

PRÁCTICA 3

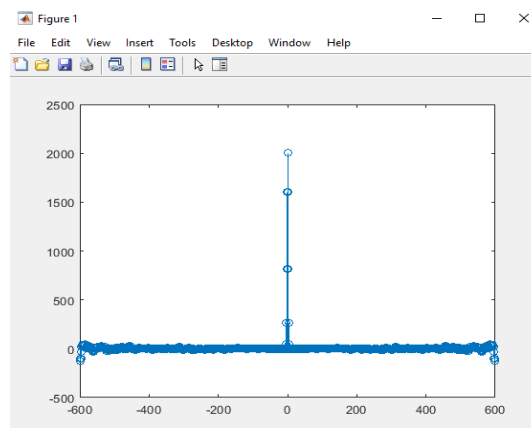
2. Estime las funciones de autocorrelación y las densidades espectrales de potencia de las muestras de clutter. Puede utilizar la función `xcorr.m` para calcular la función de autocorrelación de cada columna de la matriz y promediar las 600 funciones de autocorrelación estimadas. De este modo reducirá el error de estimación.

Para obtener la correlación, lo que hemos hecho es realizar la correlación de las muestras por columnas y posteriormente promediar para reducir el ruido de estimación.

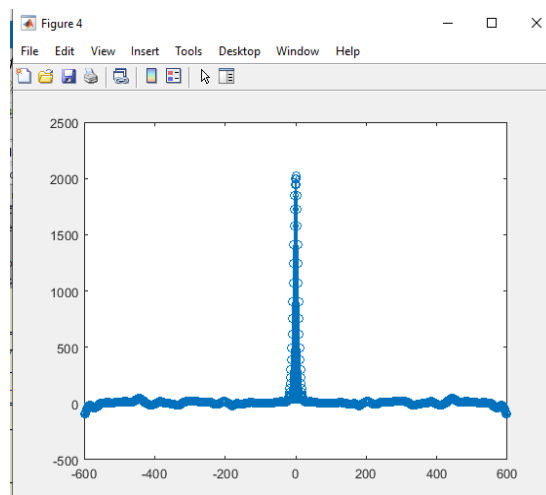
Para obtener la función densidad espectral de potencia, lo que hemos hecho es realizar un desplazamiento de la función de correlación para así poder obtener una DEP real.

1. Funciones de autocorrelación:

- Coeficiente de correlacion:0,8



- Coeficiente de correlacion:0,99



Una función de autocorrelación nos dice la relación entre las muestras en función de si están más cerca o más lejos.

El valor del coeficiente de correlación se obtiene de dividir un valor de la gaussiana entre el máximo y el valor de la potencia lo tenemos en el máximo de la función de autocorrelación. Por otro lado, en la función de coeficiente de correlación 0,8 si nos movemos 5 muestras a la derecha la función está incorrelada ya que las muestras empiezan a valer 0, igual ocurre en la función con coeficiente de correlación 0,99 pero moviéndonos 25 muestras a la derecha.

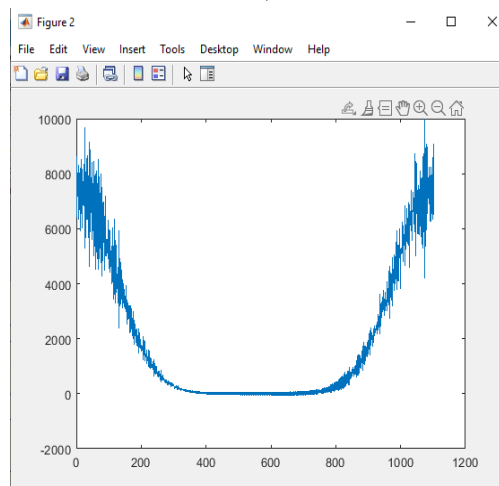
*Potencia coeficiente 0,99: **2020,98**

*Potencia coeficiente 0,8: **2002,34**

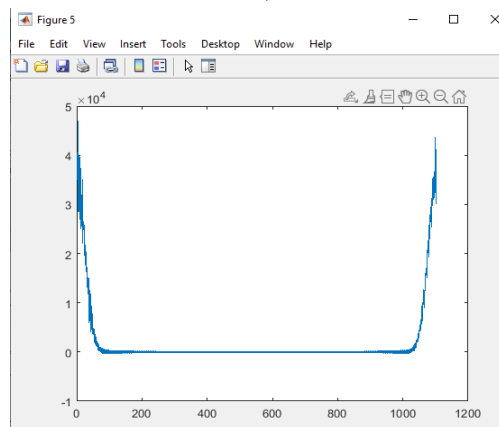
1. Funciones densidades espectrales:

En cuanto a los espectros se puede observar que a mayor coeficiente de correlación el espectro es más estrecho debido a que la función de correlación es más ancha.

