

Capítulo 7: Presentación de Resultados

7.1 Oscilador y generador

Las primeras pruebas que se realizaron fueron relacionadas al espectro que cubre el VCO. Éstas se realizaron en el Instituto Nacional de Óptica, Astrofísica y Electrónica con la ayuda del analizador de espectros *Hewlett Packard* 8592B. Al igual que la antena y la línea coplanar, el conector para el analizador es de tipo *SMA (SubMiniature version A)*. En las Figuras 7.1 y 7.2 se presenta la parte del espectro que se está cubriendo.

El valor mínimo es de 1.8680GHz con una potencia de -1.05dBm, mientras que el valor máximo es 2.0820GHz con una potencia de 5.06dBm. Se debe recalcar que el analizador de espectro presenta una atenuación de 10dB, como se puede apreciar en las imágenes. El valor de la potencia cuando la gráfica comienza a subir es de -37.82dBm a 1.8220GHz y cuando termina de bajar es de -34.02dBm a una frecuencia de 2.118GHz.. Debido a la velocidad de barrido del generador de funciones la parte del espectro cubierto varía con el tiempo. En la Figura 7.3 se muestra el caso en el que el VCO abarca el menor rango de frecuencias. En este caso se llega a una frecuencia de 2.0820GHz con una potencia de 7.64dBm. Cuando la gráfica comienza a subir se tiene un valor de -43.63dBm a una frecuencia de 1.8640GHz y de -37.11dBm a 2.0820Ghz cuando la gráfica termina de bajar.

