

CONFORMADO DE SEÑALES BASADO EN EL ANÁLISIS DEL COARRAY PARA LA REDUCCIÓN DE ARTEFACTOS EN IMAGEN ULTRASÓNICA

Óscar Martínez Graullera

Instituto de Tecnologías Físicas y de la Información
Consejo Superior de Investigaciones Científicas

11 de junio de 2019



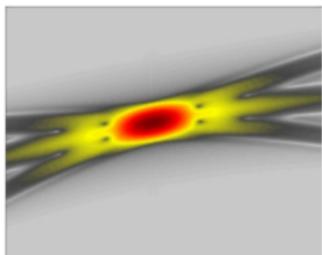
 **CSIC**
CONSEJO SUPERIOR DE INVESTIGACIONES CIENTÍFICAS

MECHANICAE ARTE.S AD CIVIUM USUM

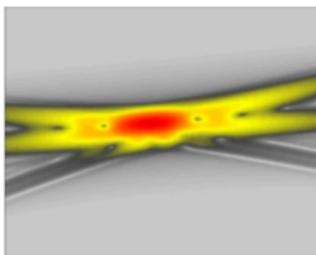


Imagen de un reflector puntual con array lineal de 128 elementos.

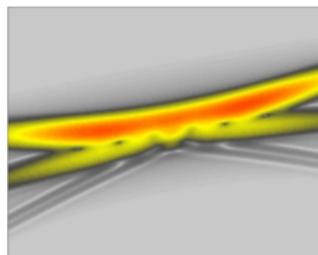
Blanco en foco Tx + RX



Blanco en foco Tx



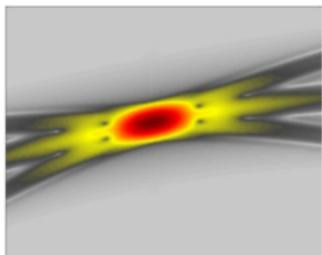
Blanco fuera de foco



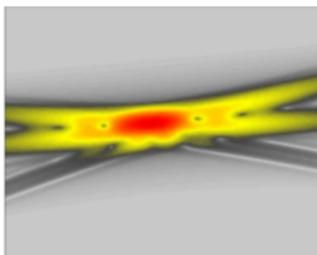
La imagen ultrasónica es compleja de interpretar por la presencia de artefactos acústicos: lóbulos secundarios, reverberaciones, reflejos, etc

Imagen de un reflector puntual con array lineal de 128 elementos.

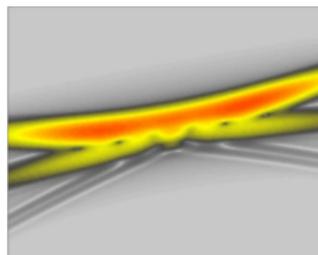
Blanco en foco Tx + RX



Blanco en foco Tx



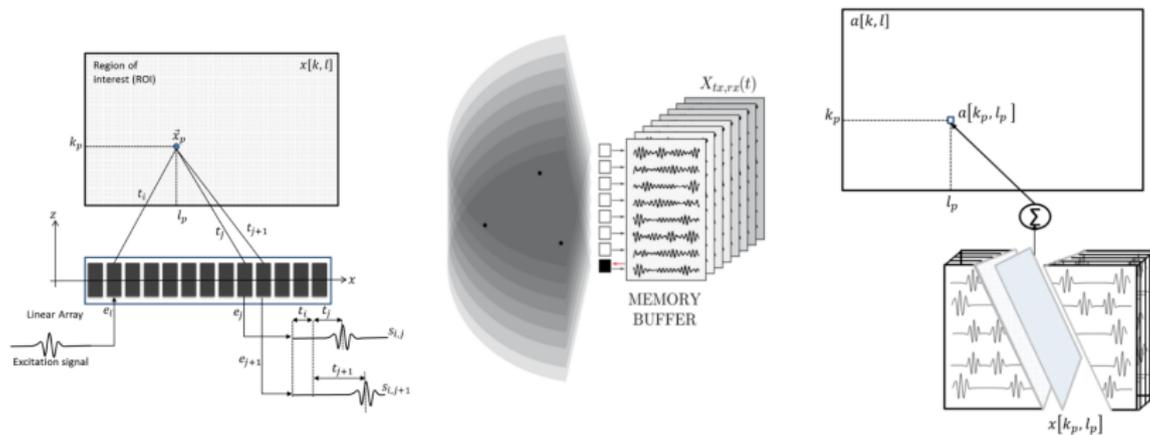
Blanco fuera de foco



OBJETIVO

Reducir la presencia de artefactos acústicos: lóbulos secundarios, reverberaciones, reflejos, etc.