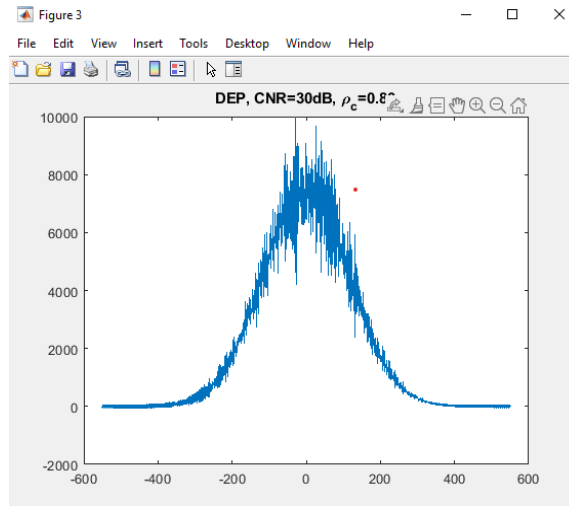
- Sin fftshift.
 - ◆ Coeficiente de correlacion:0,8



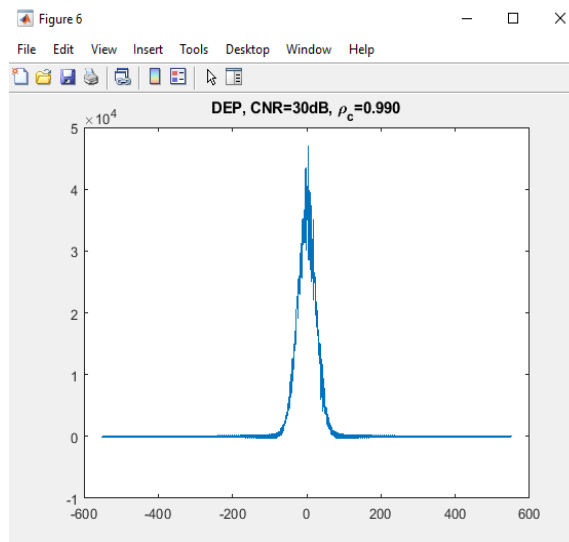
- ◆ Coeficiente de correlacion:0,99



- Con fftshift
- ◆ Coeficiente de correlacion:0,8



- ◆ Coeficiente de correlacion:0,99

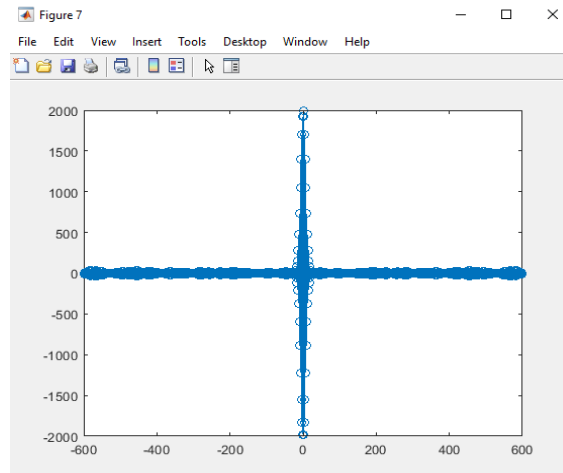


Analice los resultados obtenidos para los ficheros cuyos nombres terminan en 015, 025 y 05.

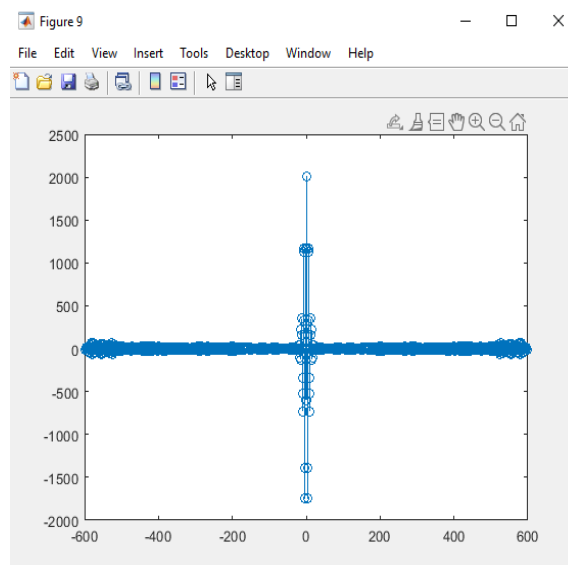
Al incluir un desplazamiento doppler en el clutter lo que ocurre es que la función de autocorrelación no es real por lo que cuando calculamos la DEP su espectro aparece desplazado. Como se puede observar en las imágenes de la densidad espectral, la función aparece desplazada $\text{doppler} \times \text{PRF}$.

