

## 1. Principios básicos

### 1.1. Ejercicio 1

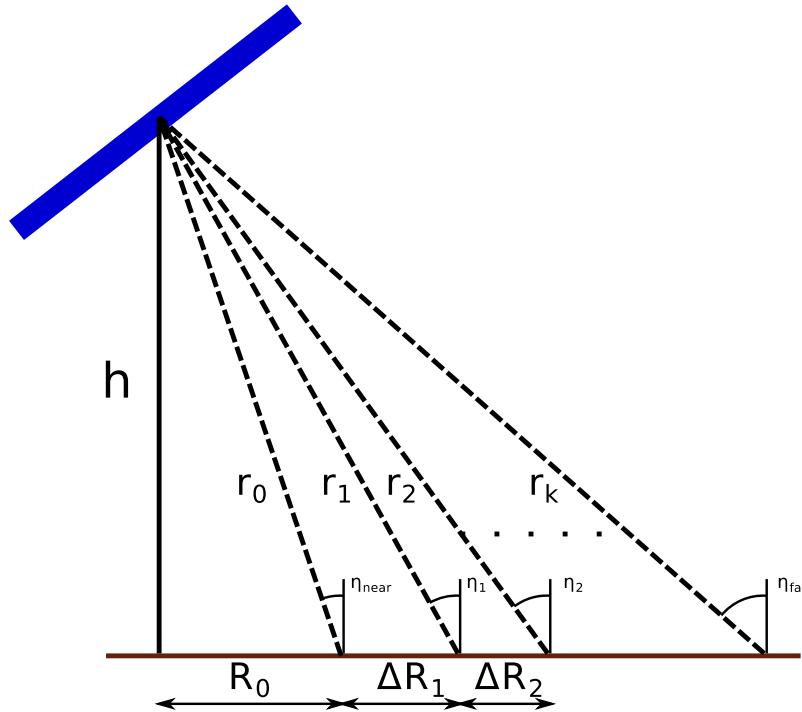


Figura 1:  $\gamma$ -rangos

$$R_1 = \operatorname{sen}(\eta_1)r_1$$

$$R_1 = \operatorname{sen}(\eta_1) \left( r_0 + \frac{c T_s}{2} \right)$$

$$R_0 = \operatorname{sen}(\eta_0)r_0$$

$$\Delta R_1 = R_1 - R_0$$

$$\Delta R_1 = \operatorname{sen}(\eta_1) \left( r_0 + \frac{c T_s}{2} \right) - \operatorname{sen}(\eta_0)r_0$$

$$\Delta R_k = \operatorname{sen}(\eta_k) \left( r_0 + \frac{k c T_s}{2} \right) - \operatorname{sen}(\eta_0)r_0$$

$$\gamma - rango_k = r_k = \frac{h}{\cos(\eta_k)}$$

$$\eta_k = \cos^{-1} \left( \frac{h}{r_k} \right)$$



### **1.1.1. TODO graficos**



## 2. Parte analógica

### 2.1. Ejercicio 2

La señal chirp se define como

$$\text{chirp}(t) = e^{j\theta(t)}$$

donde  $\theta(t)$  es una función cuadrática del tiempo con forma

$$\theta(t) = k_1 t^2 + k_2 t$$

La frecuencia instantánea de la chirp es entonces:

$$f_{\text{inst}}(t) = 2k_1 t + k_2$$

Como la chirp barre frecuencias que van desde -20Mhz hasta 20Mhz en  $10\mu s$ :

$$f_{\text{inst}}(0) = 2k_1 0 + k_2 = k_2 = -20\text{Mhz}$$

Y al final

$$\begin{aligned} f_{\text{inst}}(10\mu s) &= 2k_1 10\mu s + k_2 = 20\text{Mhz} \\ 2k_1 10\mu s - 20\text{Mhz} &= 20\text{Mhz} \\ k_1 &= \frac{40\text{Mhz}}{2 10\mu s} \\ k_1 &= 2 \cdot 10^{12} \end{aligned}$$

Por lo tanto, la fase instantánea es

$$f_{\text{inst}}(t) = 4 \cdot 10^{12} t^2 - 20 \cdot 10^6 t$$

En la figura 2 se puede ver el resultado de graficar las partes real e imaginarias de la chirp junto con la fase instantánea en función del tiempo.