Full Matrix Capture



$$FMC(\vec{x}) : \left\{ s_{ij}(\tau), \tau = \frac{x - x_j}{c} + \frac{x - x_i}{c} \quad \forall i = 1 \dots N, j = 1 \dots N \right\}$$

Imagen sintética 2.

Total Focusing Method

Hipótesis:

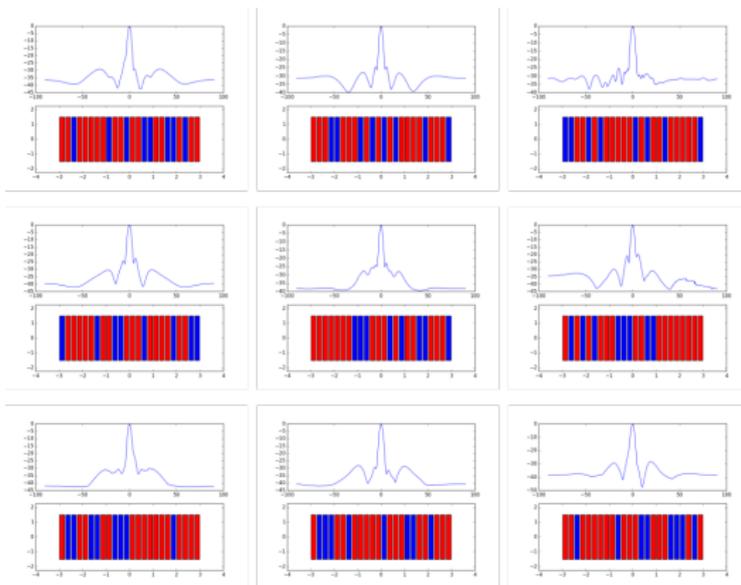
$$s_{ij}(\tau) = m + n_{ij}(\tau)$$

$$DAS = \left| \sum_i^N \sum_j^N s_{ij}(\tau) \right| = \left| N^2 m + \sum_i^N \sum_j^N n_{ij}(\tau) \right|$$

Estima DAS:

$$\hat{m} = \frac{DAS}{N^2} = \left| m + \frac{\sum_i^N \sum_j^N n_{ij}(\tau)}{N^2} \right|$$

Generación de un conjunto muestral: Sparse Arrays



\hat{m} tiene valores significativamente diferentes fuera del reflector.

Generación de un conjunto muestral: el coarray

Dado que trabajamos sobre el FMC necesitamos una estructura que permita manejar las señales en función a su relación espacial.

coarray

Modelo matemático de como la información de las señales se organiza espacialmente en un sistemas de arrays operando en pulso-eco

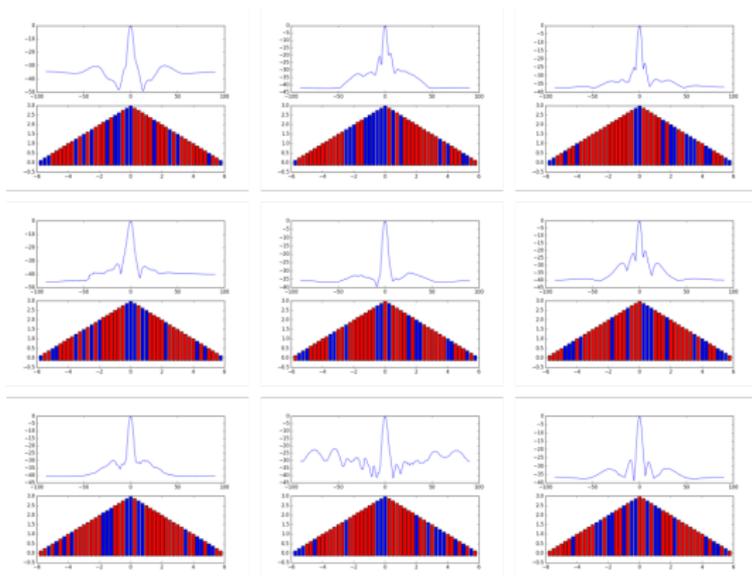
Permite agrupar las señales del $FMC(\vec{x})$ según su posición en el coarray.

$$FMC(\vec{x}, n) : \left\{ c_n = \sum s_{ij}(\tau), \quad i + j = n \right\} \quad \forall s_{ij}(\tau) \in FMC(\vec{x})$$

Pasamos de un conjunto de N^2 elementos a otro de $2N - 1$ sobre el cual es más sencillo aplicar modelos de dispersión.