1. Funciones de autocorrelación

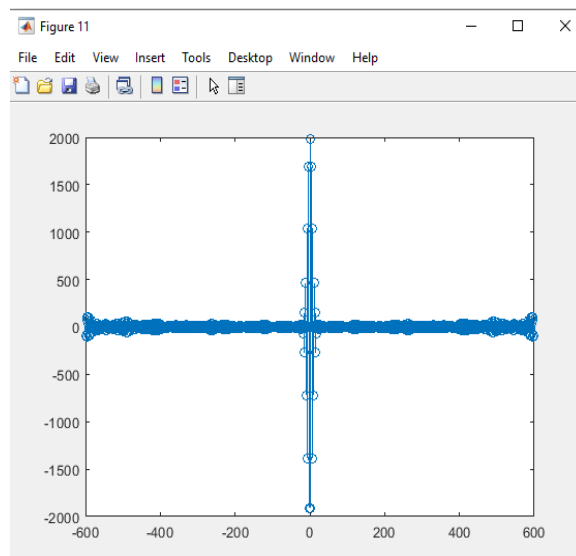
- Doppler:05



- Doppler:015

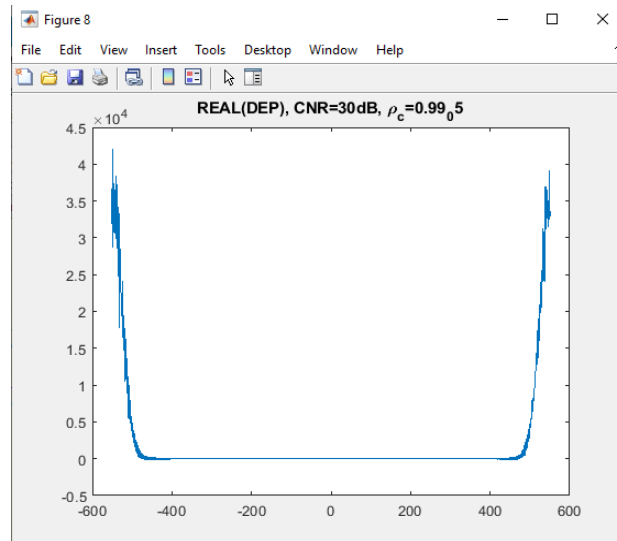


- Doppler:025

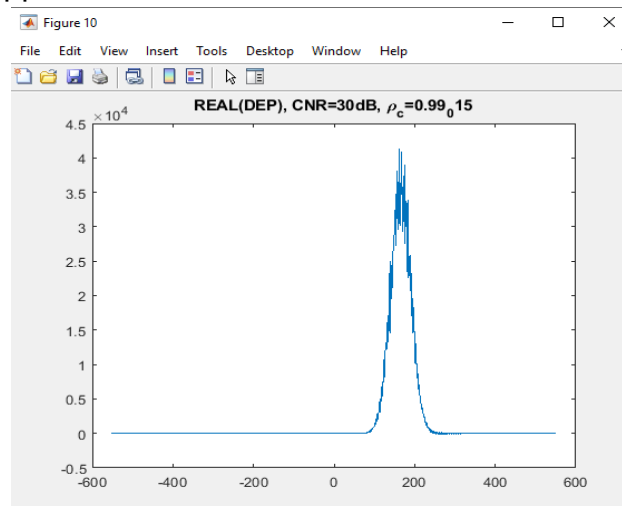


2. Funciones densidades espectrales

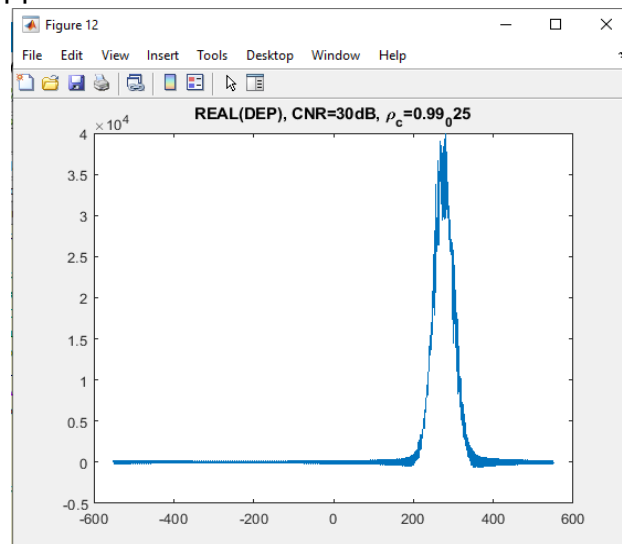
- Sin fftshift
- ◆ Doppler:05



- ◆ Doppler:015



- ◆ Doppler:025

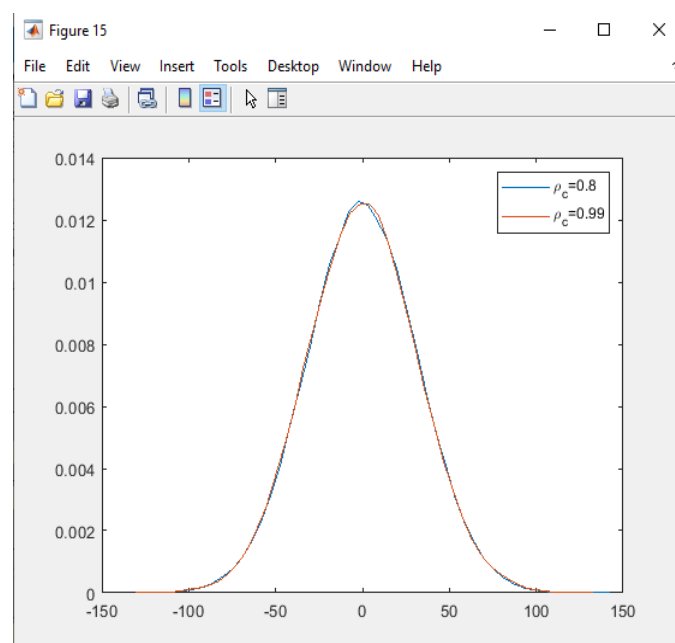


3. Sume ruido Gaussiano complejo de varianza $2N_0=2$ a las matrices de clutter. Calcule el valor de CNR resultante. Determine los umbrales de detección a aplicar para asegurar una $PFA=10^{-2}$ y 10^{-4} cuando se aplica un detector de envolvente de ley cuadrática. Considere sólo los casos con coeficiente de correlación 0,8; 0,9; 0,99. Aplique el umbral calculado y estime la PFA resultante. ¿Cumple el requisito especificado?

```
umbrales_ruido =  
  
    9.2103    18.4207  
  
umbrales_clutter =  
  
    1.0e+04 *  
  
    0.9220    1.8439
```

Tras aplicar los umbrales, se puede comprobar que sí se cumple el requisito ya que con esos umbrales garantizo la probabilidad de falsa alarma.