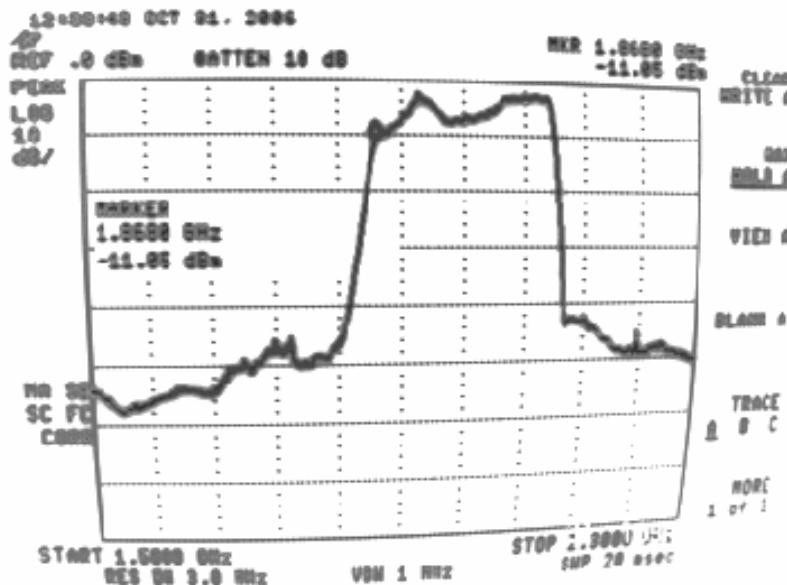


Figura 7.1 Valor mínimo del espectro abarcado por el jammer

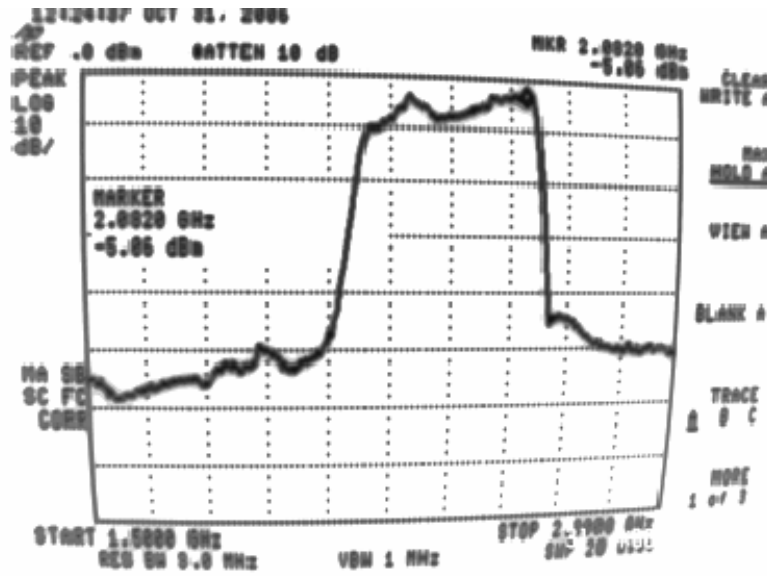


Figura 7.2 Valor máximo del espectro abarcado por el jammer

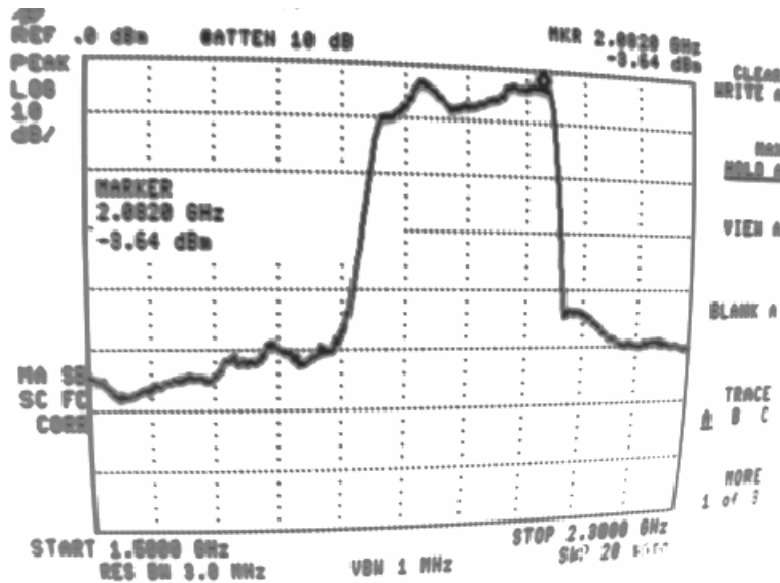


Figura 7.3 Rango menor del espectro cubierto por el VCO

Al analizar estas gráficas y la Figura 7.4 se puede ver que se abarca por completo la banda PCS. Si bien no se cubren todos los canales *downlink* o *uplink* cuando el espectro se comprime, si se abarca al menos uno de los dos. Basta con interrumpir la comunicación de uno para inhibir la comunicación entre radiobase y unidad móvil.

La relación señal a ruido en el sistema es de 7.5 dBm para una frecuencia de 1.8680 GHz, es decir, para el valor mínimo; y de -1.55 dBm para una frecuencia de 2.0820GHz, es decir, el valor máximo.

