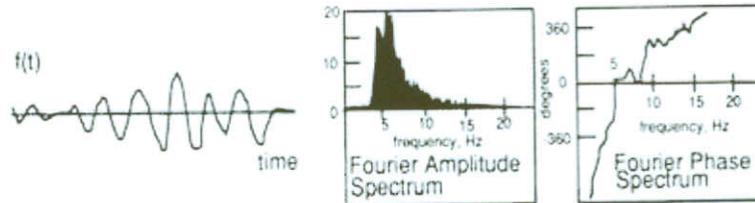


$$f(t) = \frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^{+\infty} F(\omega) e^{i\omega t} d\omega \quad (1)$$

$$F(\omega) = |A(\omega)| e^{i\phi(\omega)} = \int_{-\infty}^{+\infty} f(t) e^{-i\omega t} dt \quad (2)$$

Que finalmente genera un espectro de ruido (ver Figura 3), al representar funciones de tiempo transitorias como funciones en el dominio de la frecuencia. En la ecuación (2)  $\omega$  es la frecuencia angular,  $A(\omega)$  es la amplitud de cada componente armónico y  $\phi(\omega)$  es la correspondiente fase de cambio. Los espectros de Fase y Amplitud son necesarios para proporcionar una serie completa de tiempos.



**Figura 3:** Esquema de datos en función del tiempo y sus equivalentes espectros de Fourier (Lay and Wallace, 1995)

Como la integral (1) es una suma, entonces una serie de tiempos de movimientos arbitrarios del suelo pueden ser expresados como una suma de funciones periódicas. Esto es posible si los alineamientos de la amplitud y la fase de los términos armónicos sean escogidos apropiadamente y la suma se haga sobre la distribución continua de las funciones armónicas (Lay and Wallace, 1995).

En la práctica estas transformaciones se realizaron a través del software *PWS.FOR* (Rendón, 2000) y los datos en el dominio de la frecuencia fueran graficados en el programa *GMT (Generic Mapping Tools)* para su posterior análisis.

## Resultados

La selección de los sitios más adecuados para la red local, cuya función es el registro de eventos de pequeña magnitud o microsismos ha sido un proceso largo y complicado por la gran cantidad de población que habita la zona de cobertura de la red que representa una fuente de ruido importante, por la inseguridad que esto implica para el equipo ha instalar y una densa topografía sumado a la inestabilidad del terreno. La ubicación preliminar de los lugares antes mencionados se basaron en estas y otras consideraciones ya mencionadas antes, sin embargo, los espectros de ruido varias veces no arrojaron resultados alentadores en cuanto a la calidad de los mismos

El algunos casos ha sido necesario cambiar la ubicación de alguno de estos sitios por la cercanía que poseen con ríos, quebradas y carreteras, como el caso de Araira (ver Figura 4) que aunque se encuentra alejado de centros poblacionales, posee un bajo nivel de ruido en el rango de frecuencia inferior a 2 Hz pero vemos como éste aumenta bruscamente en las altas frecuencias (mayor a 2 Hz) originado posiblemente por una carretera cercana a aproximadamente 50 metros del lugar de la medición. El tráfico automotor puede ocasionar una aumento de 10 a 20 dB de los niveles de ruido normales (Bormann, 2001).

