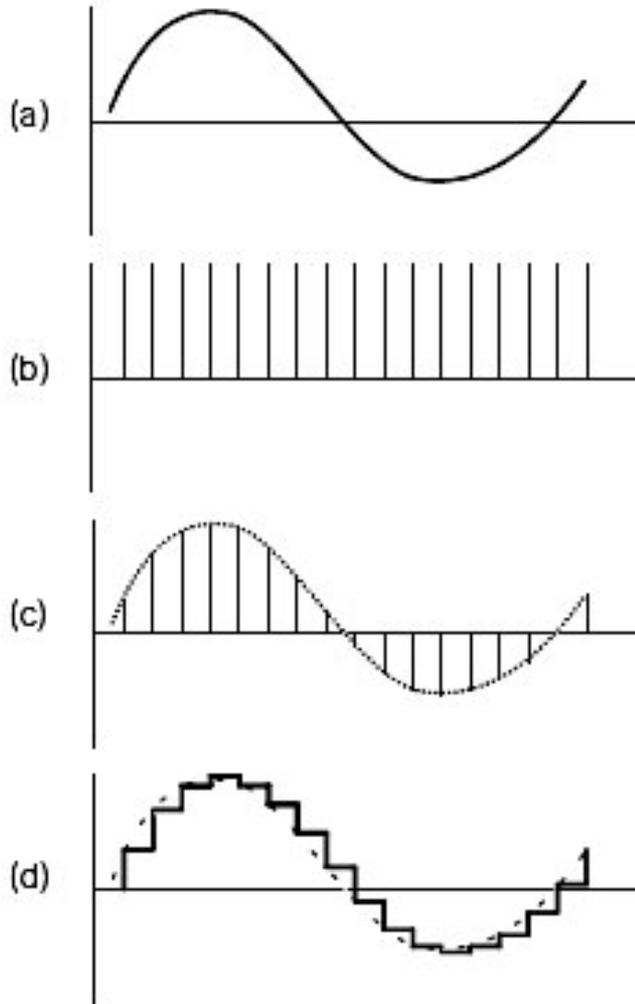
- Estos elementos (CAD's) deben ser capaces de convertir una señal continua a lo largo del tiempo.
- Sin embargo no es posible convertir una señal analógica a digital en un momento "x" aleatorio, es decir, necesitamos discretizar la información.



Departamento
de Tecnología Médica

FACULTAD DE MEDICINA
UNIVERSIDAD DE CHILE

Conversión Análogo-Digital



Al momento de discretizar distinguimos
2 pasos principales:

* Muestreo o Sampling

* Cuantización



Departamento
de Tecnología Médica

FACULTAD DE MEDICINA
UNIVERSIDAD DE CHILE

Conversión Análogo-Digital



- Un conversor análogo digital se caracteriza por tener una tasa de muestreo y un número de bits de salida.
- Las aplicaciones en radiología digital requieren, para obtener una adecuada calidad de muestreo y cuantización, con una alta tasa de muestreo y una gran profundidad de bits.
- La tasa de muestreo se mide en kHz mientras que la cuantización en número de bits.