$$S/N = -7.88 / -1.05 = 7.50dBm \text{ Ecuación 7.1}$$

$$S/N = -7.88 / 5.06 = -1.55dBm \text{ Ecuación 7.2}$$

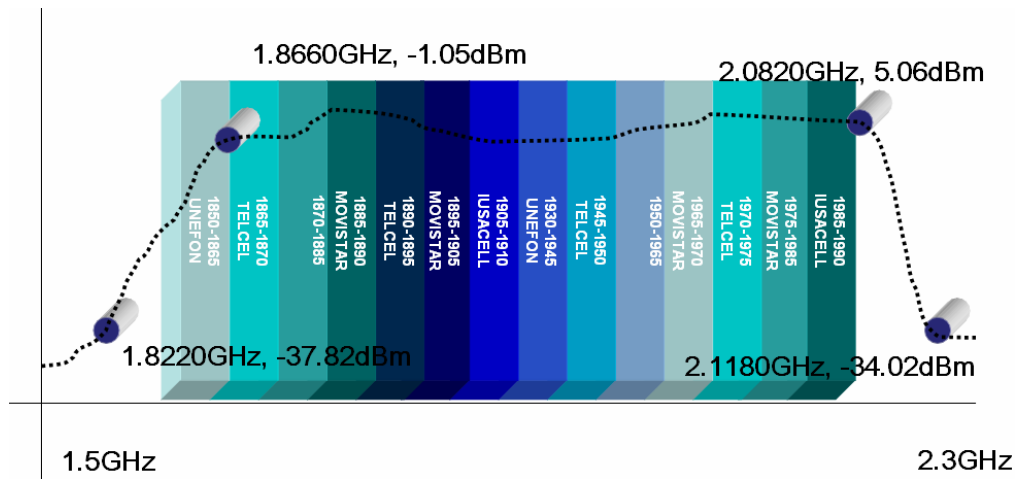


Figura 7.4 Bandas PCS cubiertas por el jammer

Las pruebas referentes al generador de funciones se realizaron por medio de un osciloscopio *Hewlett Packard*. Se puede observar en la Figura 7.5 los valores máximos (16.37V), mínimos (12.00V) y frecuencia (1.667MHz) de la onda encargada de alimentar el VCO.

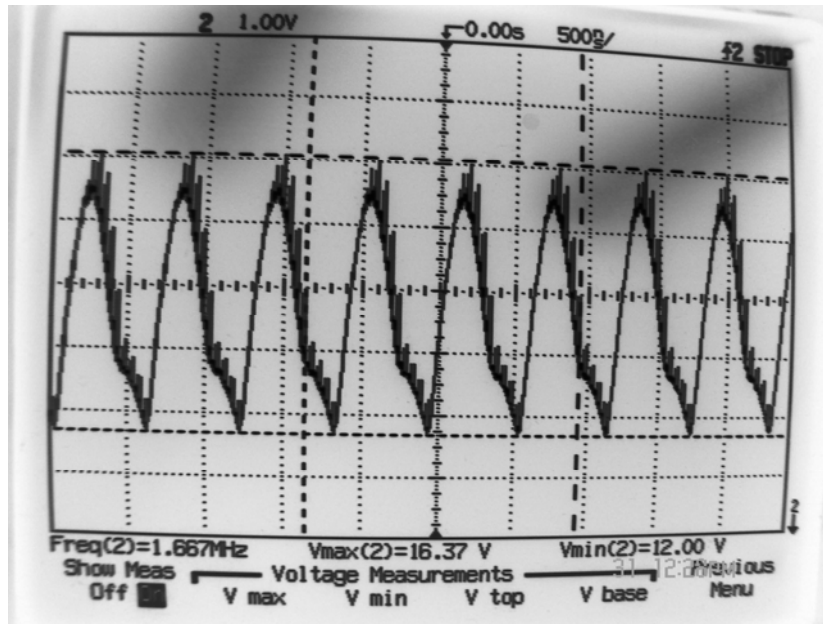


Figura 7.5 Onda generada por el XR-2206

En la imagen anterior podemos ver que al aumentar la frecuencia la onda triangular se distorsiona y pierde toda simetría. Sin embargo, para los propósitos del *jammer* esto no tiene relevancia. Se pretende variar el voltaje de manera constante para que el VCO barra el espectro uniformemente. La frecuencia se encuentra en el rango deseado y se optimizó mediante prueba y error para lograr interrumpir la comunicación de manera eficiente. Por otro lado, los voltajes teóricos de barrido difieren en gran medida de los reales. En la Tabla 6.1 se puede ver que el rango teórico está entre 14V y 18V, mientras que el real está entre 12 y 16.37V. Esto quiere decir que para 16.37V tenemos una frecuencia de 2.0820GHz; según la tabla 6.1 este valor sobrepasa los límites del JTOS-2000. El valor máximo que se muestra en esta tabla es de 2081.16MHz al aplicarse un voltaje sintonizador de 22 V.

7.2 Área de cobertura

Las últimas pruebas realizadas fueron referentes al área de cobertura del *jammer*. Estas pruebas se realizaron en un cuarto de 3.66m de largo por 7m de ancho. Cabe resaltar que hay una ventana colocada en una de las paredes del cuarto y que una radiobase está colocada cerca de la ubicación.