Conjunto muestral:

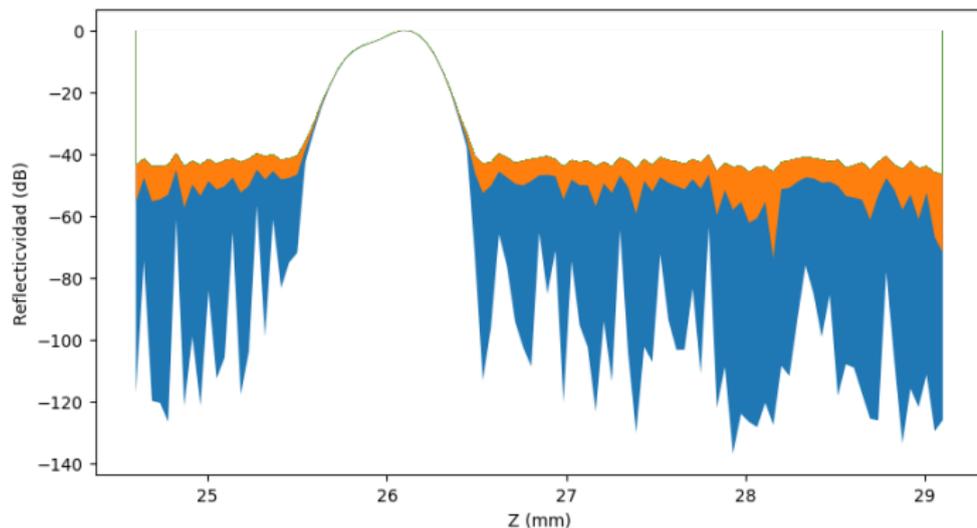
Coarrays dispersos:



\hat{m} : suma aleatoria de $\frac{2}{3}$ de los elementos del coarray ponderados por el número de señales contenidas

Distribución de estimas frente al ruido eléctrico.

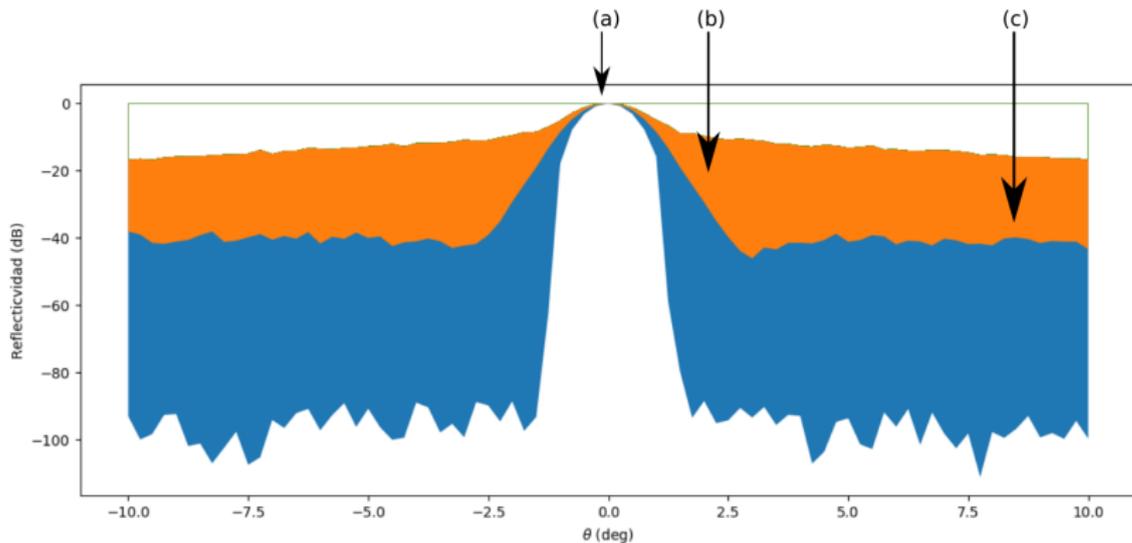
100.000 casos.



Ruido de naturaleza gaussiana

Distribución de estimas frente al ruido acústico.

100.000 casos.