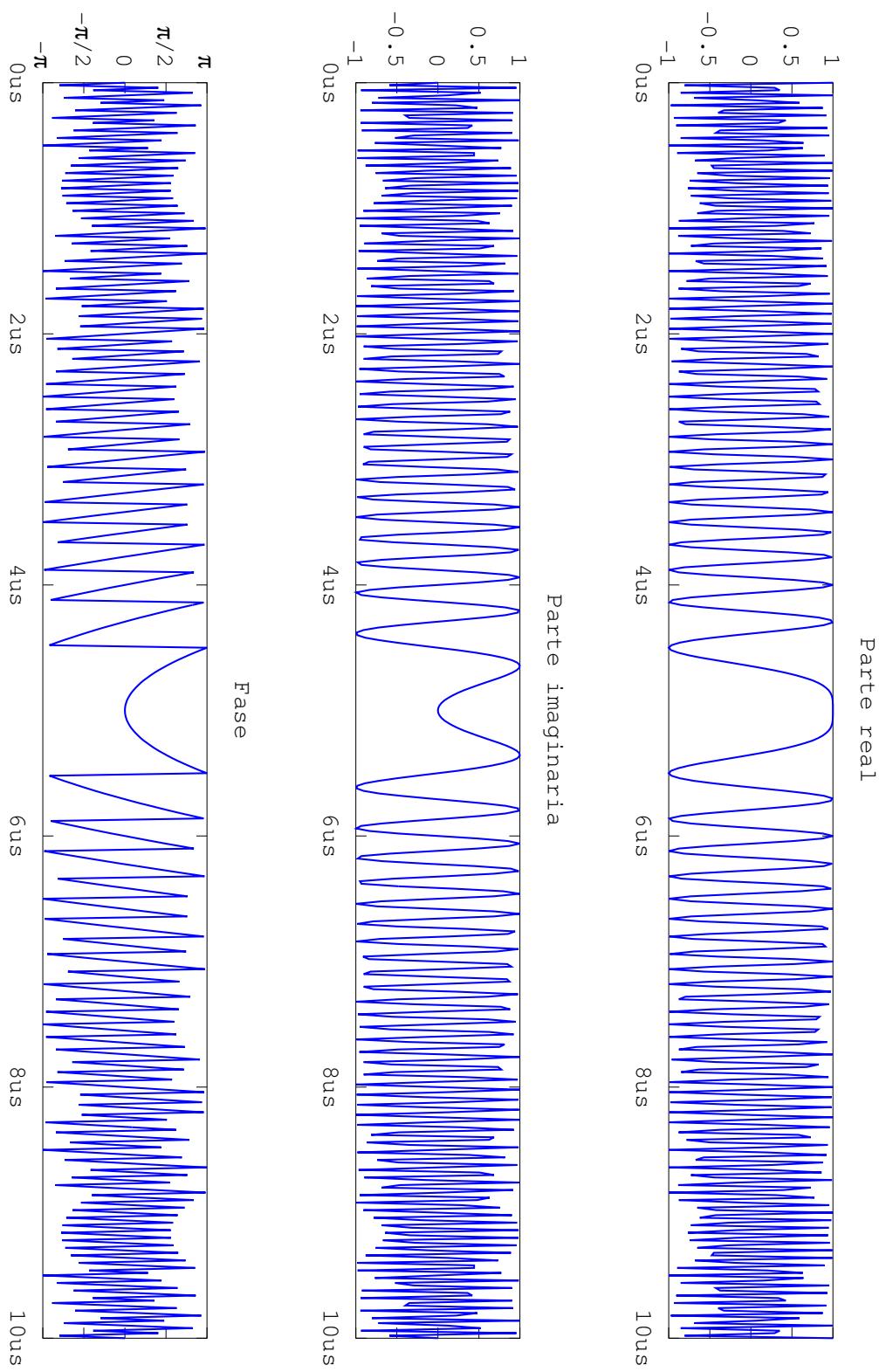


Figura 2: Chirp emitida por el SARAT (no modulada)