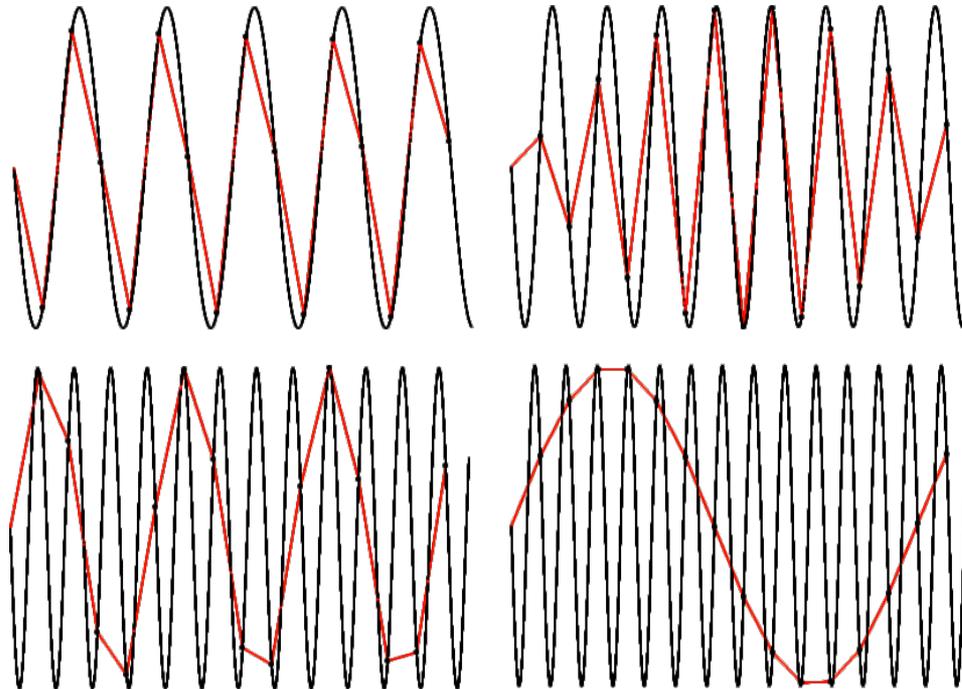
Departamento
de Tecnología Médica

FACULTAD DE MEDICINA
UNIVERSIDAD DE CHILE

Conversión Análogo-Digital



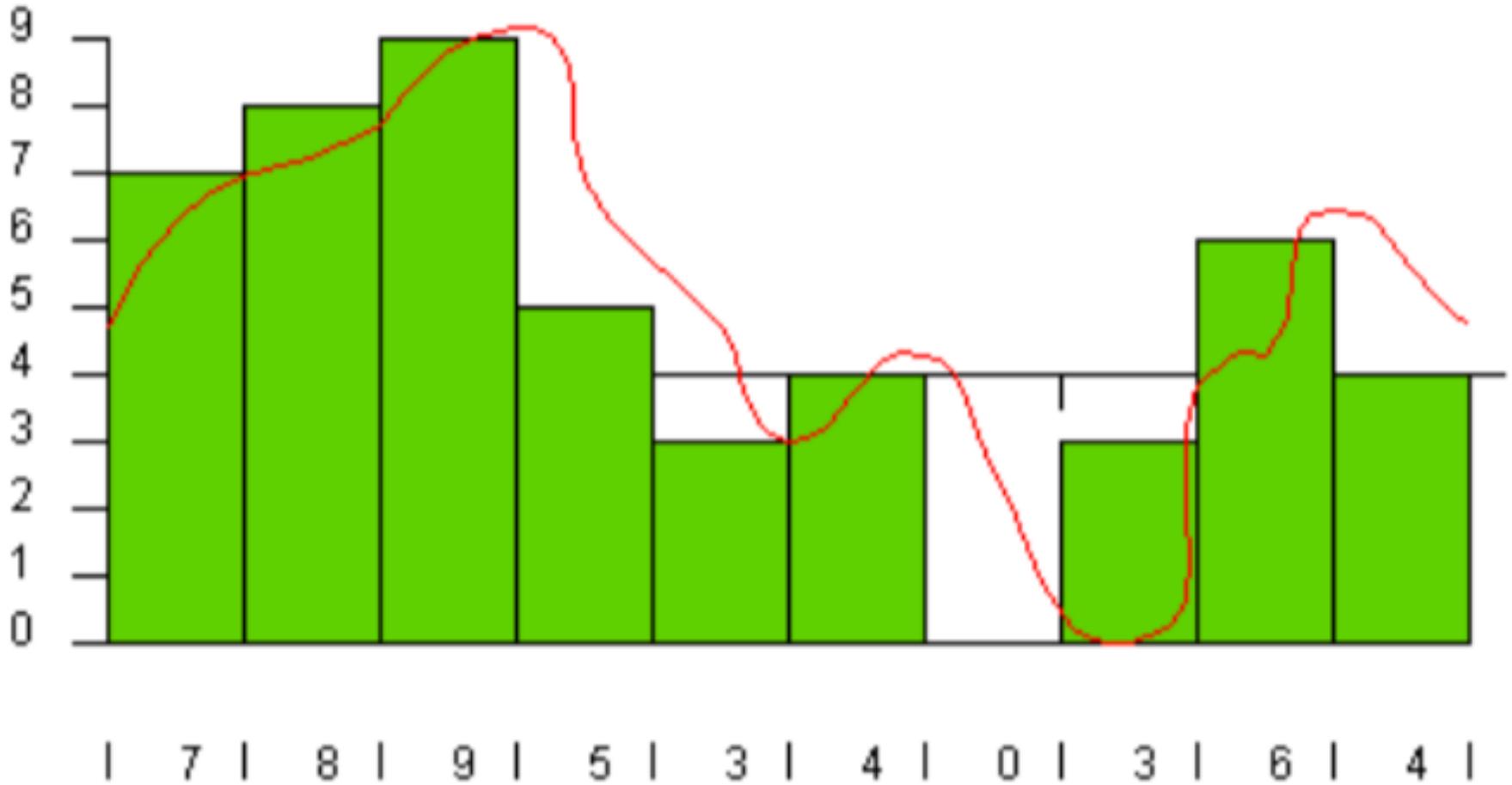
- Los conversores análogo-digital tienen una desventaja intrínseca que es la pérdida de información, que se produce al discretizar una señal analógica.