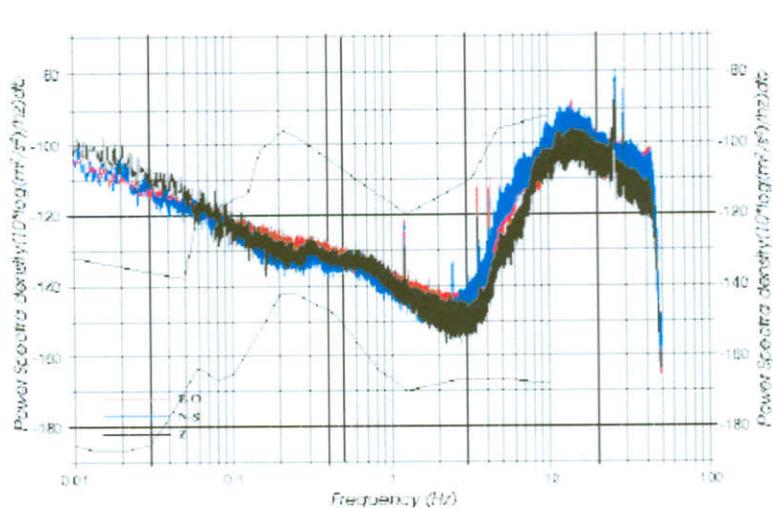


Figura 4: Espectro de una medición de 15 horas en Araira. Fecha: 05-06-2002.

La seguridad de una estación es un punto importante a la hora de la selección, es por esto que un lugar probable para la instalación de una de las estaciones es el IVIC (Instituto Venezolano de Investigaciones Científicas), en el Km 16 de la carretera Panamericana, Edo. Miranda. Sin embargo, el espectro generado de las mediciones indica altos niveles de ruido, sobretodo en las componentes E-O y N-S (ver Figura 5). El bajo nivel de población y posibles fuentes de ruido en la gran extensión del territorio que ocupa el IVIC, alejado además de otros centros poblados podría indicar una selección poco adecuada del sitio de la medición dentro del mismo (cercano a torres alta tensión, cuyos campos electromagnéticos son una fuente importante de ruido también).

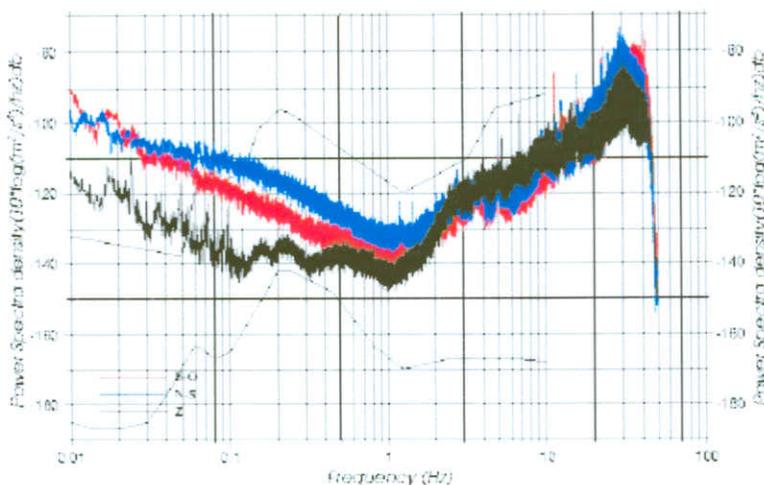
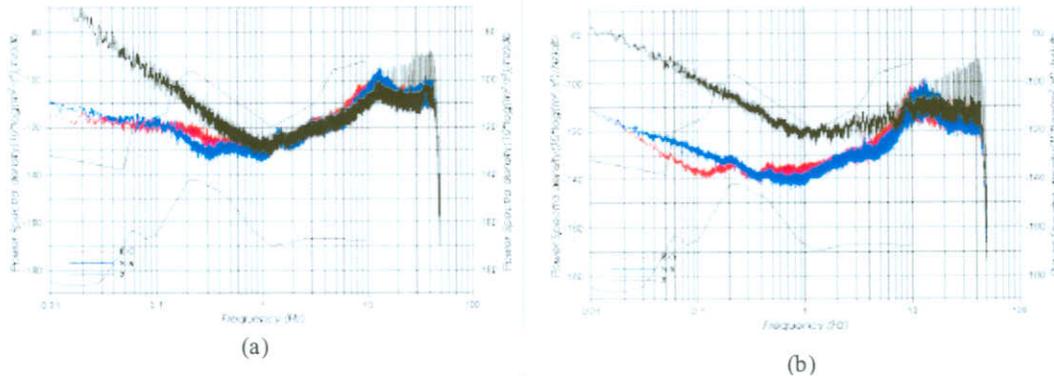