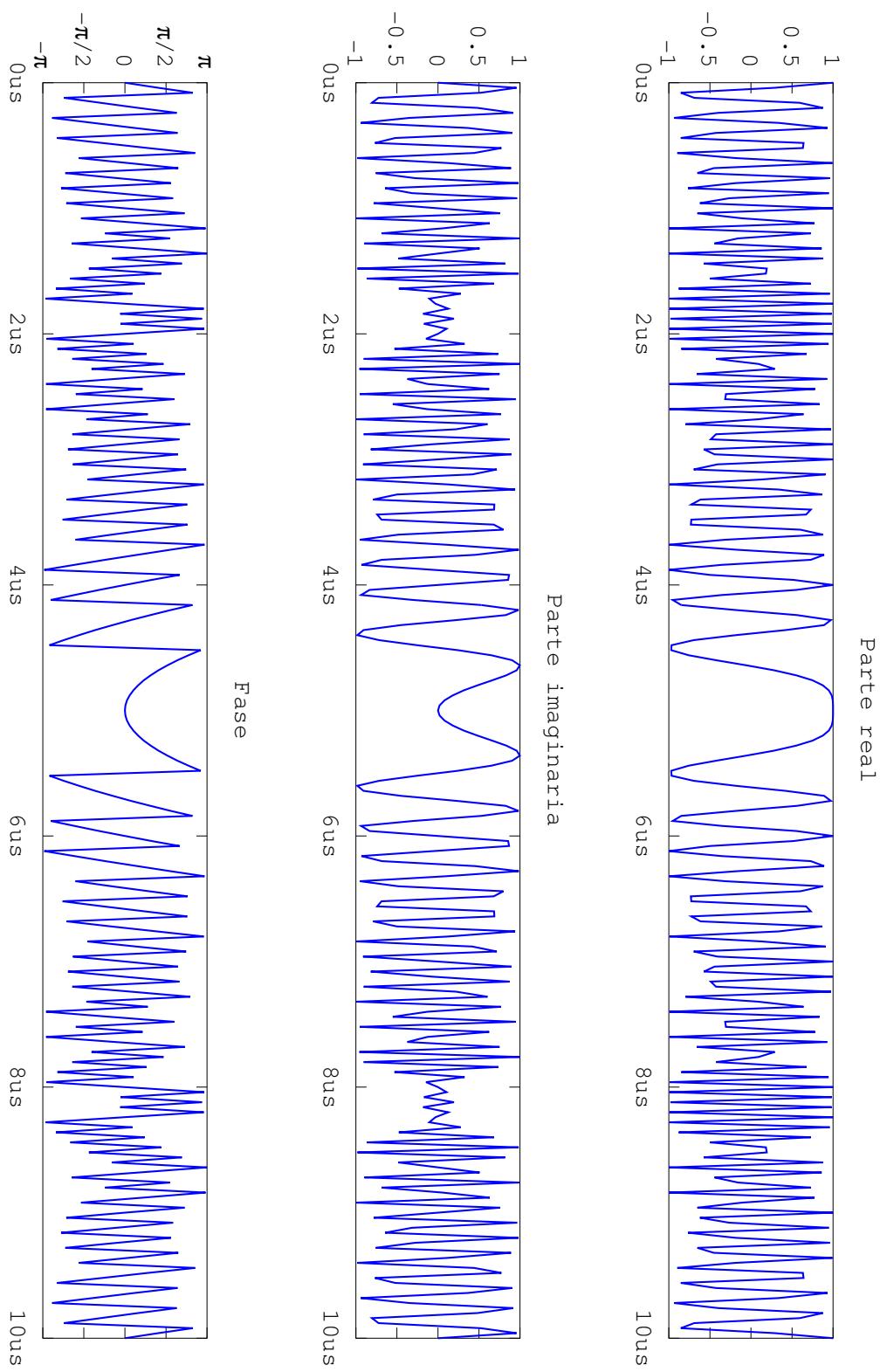


Figura 3: Chirp emitida por el SARAT (no modulada) submuestreada

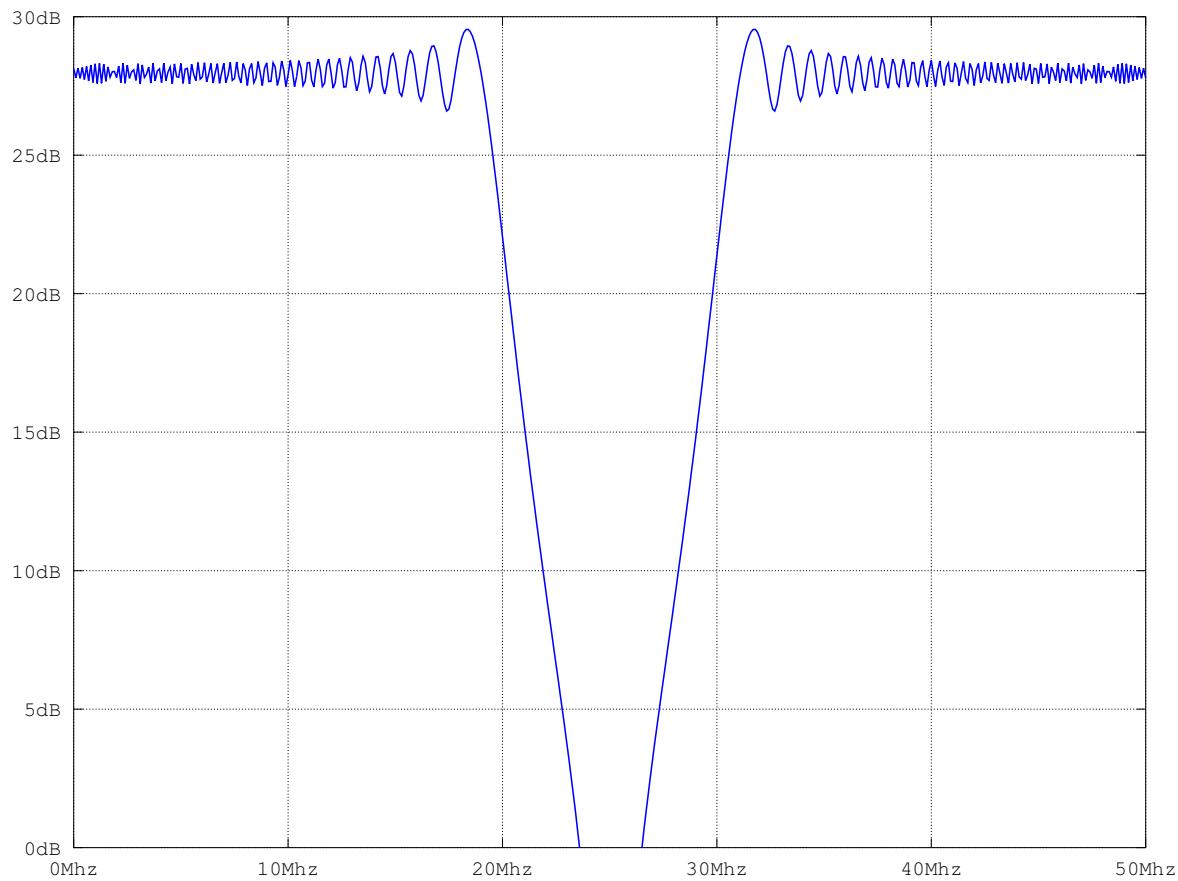


Figura 4: Espectro de la Chirp emitida por el SARAT (no modulada)

La chirp tiene una frecuencia máxima de 20Mhz y por Nyquist la mínima frecuencia de muestreo que podemos usar es 40Mhz, si no se satisface el criterio de Nyquist se producen resultados como el de la figura 3.