Departamento
de Tecnología Médica

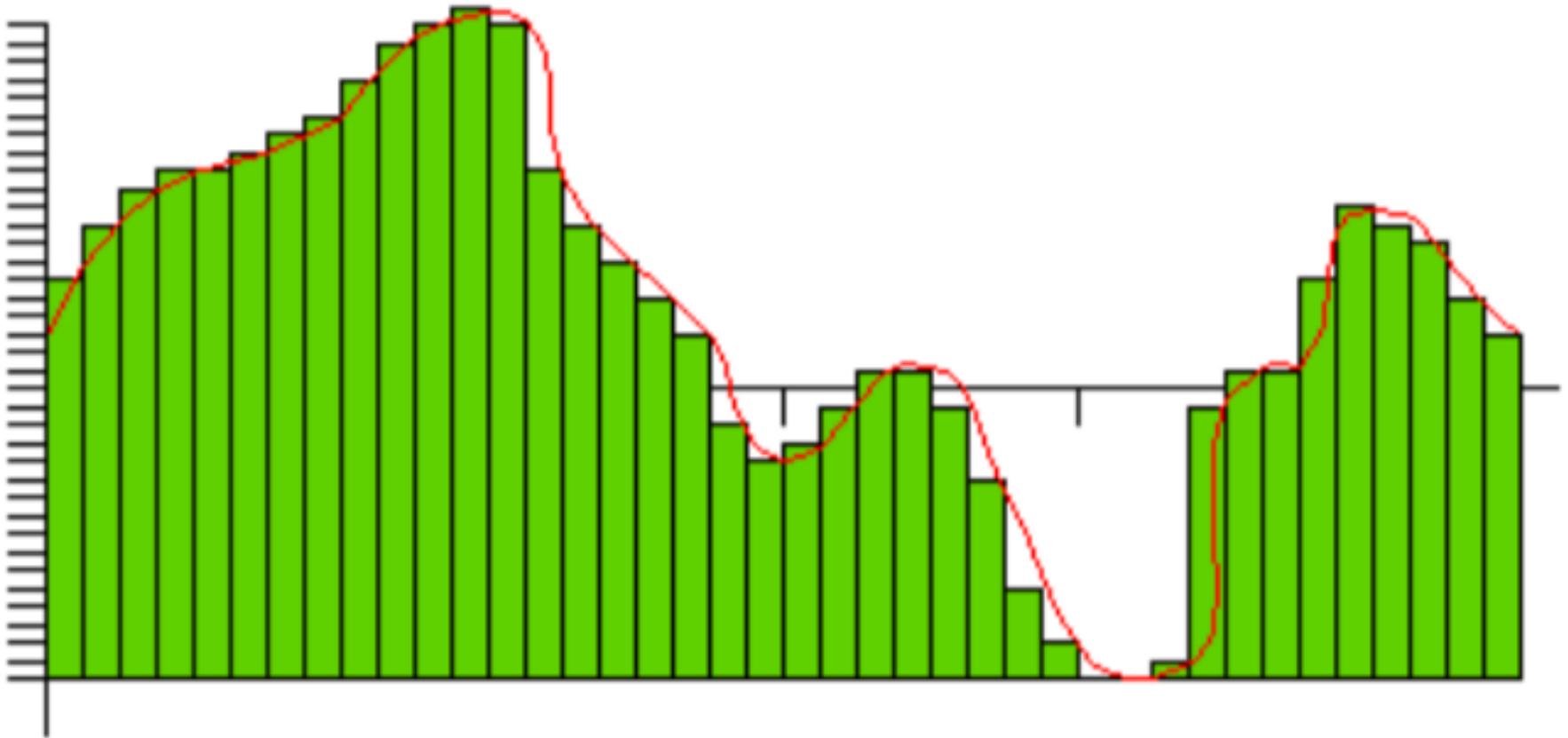
FACULTAD DE MEDICINA
UNIVERSIDAD DE CHILE

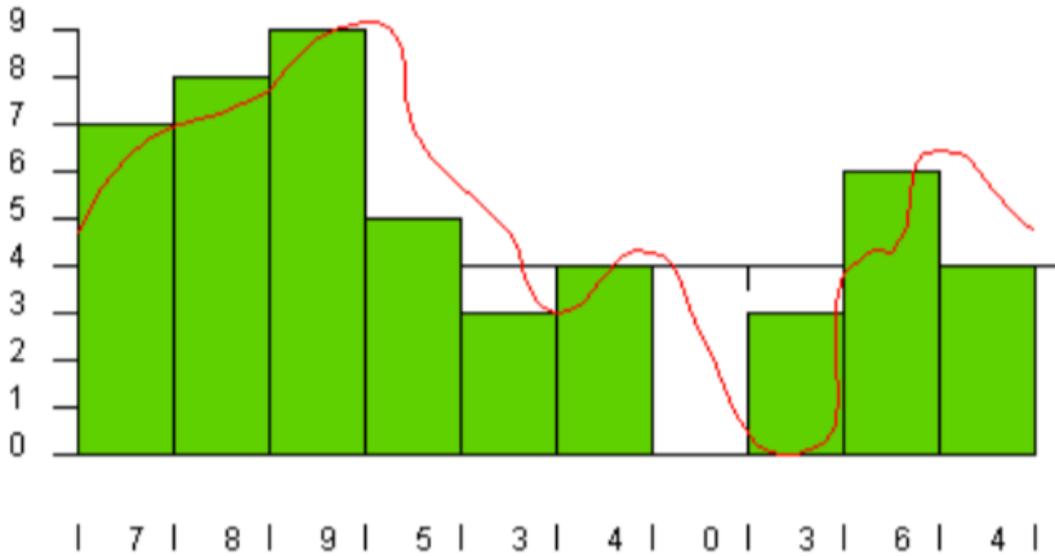




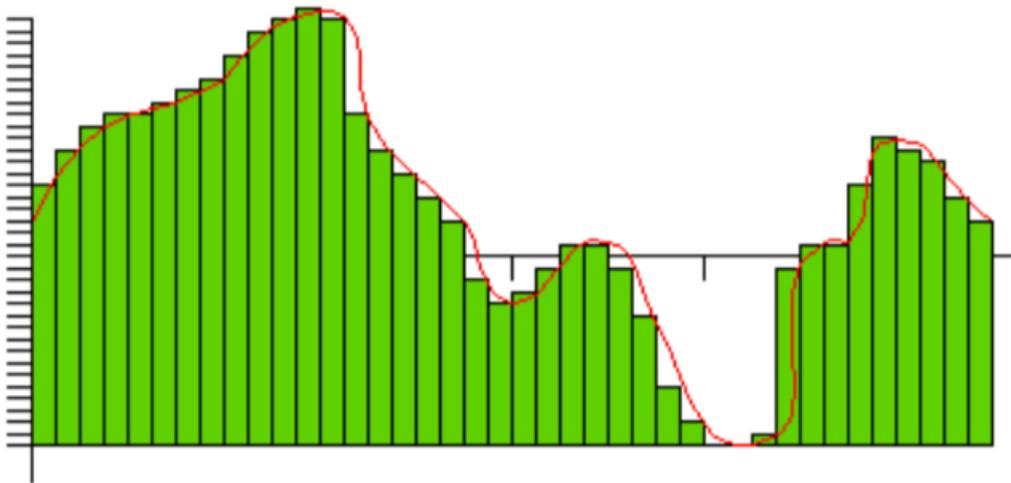
Departamento
de Tecnología Médica

FACULTAD DE MEDICINA
UNIVERSIDAD DE CHILE





¿Cuál representa de mejor manera la onda analógica?
¿Por qué?