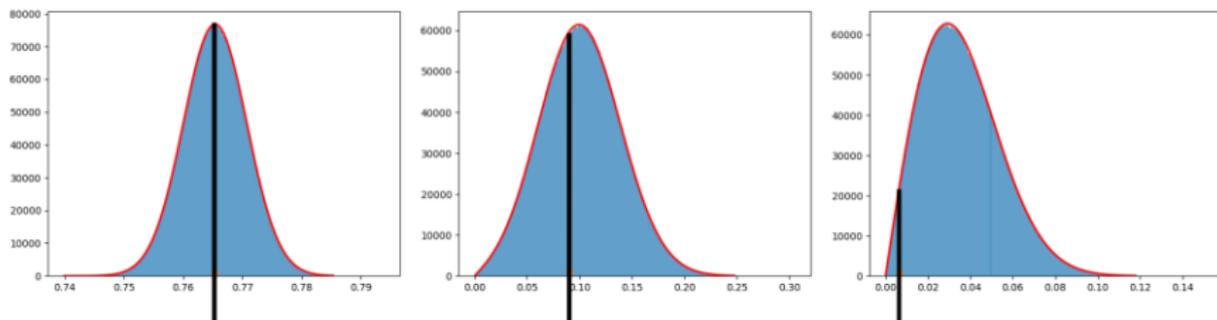


Ruido producido por los lóbulos secundarios.

Distribución estadística.

Correspondencia con el modelo de distribución de Rice

Histogramas contruidos con 100.000 casos por punto



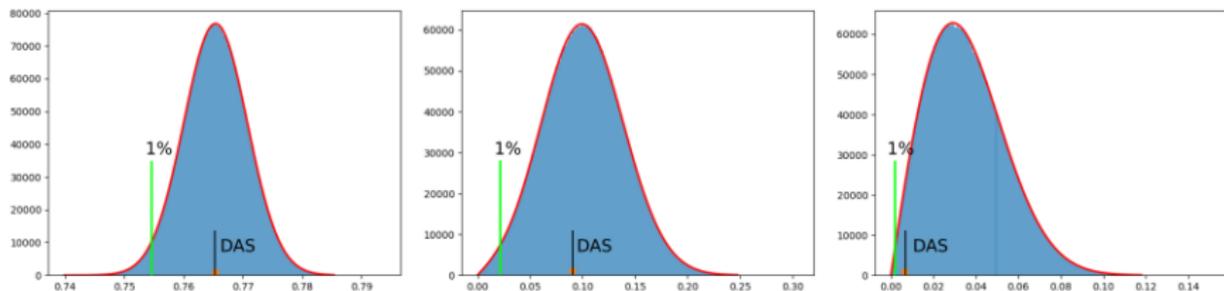
Se señala la estima del DAS y su prevalencia.

Rice

$$f(x|\nu, \sigma) = \frac{x}{\sigma^2} \exp\left(\frac{-(x^2 + \nu^2)}{2\sigma^2}\right) I_0\left(\frac{x\nu}{\sigma^2}\right)$$

Conformador de Rice.

Conformación basada en percentiles



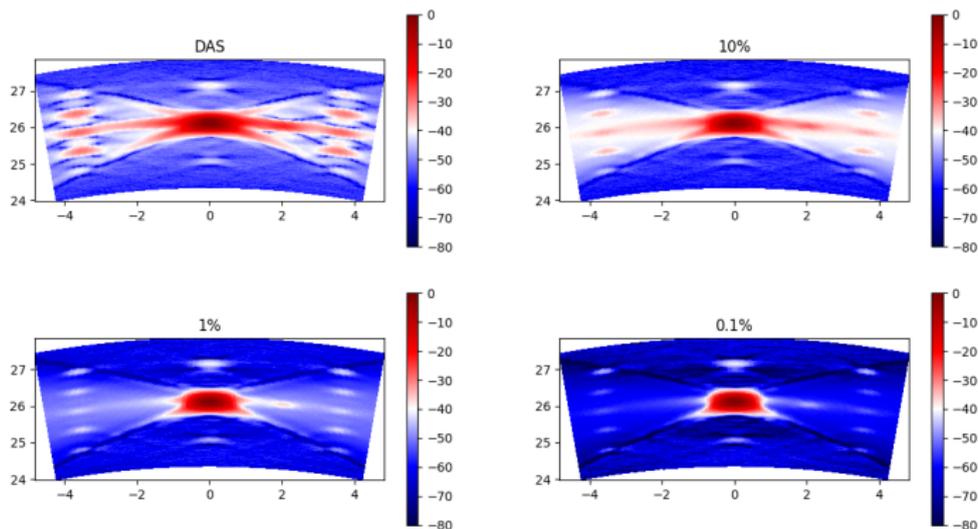
N casos \rightarrow histograma \rightarrow (ν, σ) \rightarrow $f(x|\nu, \sigma)$ \rightarrow percentil

Determinamos los parámetros de la distribución para modelar la estima y sobre la función escogemos un percentil de referencia para componer la imagen

Resultados de la simulación

Array lineal 64 elementos.

Se han colocado 14 reflectores en diferentes regiones:



1 a 0dB, 1 a -26dB, 6 a -30dB, 6 a -40dB.