## 2.2. Ejercicio 3

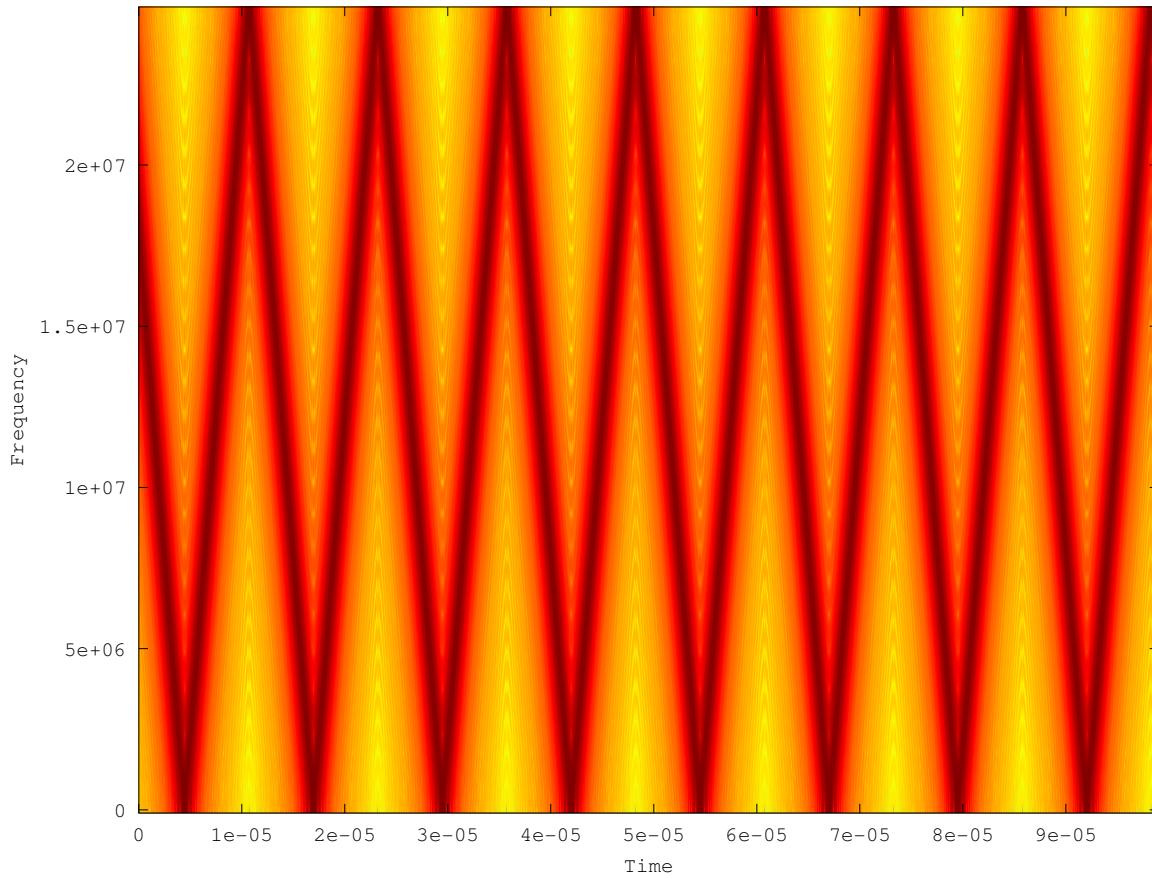


Figura 5: Espectrograma de la Chirp emitida por el SARAT (no modulada)