Precisión

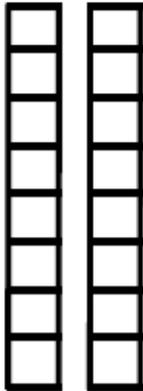
Bits de adquisición

8 bits
(1 byte)



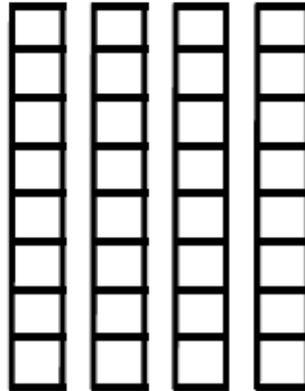
256
valores

16 bits
(2 bytes)



65536
valores

32 bits
(4 bytes)



4.2950e+09
valores

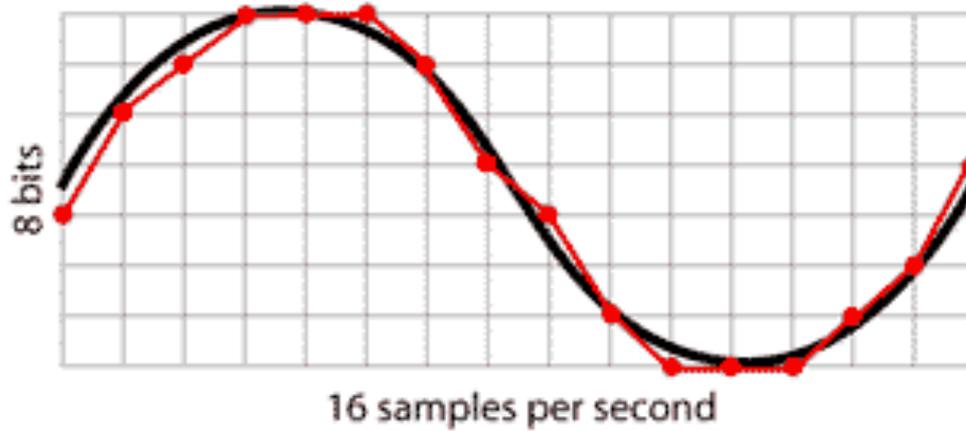
0.00001233862713	spacing = 0.00000000000091
0.00001233862804	(1 part in 13 million)
0.00001233862895	
0.00001233862986	
⋮	
1.000000000	spacing = 0.000000119
1.000000119	(1 part in 8 million)
1.000000238	
1.000000358	
⋮	
1.996093750	spacing = 0.000000119
1.996093869	(1 part in 17 million)
1.996093988	
1.996094108	
⋮	
636.0312500	spacing = 0.0000610
636.0313110	(1 part in 10 million)
636.0313720	
636.0314331	
⋮	
217063424.0	spacing = 16.0
217063440.0	(1 part in 14 million)
217063456.0	
217063472.0	

Rango de codificación
(espacio entre valores)

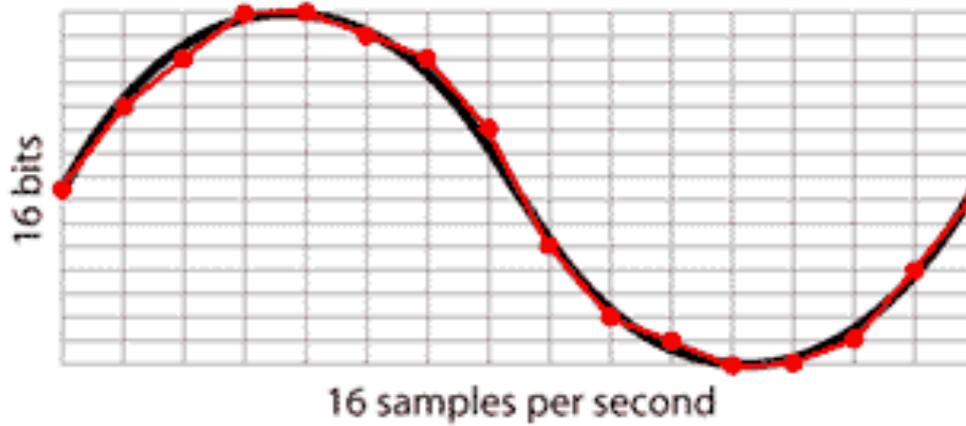


Departamento
de Tecnología Médica

FACULTAD DE MEDICINA
UNIVERSIDAD DE CHILE



¿Cuál es la diferencia más notable?



¿Cambia la frecuencia de muestreo?