Resultados experimentales

Probeta de test

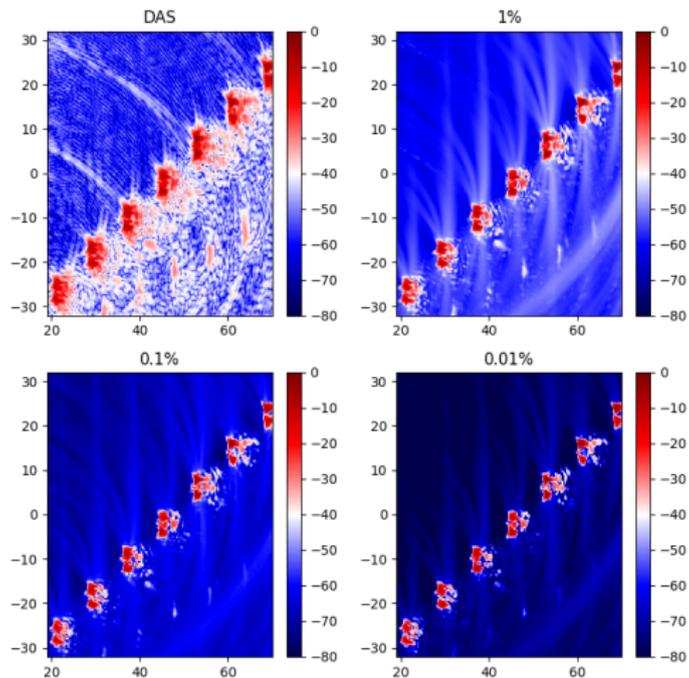
Probeta de aluminio con un doble taladro colocado a diferentes profundidades.
Inspeccionada con un array lineal de 128 elementos 5MHz.



FMA (16384). Coarray (255). Coarray Disperso (170).

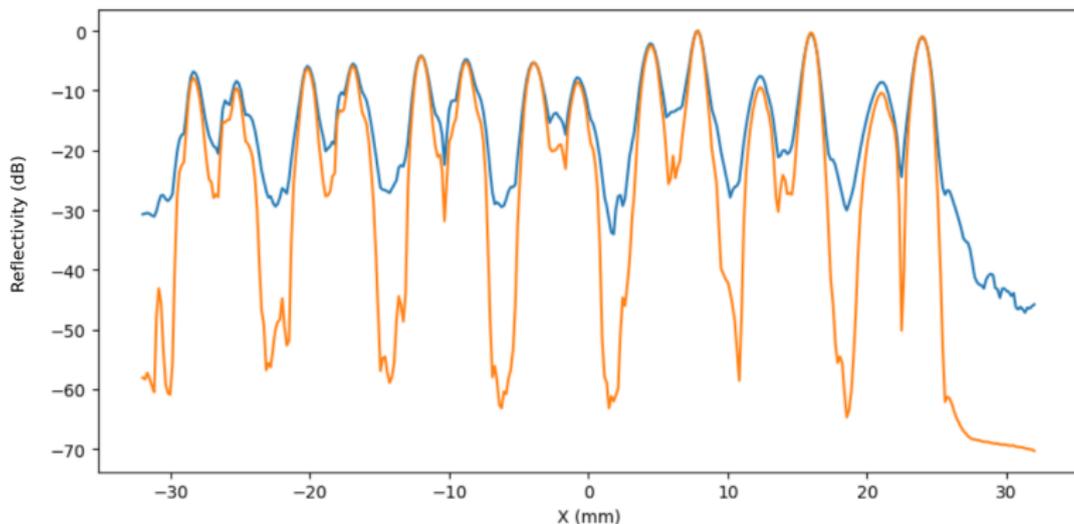
Resultados experimentales

100.000 casos por punto



Resultados experimentales

Perfil lateral



Proyección de máximos sobre el fondo de la pieza

Prestaciones:

- Permite un contraste controlado de la imagen.
- Proporciona una imagen muy suavizada y natural.
- Elimina el ruido gaussiano muy eficientemente.
- Mejora la definición de la imagen.
- Identifica y elimina la región de lóbulos secundarios.

En desarrollo:

- Mejorar la detección de defectos sobre los lóbulos secundarios.
- Mejorar la resolución lateral.
- Reducir el coste computacional

Proyecto DPI2016-80239-R

Este trabajo está financiado por la Agencia Estatal de Investigación y el Fondo Europeo de Desarrollo Regional (AEI/FEDER, UE).

Gracias por su atención.

Preguntas?

Acknowledgement

This work has been supported by the AEI/FEDER (EU). Project DPI2016-80239-R