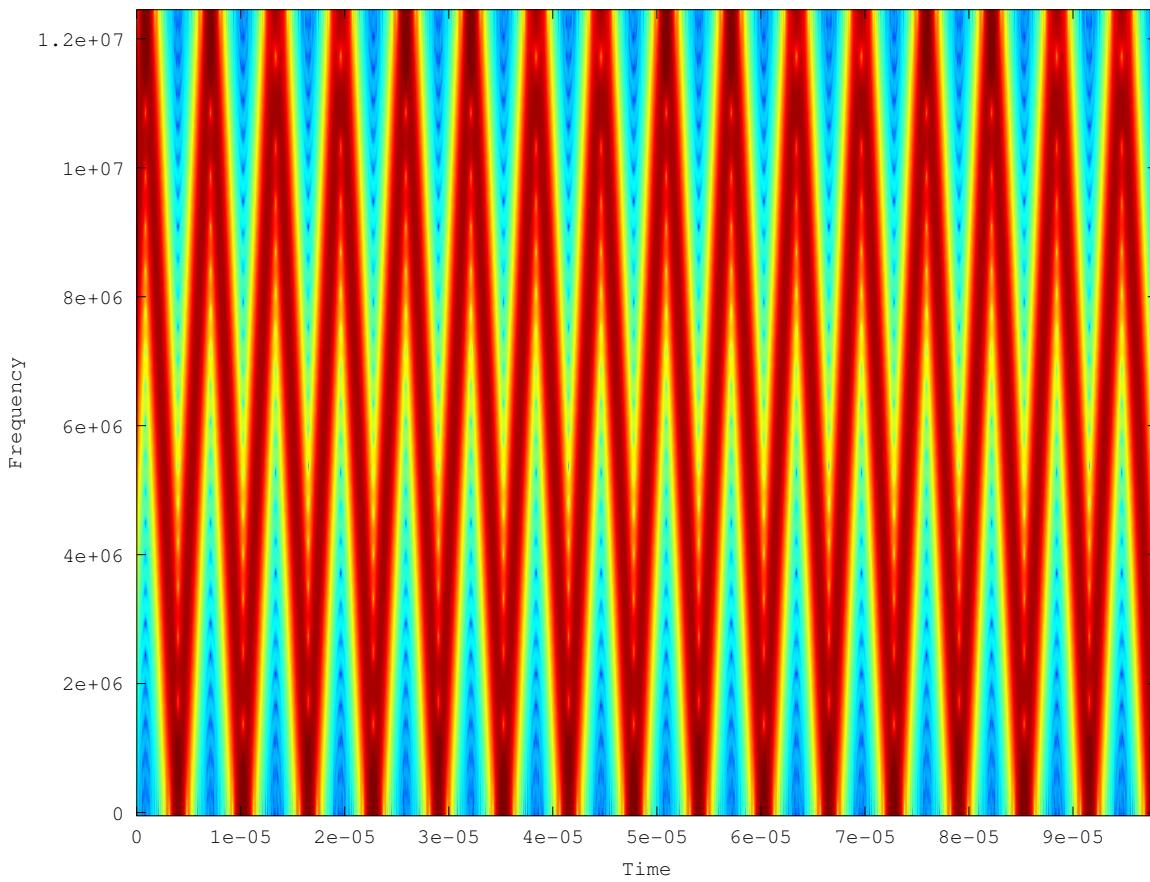


Figura 6: Espectrograma de la Chirp emitida por el SARAT (no modulada) submuestreada

### 2.2.1. TODO Tipo y ancho de ventana, explicación

### 2.3. Ejercicio 4

La chirp está definida como:

$$\text{chirp}(t) = e^{j\phi(t)}$$

Donde  $\phi(t)$  es la fase en función del tiempo. Como ya se mostró en el punto 2, la frecuencia instantánea  $\left(\frac{\partial\phi}{\partial t}\right)$  de la chirp (figura 7) es

$$f_{\text{inst}}(t) = 2k_1t + k_2$$

Donde  $k_2$  es la frecuencia inicial y  $2k_1$  es el incremento de frecuencia por unidad de tiempo.