Departamento
de Tecnología Médica

FACULTAD DE MEDICINA
UNIVERSIDAD DE CHILE



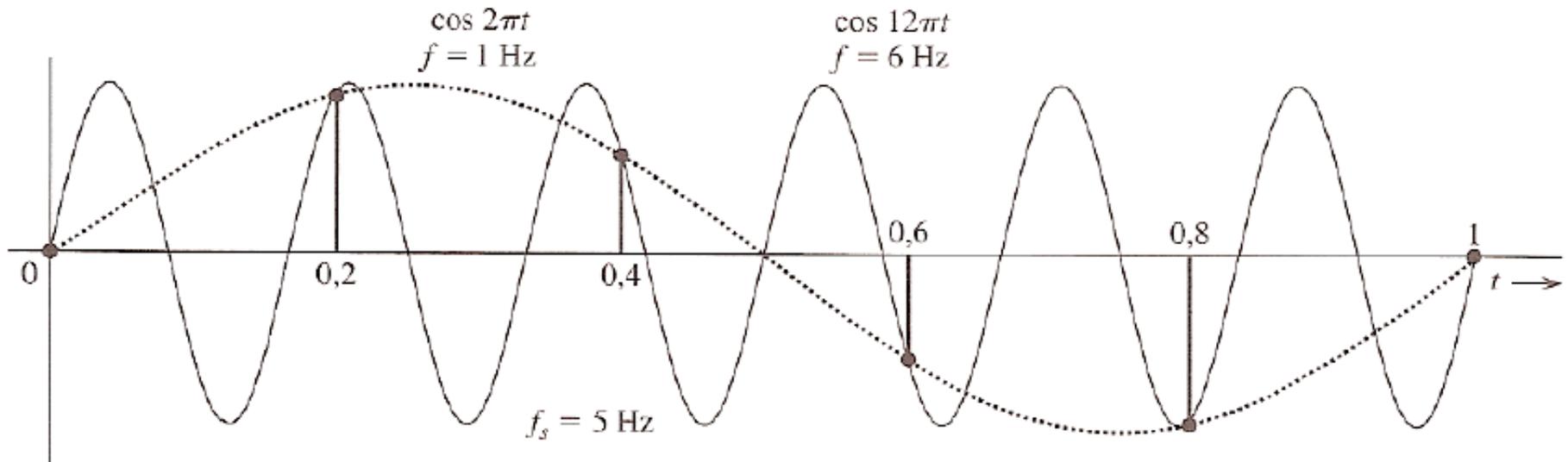
- Teorema del muestreo Nyquist

Una señal real cuyo espectro es limitado en banda a B Hz [$X(w) = 0$ para $|w| > 2B$] puede ser reconstruido exactamente (sin ningún error) a partir de sus muestras tomadas uniformemente a una frecuencia de $f_s > 2B$ muestras por segundo.