El proceso fue el siguiente:

- a. Se colocó el *jammer* aproximadamente en el centro del cuarto.
- b. Se insertó una tarjeta SIM de TELCEL.
- c. Se ubicó al teléfono a una distancia de 4 metros y a 0° con respecto del *jammer*.
- d. Se fue acercando el teléfono para ver en qué momento la señal sufría alteraciones.
- e. No se movió de manera rápida el teléfono, se hizo lentamente para dar tiempo a las señales de sincronización entre estación base y unidad móvil. El *jammer* no actúa inmediatamente, debe esperar a que la estación base busque si el móvil sigue dentro de su área de cobertura. Es en este momento cuando el teléfono encuentra la señal del *jammer* y por ende, la señal de la red celular se torna invisible.
- f. Al encontrar la distancia máxima se registró para esa dirección.
- g. Se esperó a que el móvil recuperara la señal alejándolo del *jammer* y dando tiempo a las señales de sincronización.
- h. Se movió la ubicación del teléfono 45° aproximadamente y se colocó a unos 4 metros. El proceso fue el mismo para cada dirección hasta dar la vuelta completa al *jammer*.
- i. Posteriormente se cambió de tarjeta SIM por una de MOVISTAR.
- j. Se repitió el proceso para esta red.

Estas mediciones se realizaron con un teléfono móvil marca *Sony Ericsson* modelo K750i; del cual, se muestra el espectro del enlace de subida en la Figura 7.6 para la red TELCEL. En esta imagen se puede ver como *GSM* salta en frecuencia para tratar de evitar cualquier interrupción o interferencia en la señal y que la potencia tiene un valor de -7.08dBm. La Figura 7.7 muestra el área de cobertura real del *jammer* para la red TELCEL y la Figura 7.8 se encarga de la red MOVISTAR. En estas dos figuras se puede ver que el *jammer* está colocado en el centro y la unidad móvil se va moviendo alrededor de él. También se aprecia una brújula que indica la dirección de las mediciones. Mediante estas dos figuras se puede ver el rango de cobertura para cada dirección, y se puede concluir que el *jammer* trabaja exitosamente a casi 2 metros a la redonda dependiendo de la colocación de la radiobase de la operadora celular.