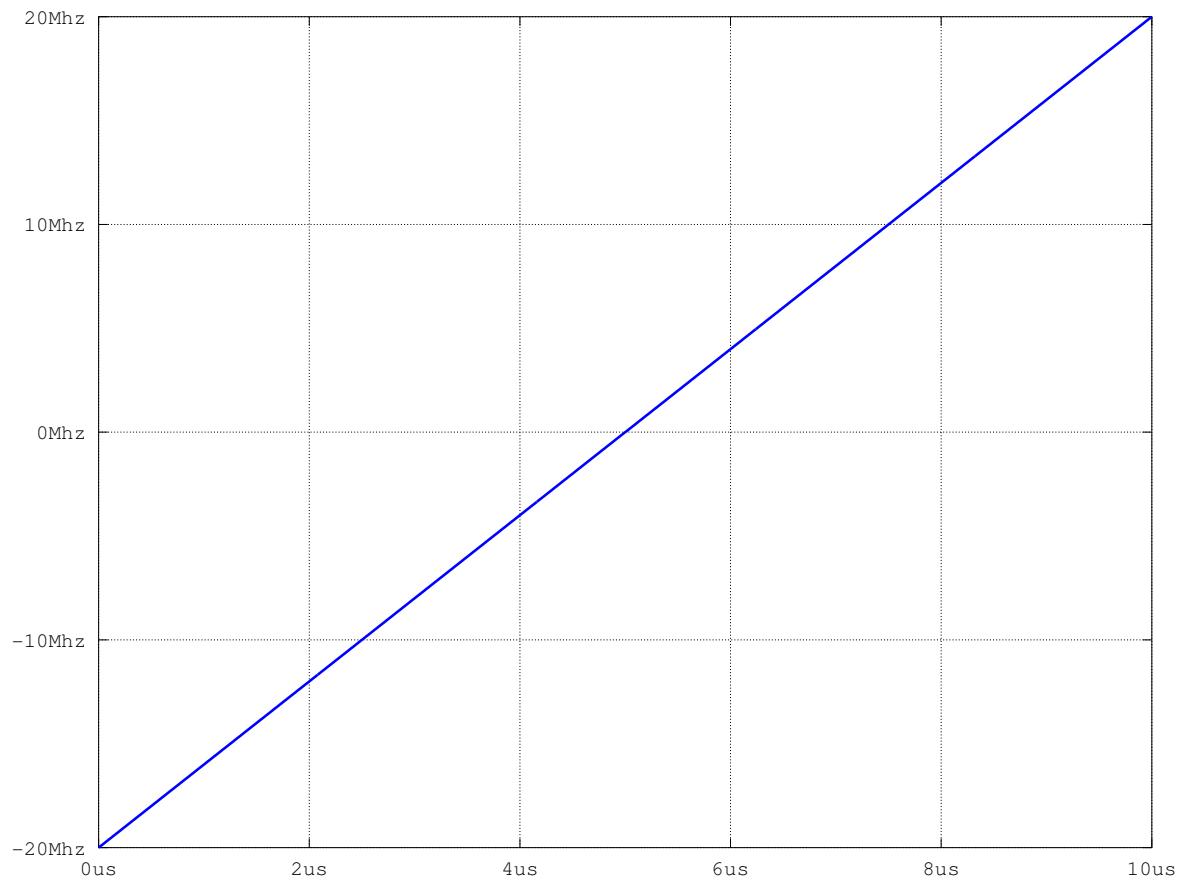


Figura 7: Frecuencia instantánea de la chirp

### **2.3.1. TODO ancho de banda formalmente**

### **2.4. Ejercicio 5**

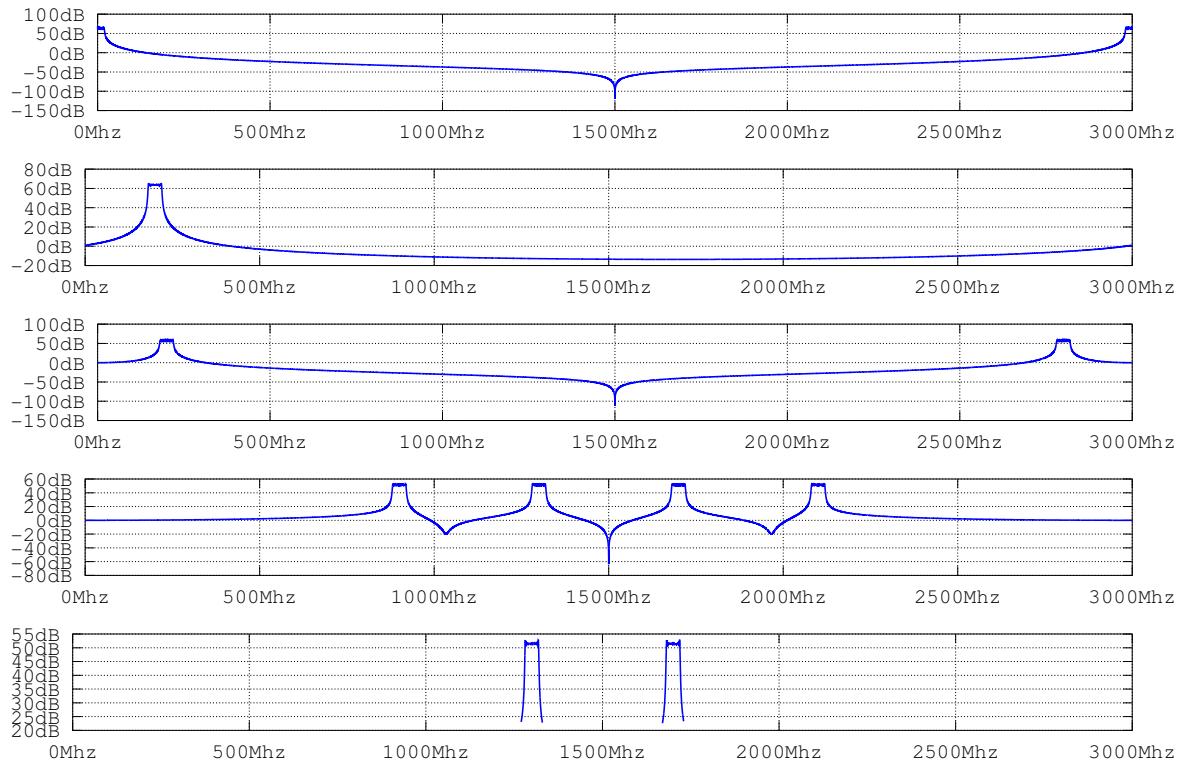


Figura 8: Espectro de las señales en las diferentes fases del modulador (ideal)