1. Función de densidad de probabilidad

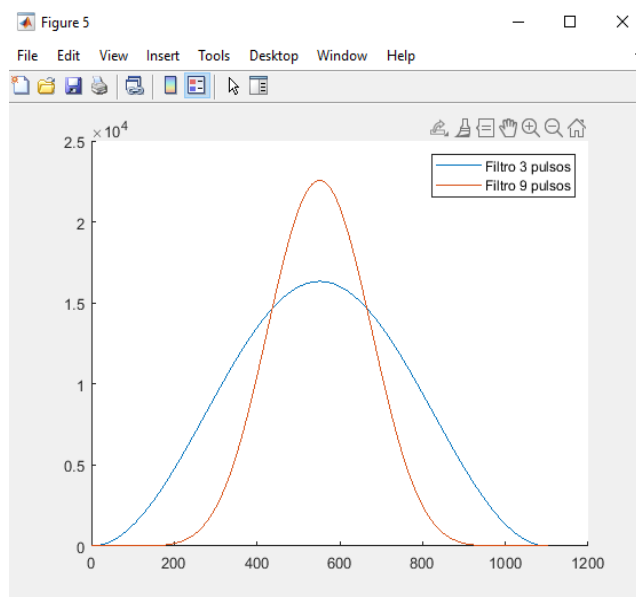


Esta función nos dice como es la variable aleatoria entre una muestra aislada. Como se puede observar, las dos gaussianas se superponen ya que tienen las potencias muy parecidas y por lo tanto la varianza es la misma ya que potencia = media² + varianza. En la función de autocorrelación las funciones son completamente distintas ya que hay una variabilidad de las muestras que se puede observar en el espectro esa variabilidad en el tiempo, pero en la función densidad de probabilidad esto no ocurre como se puede observar.

2. Filtros canceladores

a) Aplique un filtro cancelador de 3 pulsos y otro de 9 pulsos a las matrices de clutter.

1. Funciones de transferencia de los filtros



Como se puede observar en las funciones de transferencia de los filtros, al aumentar el número de pulsos del cancelador el filtro es más estrecho y por lo tanto filtramos más clutter obteniendo menos varianza y por lo tanto menos potencia.

b) Represente la magnitud de las matrices después de los filtrados con `imagesc.m`.