Error de Muestreo

$$f_s < 2B$$

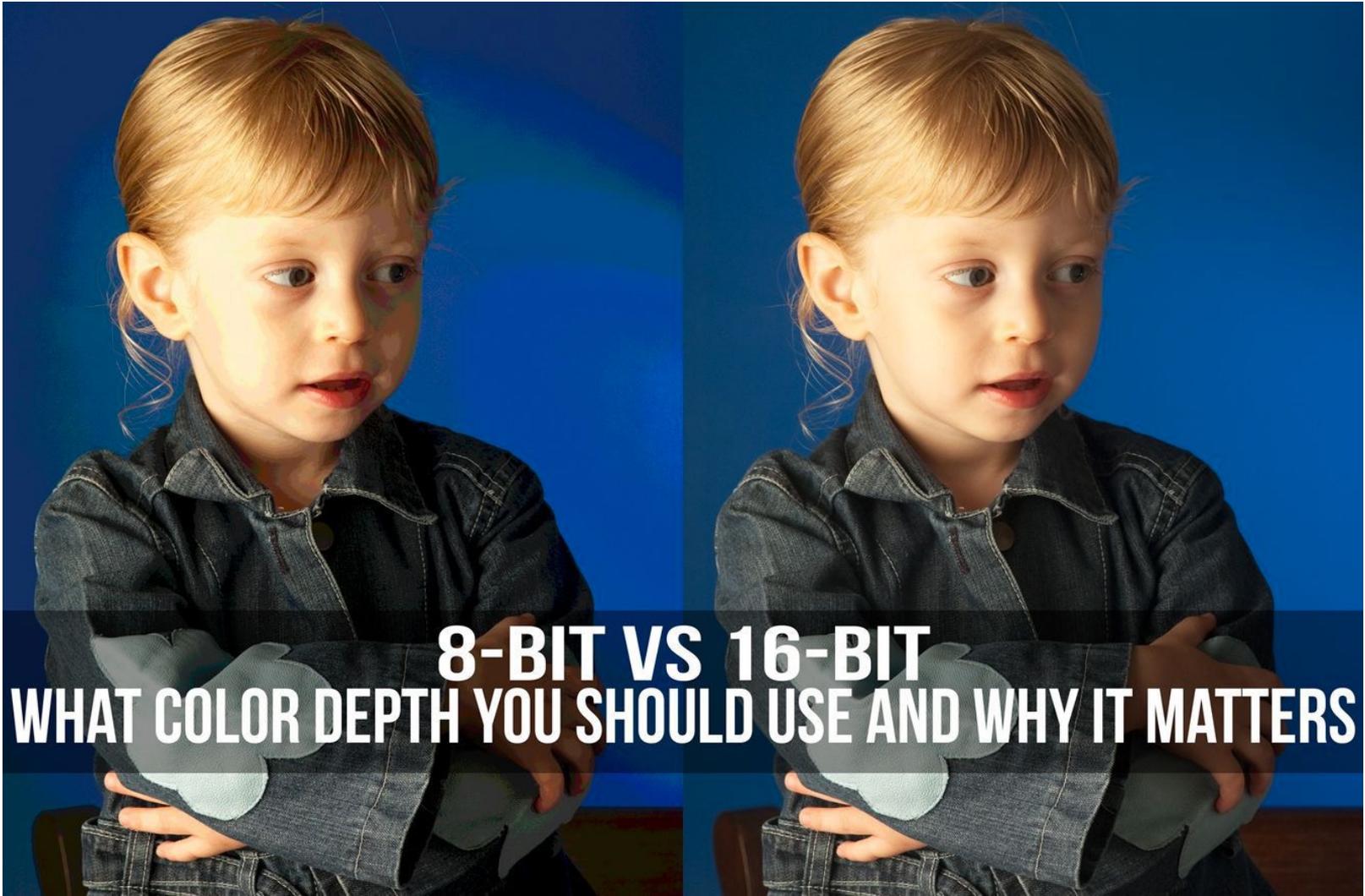




Departamento
de Tecnología Médica

FACULTAD DE MEDICINA
UNIVERSIDAD DE CHILE

Conversión Análogo-Digital





Departamento
de Tecnología Médica

FACULTAD DE MEDICINA
UNIVERSIDAD DE CHILE

Conversión Análogo-Digital



- Para asegurar una representación correcta de una señal análoga, existe un valor de frecuencia de muestreo que está determinado por el criterio de Nyquist:
 - La frecuencia de muestreo mínima que debemos usar debe ser mayor o igual a $2 \cdot f_{max}$. De la señal compleja.



Departamento
de Tecnología Médica

FACULTAD DE MEDICINA
UNIVERSIDAD DE CHILE



Imagen correctamente muestreada



Imagen submuestreada (Aliasing)

¿Cuál es el problema?

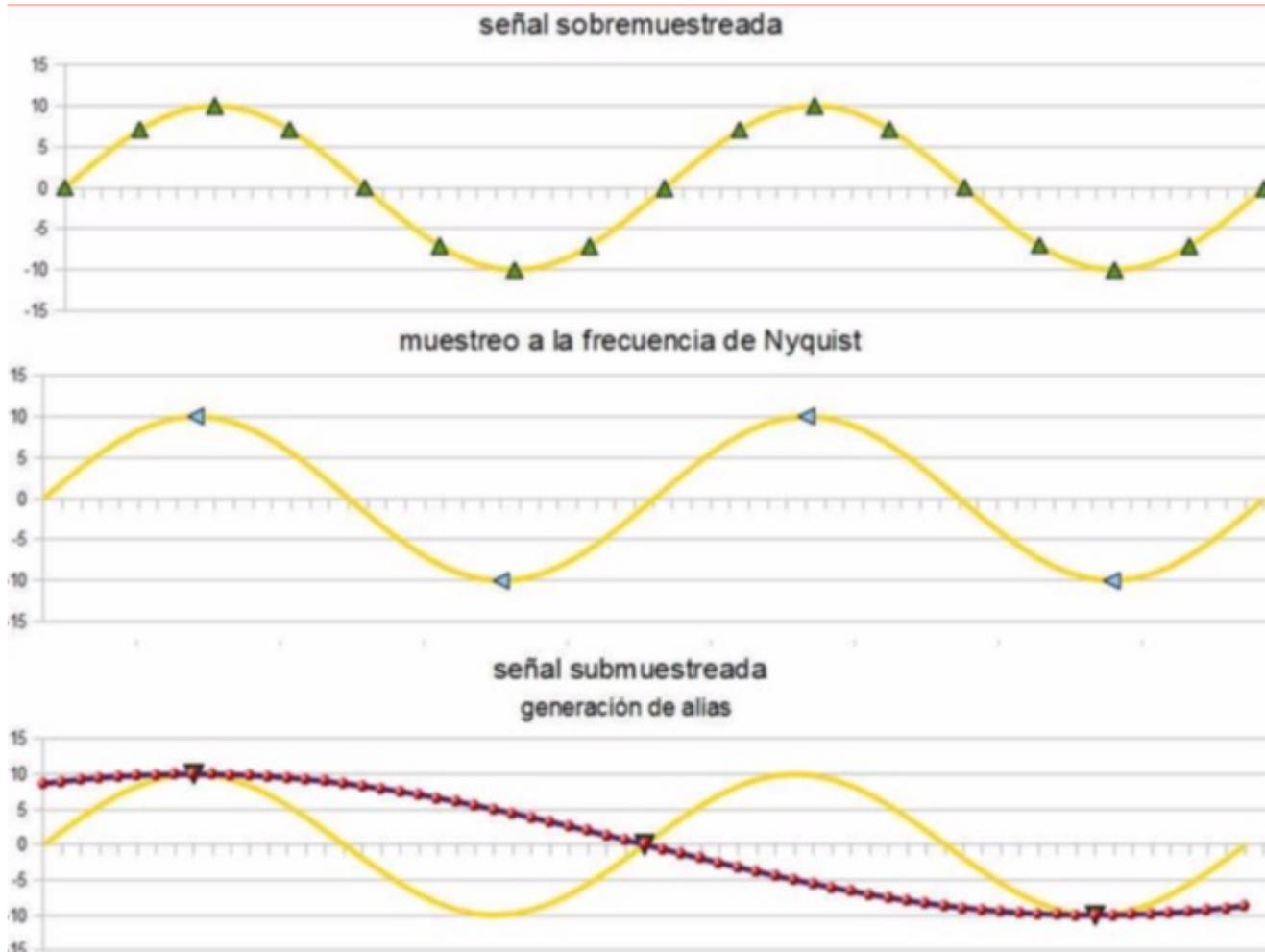


Departamento
de Tecnología Médica

FACULTAD DE MEDICINA
UNIVERSIDAD DE CHILE



Conversión análogo-digital





Conversion analogo-digital

Por lo tanto:

- para reconstruir $x(t)$ a partir de $x'(t)$, se debe cumplir que:

$$f_s > 2B$$

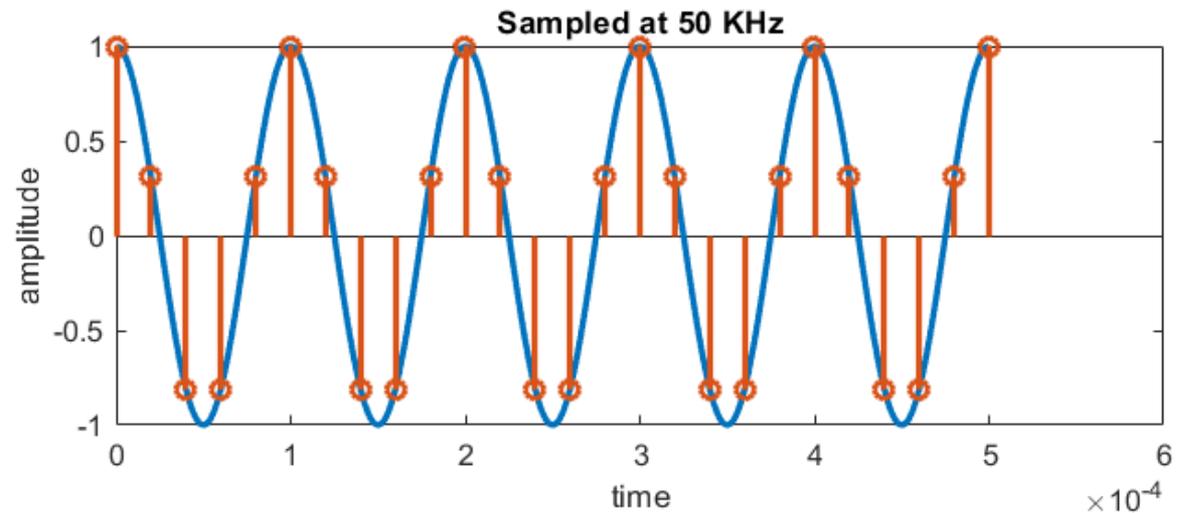
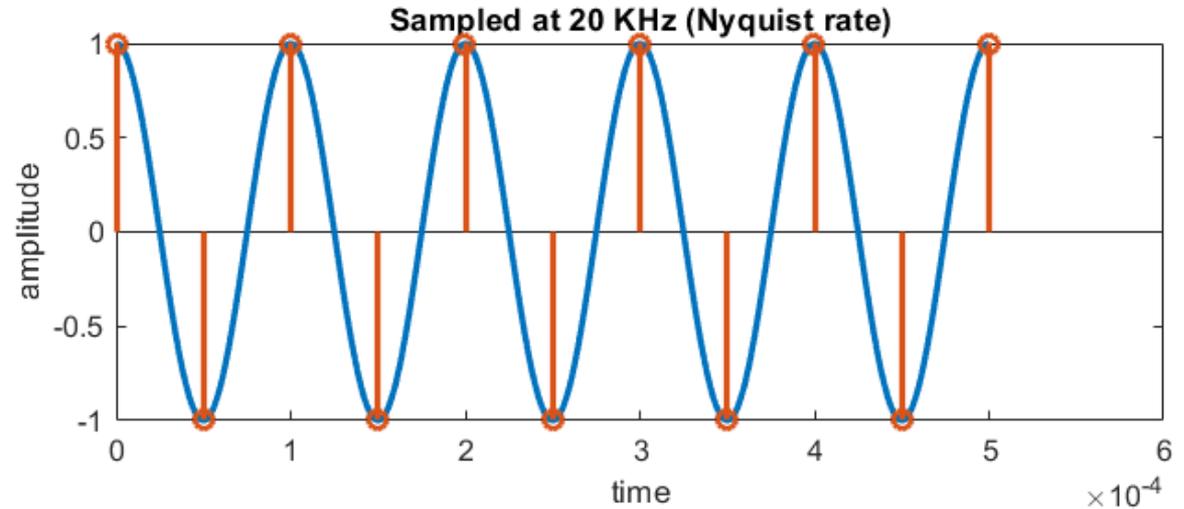
- como el intervalo de muestreo es $T = 1/f_s$,

$$T < \frac{1}{2B}$$



En la práctica:

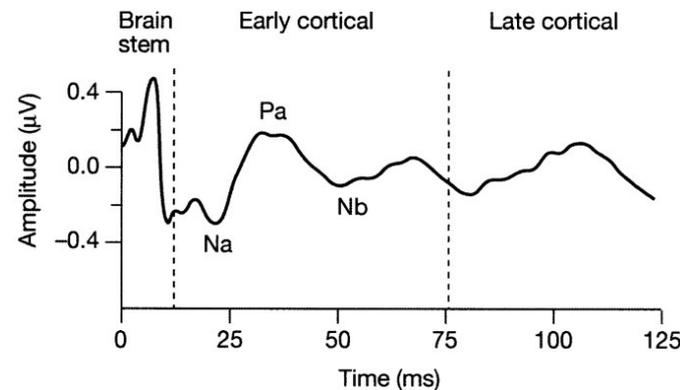
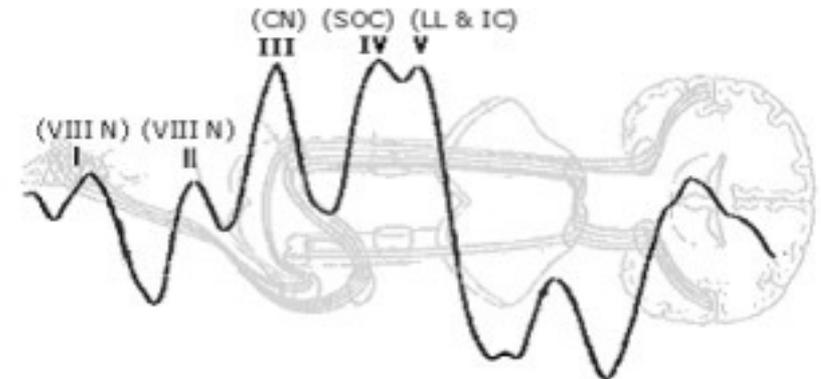
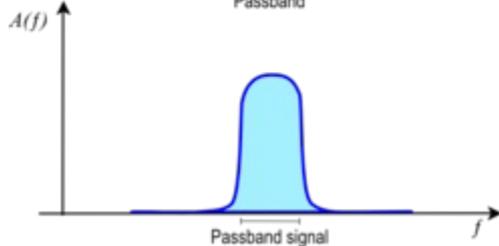
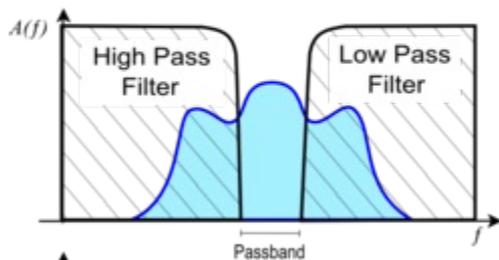
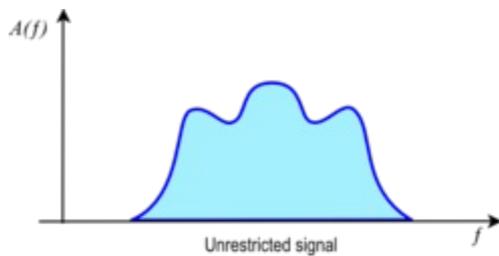
- $f_s > 10 B$





Conversión análogo-digital

- ¿Qué ventaja real supone trabajar de forma digital?





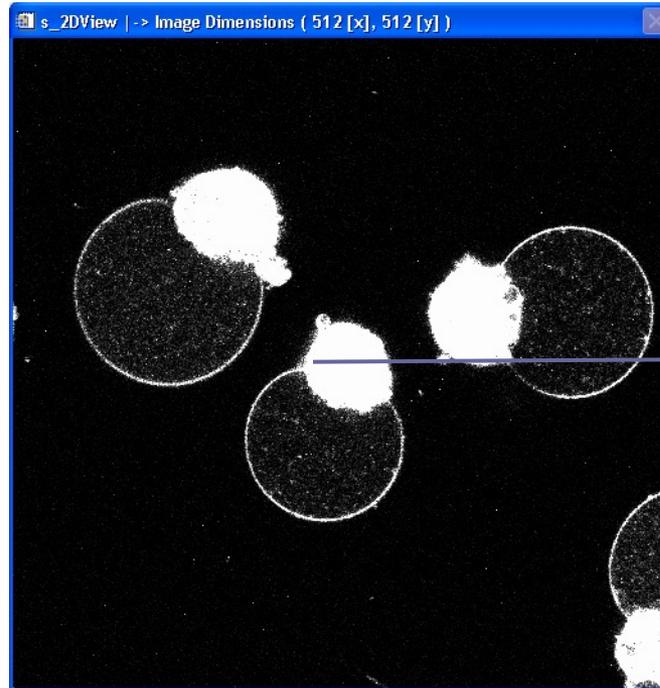
Departamento
de Tecnología Médica

FACULTAD DE MEDICINA
UNIVERSIDAD DE CHILE

Introduction



Binary value	Decimal value
0000 0000	0 (black)
0000 0001	1
0000 0010	2
0000 0011	3
0000 0100	4
0000 0101	5
0000 0110	6
0000 0111	7
0000 1000	8
...	...
1111 1011	251
1111 1100	252
1111 1101	253
1111 1110	254
1111 1111	255 (white)



$I(290,267) = 220$

8 bits depth image

A grayscale image of n-bits allows codify 2^n intensity values



Departamento
de Tecnología Médica

FACULTAD DE MEDICINA
UNIVERSIDAD DE CHILE

Ventajas Digital



- Procesamiento digital de los datos
 - Múltiples intentos sin perder el original
- Almacenamiento
 - Se puede almacenar por un tiempo prolongado y volver a procesarlo si es necesario
- Transmisión de los datos
 - Puede ser transmitido a otros lugares

Questions?