### **2.4.1. TODO**

### 3. Parte digital

#### 3.1. Ejercicio 9

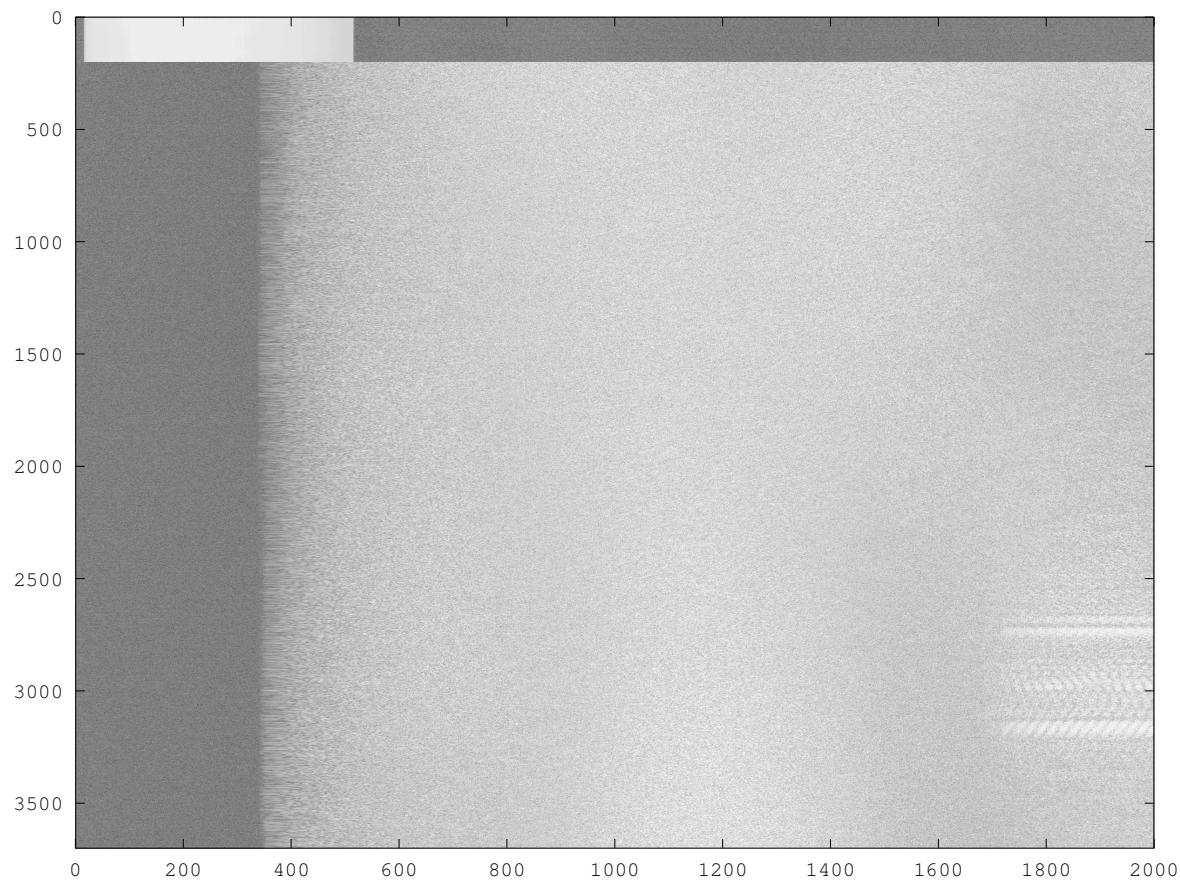


Figura 9: Datos crudos del SARAT (subset)