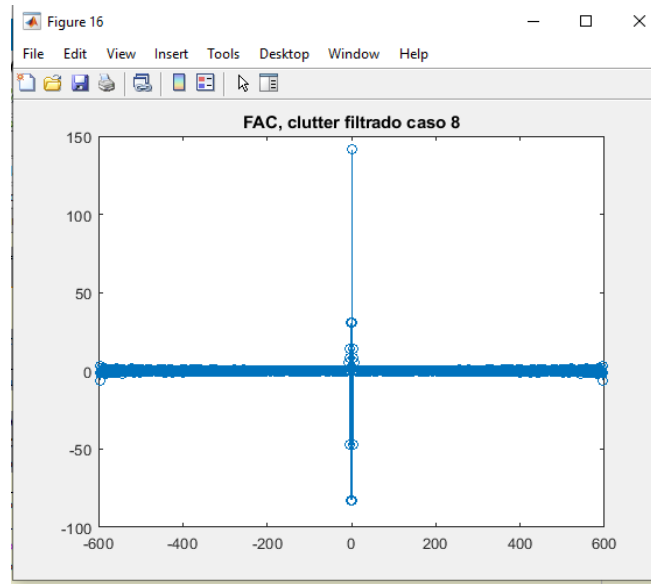
c) Estime y represente la función de autocorrelación y la densidad espectral de potencia de las matrices filtradas.

Realice un estudio comparativo teniendo en cuenta las figuras generadas en la cuestión 1, la anchura espectral del clutter y las características de las respuestas en frecuencia de los filtros.

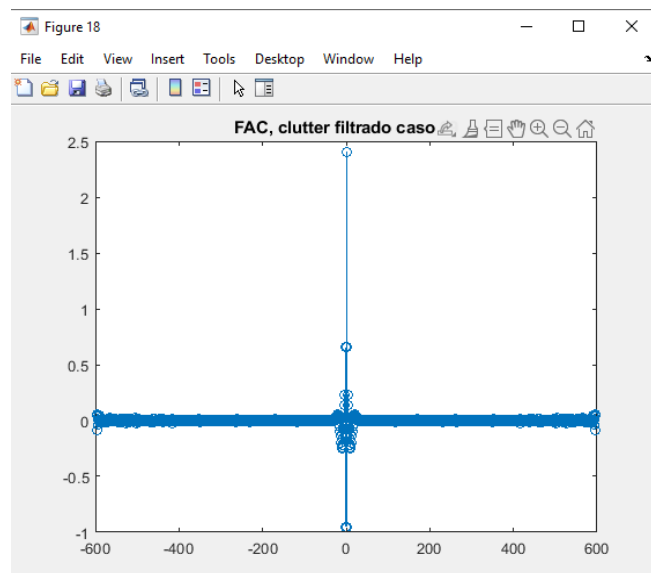
1. Funciones de autocorrelación

Como se puede observar comparando ambas funciones con diferente coeficiente de correlación se puede observar que cuando el coeficiente de correlación es más bajo la potencia es mayor debido a que el cancelador cancela menos por lo que se deja pasar más espectro.

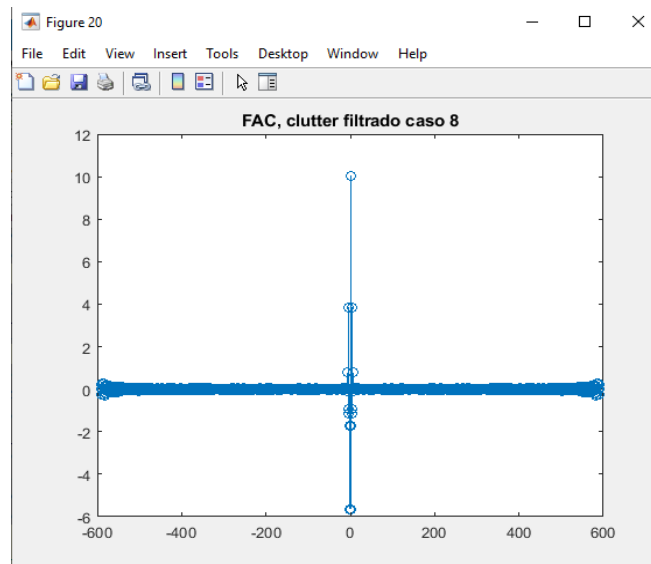
- Coeficiente de correlacion:0,8, tres pulsos, con ruido



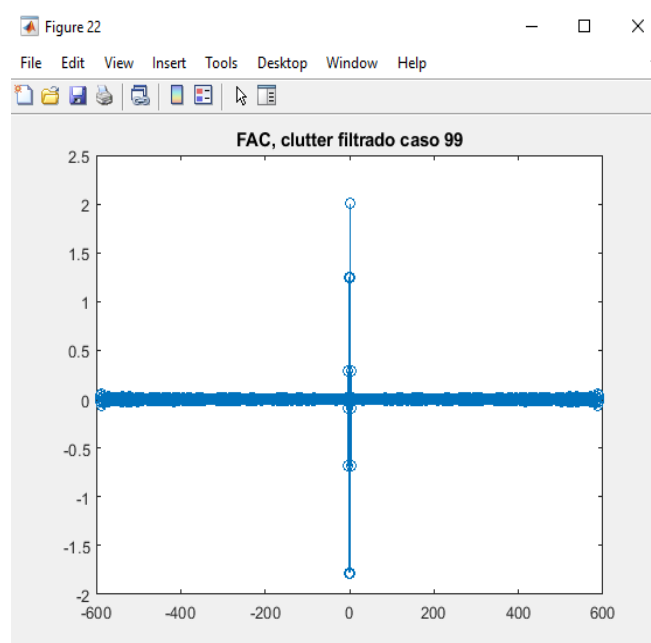
- Coeficiente de correlacion:0,99, tres pulsos, con ruido