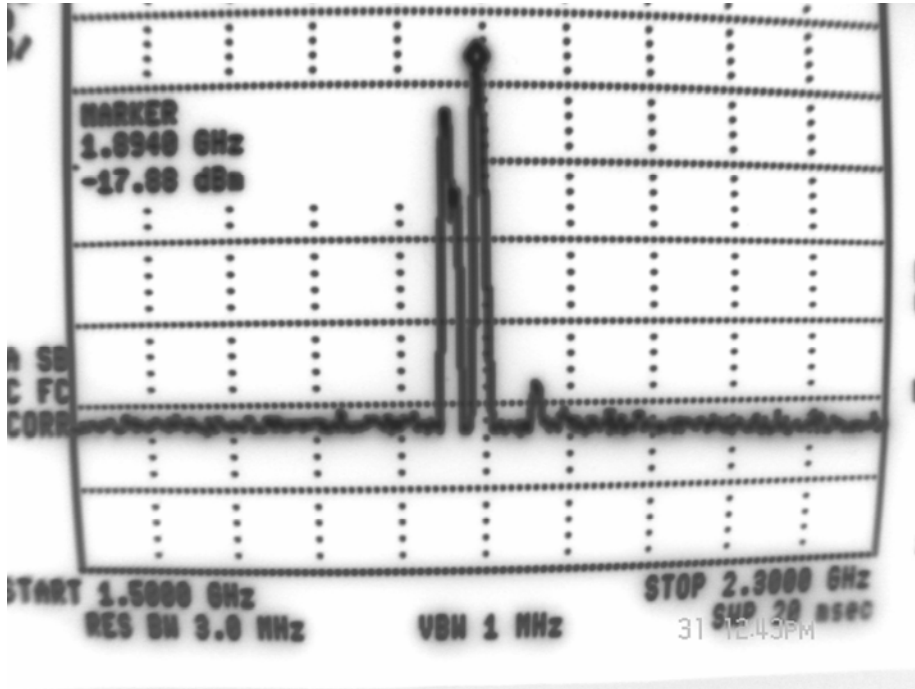


Figura 7.6 Enlace de subida de TELCEL

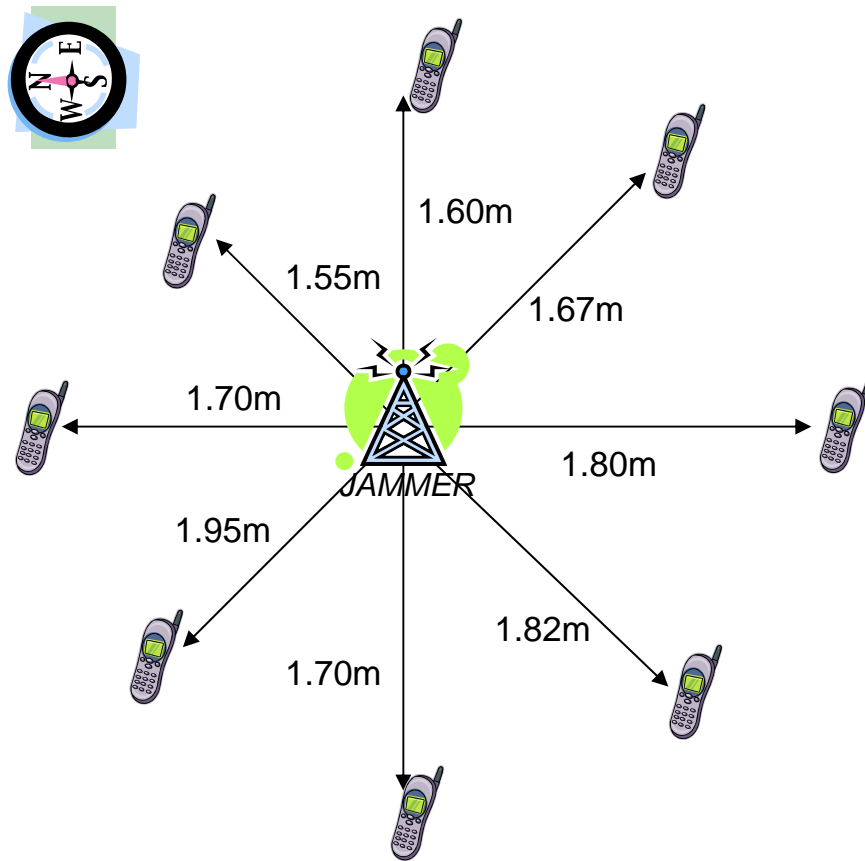


Figura 7.7 Área de cobertura del jammer para la red TELCEL

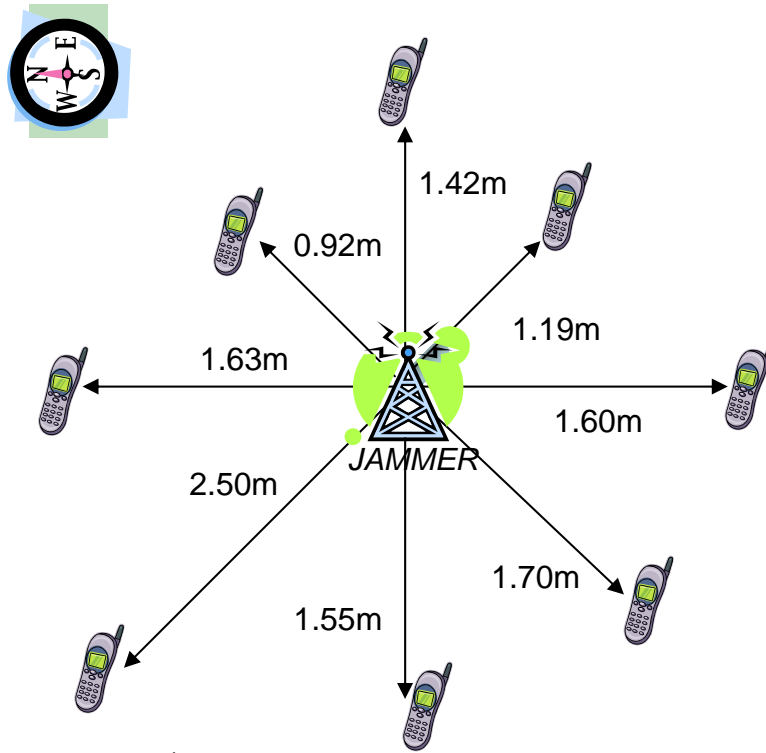


Figura 7.8 Área de cobertura del jammer para la red MOVISTAR