### 3.1.1. TODO cálculos

## 3.2. Ejercicio 10

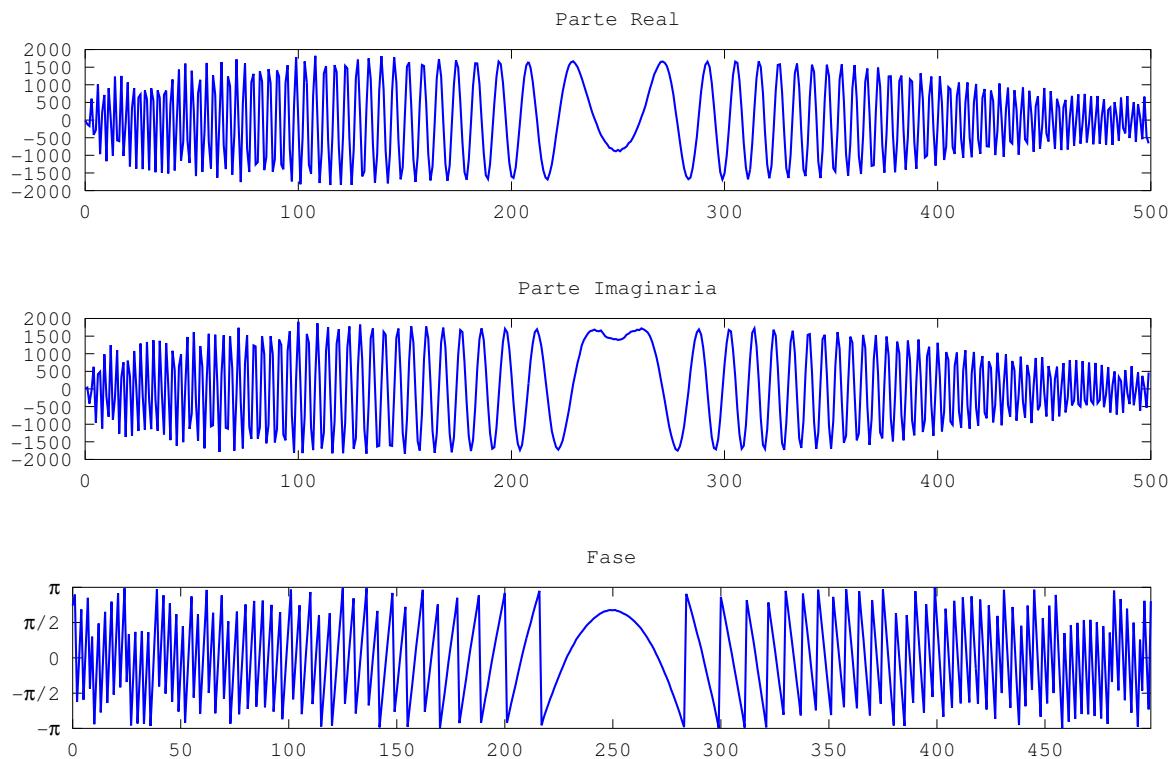


Figura 10: Chirp real del SARAT

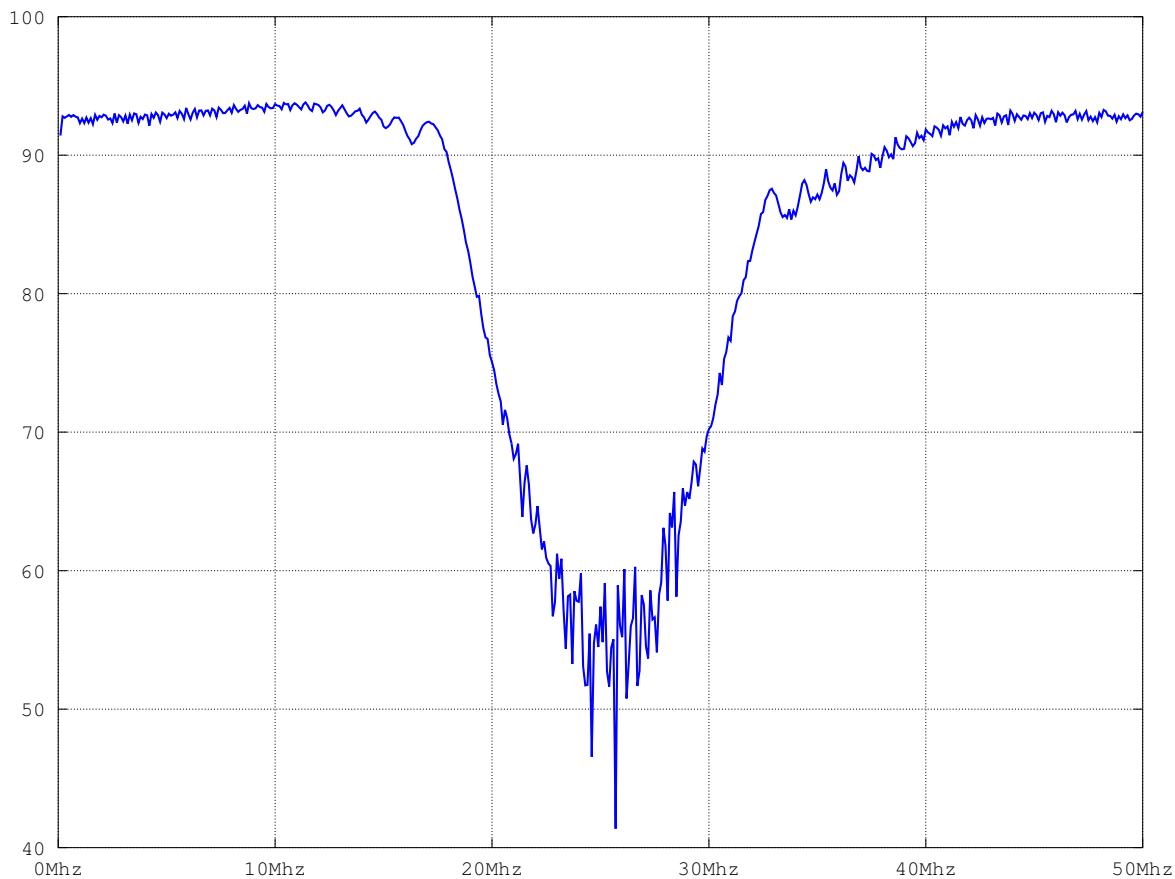


Figura 11: Chirp real del SARAT (espectro)

### 3.3. Ejercicio 11



## 4. Compresión del pulso

### 4.1. Ejercicio 13

La relación entre la correlación de dos funciones con su transformada de Fourier es la siguiente:

$$\begin{aligned}\mathcal{F}[x[n] \star y[n]](\Omega) &= \sum_{n=-\infty}^{\infty} x[n] \star y[n] e^{-j\Omega n} \\ &= \sum_{n=-\infty}^{\infty} \sum_{k=-\infty}^{\infty} x[k] y^*[k-n] e^{-j\Omega n} \\ &= \sum_{k=-\infty}^{\infty} x[k] \sum_{n=-\infty}^{\infty} y^*[k-n] e^{-j\Omega n} \\ &= \sum_{k=-\infty}^{\infty} x[k] Y^*(\Omega) e^{j\Omega k} \\ &= \sum_{k=-\infty}^{\infty} x[k] e^{j\Omega k} Y^*(\Omega) \\ &= X(-\Omega) Y^*(\Omega)\end{aligned}$$



## 5. Compresión en rango



## **6. Compresión en azimuth**



## 7. Algoritmo de compresión