- Coeficiente de correlacion:0,8, 9 pulsos, con ruido



- Coeficiente de correlacion:0,99, 9 pulsos, con ruido



Comparando las funciones de correlación tanto para el cancelador de 3 pulsos como el cancelador de 9 pulsos se puede observar que contra menos pulsos mayor es la potencia ya que contra menor es el número de pulsos menos es lo que atenúa el filtro cancelador por lo que se deja pasar más clutter y por lo tanto hay más potencia.

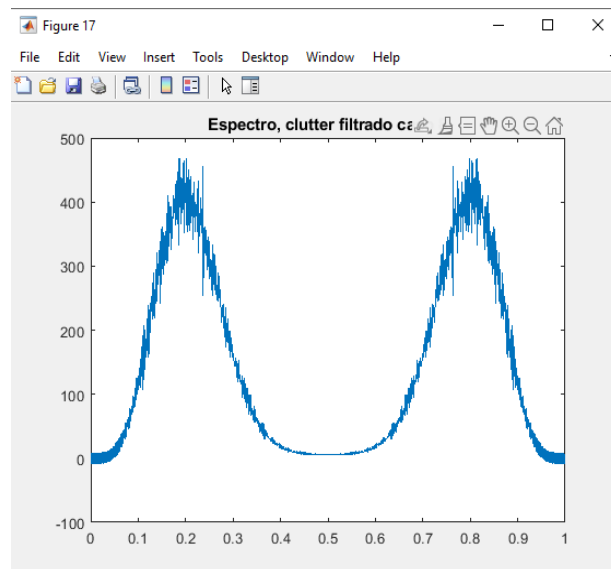
En comparación con las funciones de correlación sin aplicar el filtro se puede observar que la potencia es mucho mayor ya que en esas gráficas el clutter no se

ha anulado, mientras que cuando aplicamos el filtro, aunque en algunos casos se deja pasar un poco de clutter, se consigue atenuar casi todo el clutter y por lo tanto la potencia es menor y la varianza, la cual la podemos observar en la función densidad de probabilidad.

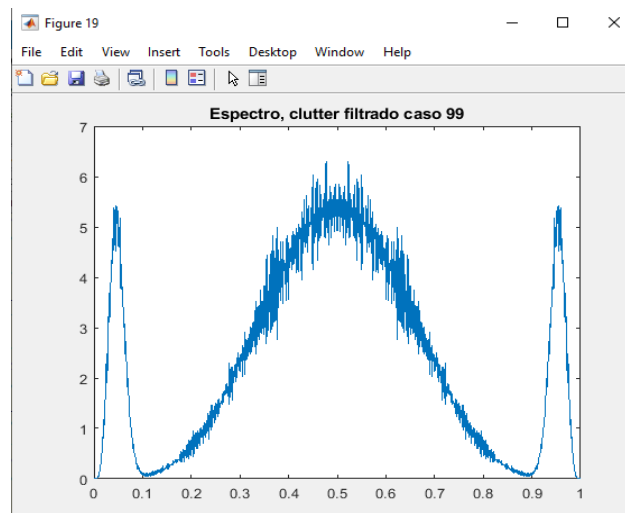
2. Funciones densidades espectrales

Como se puede observar en las gráficas, debido a la presencia de ruido en el clutter, este no se puede eliminar al completo a pesar de estar aplicando un filtro cancelador quedando bastante residuo de clutter, aunque si se consigue reducir bastante la potencia de clutter.

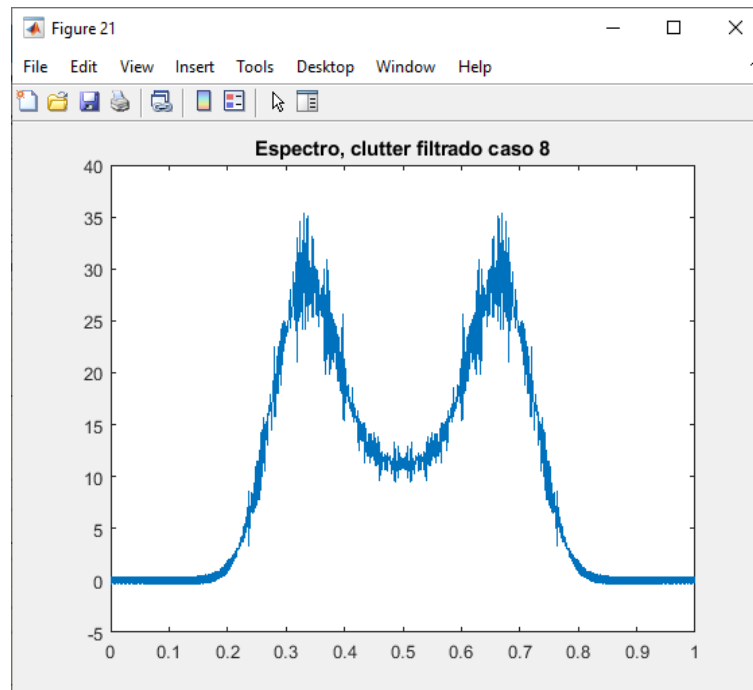
- Coeficiente de correlacion:0,8, 3 pulsos, con ruido.