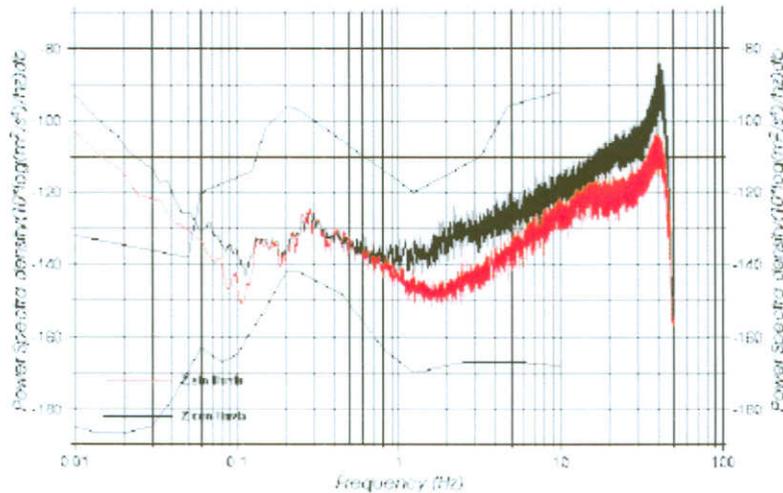
Figura 5: Espectro de una medición de 24 horas en IVIC (Instituto Venezolano de Investigaciones Científicas). Fecha: 03-11-2001.

La abrupta topografía también ha dificultado encontrar un lugar adecuado para instalar las estaciones en la costa, al norte de la ciudad de Caracas. La propagación de las ondas sísmicas en la cima de montañas como el Ávila, con grandes pendientes, así como en valles profundos es muchas veces impredecible y posee una desfavorable influencia sobre las ondas y sus amplitudes por la infinidad de reflexiones que sufren en su viaje hacia la cima, o desde la cima hasta los valles (Bormann, 2001). Quizás esto sea la razón de los altos niveles de ruido en la medición de Castillo de Cumbres, ubicada en el “Camino de los Españoles”, Parque Nacional El Ávila (ver Figura 6), sobretodo en la componente Z.

En la Figura 6 también es posible observar las variaciones de los niveles de ruido durante el día y la noche, ocasionado por el cambio de las mareas terrestres y las diferencias de temperatura, siendo este cambio más pronunciado en las componentes N-S y E-O.



**Figura 6:** Castillo de Cumbres, Parque Nacional el Ávila. (a) Espectro de 8 horas realizado durante el día (8 a.m. a 4 p.m.) (b) Espectro de 8 horas realizado durante la noche (8p.m. a 4 a.m.). Fecha: 02-11-2001  
El ruido sísmico posee grandes variaciones dependiendo de la estación del año y las diferencias entre el día y la noche (el ruido durante el día puede aumentar en un orden de entre 10 y 12 dB con respecto a la noche) (Bormann, 2001). Venezuela, por ser un país tropical, no posee cambio de estaciones como Invierno y Verano, por lo tanto, no sufrimos de cambios bruscos de temperatura que puedan afectar dramáticamente el ruido de las estaciones, sin embargo, las condiciones climatológicas locales como viento, lluvia y tormentas eléctricas son una fuente importante de ruido a considerar. Un ejemplo de esto lo presenta la medición hecha en Tinaquillo (ver Figura 7), en donde se puede ver claramente el aumento de los niveles de ruido con lluvia y sin ella para la componente Z.



**Figura 7:** Espectro de 1 hora en Tinaquillo, con lluvia y sin lluvia. Fecha: 17-09-2002

### Conclusiones y Recomendaciones

Como se mencionó anteriormente, encontrar aquellos lugares en los que se pueda lograr un equilibrio entre bajos niveles de ruido y alto grado de seguridad para las estaciones de la red representa un gran reto para el proyecto.

Basados en los resultados del análisis de los espectros de ruido, algunos de los 10 lugares previamente seleccionados han demostrado no ser muy adecuados por sus altos niveles de ruido, sin embargo, hay