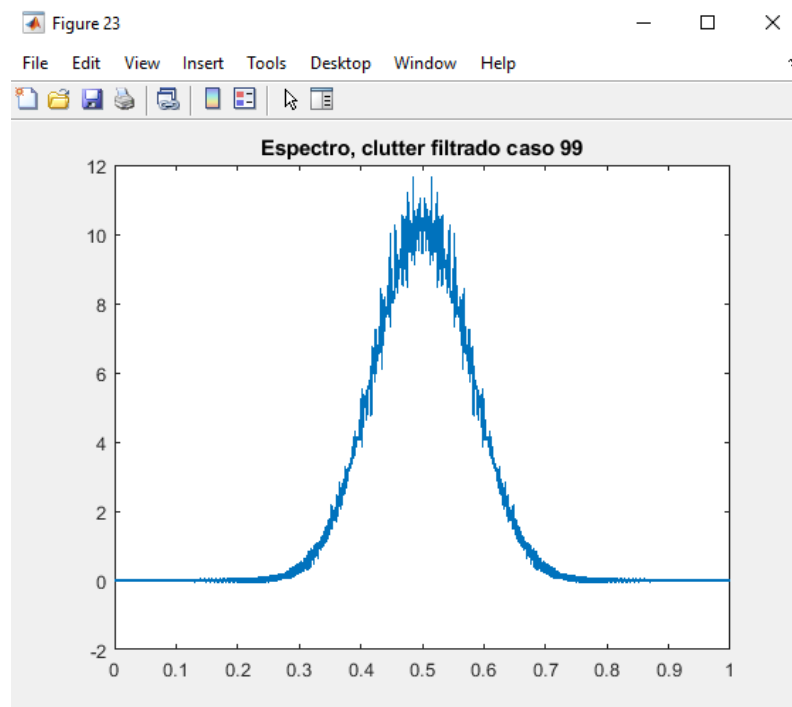
- Coeficiente de correlacion:0,99, 3 pulsos, con ruido



- Coeficiente de correlacion:0,8, 9 pulsos, con ruido



- Coeficiente de correlacion:0,99, 9 pulsos, con ruido

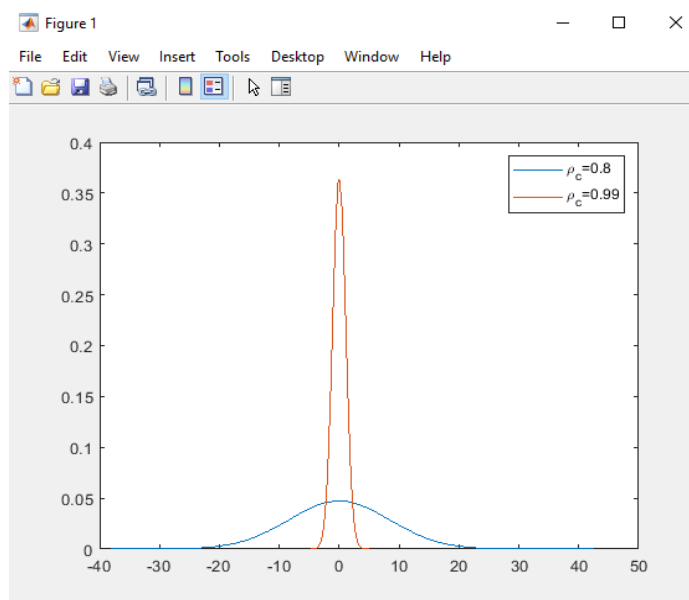


d)Estudie las funciones de densidad de probabilidad. Determine si son o no gaussianas y la relación de la media y la varianza con los efectos esperados de los canceladores

Como se puede observar las funciones de probabilidad son gaussianas ya que, tras aplicar el filtro cancelador, las funciones de densidad de probabilidad no son gaussianas debido a las filas del transitorio. Para que sean gaussianas lo que hacemos es eliminar esas filas(M-1) y ya conseguimos que las funciones de probabilidad sean gaussianas como en las figuras mostradas. En el cancelador de 3 pulsos tiramos las 2 primeras filas y en el cancelador de 9 pulsos las 8 primeras filas.

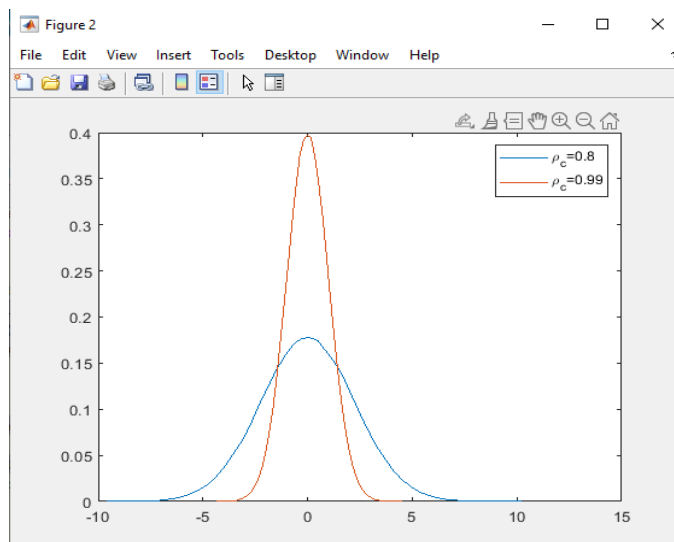
1. Funciones densidad de probabilidad

- 3 pulsos



Como se puede observar, para el coeficiente de correlación 0,8 la varianza es mayor y por lo tanto la potencia será mayor ya que $\text{Potencia} = \text{media}^2 + \text{varianza}$ (donde $\text{media} = 0$).

- 9 pulsos



Como se puede observar, comparando con la función de probabilidad para un cancelador de 3 pulsos, la varianza es menor y por lo tanto la potencia es menor ya que el filtro cancelador de 9 pulsos atenúa más el clutter que el filtro cancelador de 3 pulsos debido a que el filtro es más estrecho, es decir, a medida que aumentamos el número de pulsos del cancelador filtramos más por lo que la varianza es menor y por lo tanto la potencia es menor.

Comparando con las gráficas sin aplicar el filtro en cuanto a la correlación se puede observar que cuando aplicamos el filtro cancelador se reduce bastante la potencia debido a que se elimina bastante parte del clutter quedando únicamente la potencia del residuo de clutter y del ruido. Por otro lado, este efecto también se puede observar en la densidad espectral de potencial, ya que debido a la presencia de ruido no se consigue eliminar todo el clutter quedando bastante residuo aunque la potencia es bastante menor de ese residuo de clutter.

Explique de forma razonada cómo obtendría el umbral necesario para $PFA=10^{-2}$ y 10^{-4} . Verifique si la probabilidad de falsa alarma cumple el requisito definido en los casos de estudio.

Para obtener el umbral lo que hay que hacer es calcular la varianza a la salida del cancelador de las muestras con su correspondiente coeficiente de correlación y después aplicar un detector de envolvente de ley cuadrática es decir, `gaminv` en matlab y esta toma como parámetros de entrada la probabilidades de falsa alarma y la varianza a la salida del cancelador multiplicado por 2 debido a que tenemos 2 gaussianas (real e imaginaria) y de esta manera obtenemos los umbrales después de aplicar el detector de envolvente de ley cuadrática.

Como se puede observar, comparando las gráficas con $doppler=0,5$ y $doppler=0,15$, se puede observar que la probabilidad de detección para el $doppler=0,15$ es bastante mala debido a que el cancelador va a filtrar el blanco y por lo tanto es difícil de detectarlos. En cambio, cuando usamos un $doppler$ de 0,5 se puede observar que la probabilidad de detección es bastante mejor ya que el cancelador no lo filtra y por lo tanto es más fácil de detectarlo.

Por otro lado, a más pulsos mayor es la probabilidad de detección para un $doppler$ de 0,5 ya que el filtro de 9 pulsos elimina casi todo el clutter sin apenas quedar residuo de clutter por lo que resulta bastante fácil la detección de blancos mientras que para un $doppler$ de 0,15 al ser más selectivo el filtro filtra el blanco y por lo tanto la probabilidad de detección es prácticamente nula.

Debido a que al aumentar el coeficiente de correlación el filtro atenúa más clutter ya que el clutter está más concentrado entorno al 0, eso se traduce en un aumento de la probabilidad de detección, como se puede observar en las gráficas en comparación con las gráficas con coeficiente de correlación 0,8, ya que al haber menos clutter la probabilidad de detectar un blanco es mejor que si tenemos más residuo de clutter como ocurre en el coeficiente de correlación 0,8.

La probabilidad de falsa alarma si cumple con los requisitos ya que con los umbrales obtenidos garantizo la probabilidad de falsa alarma.

