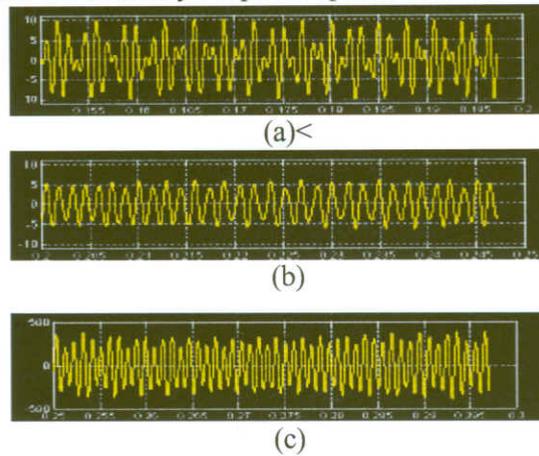
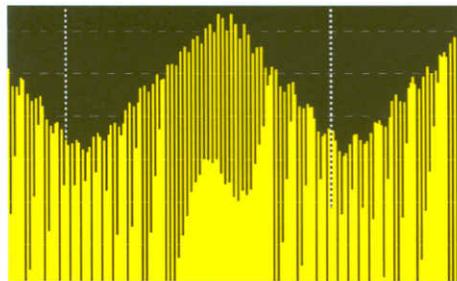


- **Por filtros con cruce por cero.** No es precisamente un método, sino el uso de filtros digitales para separar las señales y así poder aplicar el método de cruce por cero.



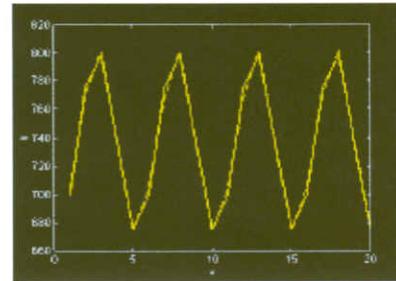
Gráfica 10 .

De arriba a abajo. (a) Señal VCO de 680 Hz sumada con 1020 Hz portando 20Hz y 15 Hz respectivamente. (b) Señal VCO de 680 Hz filtrada.(c) Señal de 1020 Hz filtrada.



Gráfica 11

La y representa la frecuencia y la x el tiempo. (680 Hz de VCO portando 20 Hz)



Gráfica 12

La señal ya recuperada y comparada con la señal original. Línea punteada es la señal demodulada.

| COMPARACIÓN ENTRE METODOS RESPECTO A LA RELACIÓN SEÑAL A RUIDO. | | |
|--|---|------------------------------------|
| <i>METODO</i> | <i>Valor error cuadrático medio (%)</i> | <i>Relación señal a ruido (dB)</i> |
| DEMODULADOR BASICO | 3 | 30 |
| DEMODULADOR POR CERO | 0.44 | 47 |
| DEMODULADOR POR PENDIENTE | 0.16 | 55 |
| DEMODULADOR USANDO FILTROS USANDO DEM. CERO | 0.559 | 45 |
| DEMODULADOR POR FOURIER | <3 | < 30 |

Tabla 2

Comparación entre métodos respecto a la relación señal a ruido.

La relación señal a ruido es calculada como:

$$S/N(\text{dB})=20\log(100/\text{Error})$$

(3)

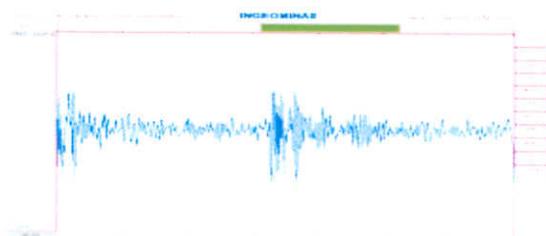
| COMPARACIÓN ENTRE MÉTODOS RESPECTO A LOS CÁLCULOS DE DEMODULACIÓN | | |
|---|---------------------------|--------------------------------------|
| METODO | Complejidad del algoritmo | Operaciones por muestreo y por canal |
| DEMODULADOR BASICO | | 494 |
| DEMODULADOR POR CERO | Bajo | 280 |
| DEMODULADOR POR PENDIENTE | Bajo | 357 |
| DEMODULADOR USANDO FILTROS USANDO DEM. CERO | Medio | 245+280(cero)=525 |
| DEMODULADOR POR FOURIER. | Alto | 117.9+219.2(un canal)=337.2 |

Tabla 3
Comparación entre métodos respecto a los cálculos de demodulación

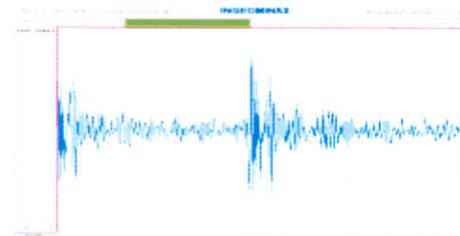
De todos estos métodos se escogió para la aplicación software, el *demodulador de cruce por cero usando filtros*, que exigía pocas operaciones y su relación señal a ruido es buena.

4. COMPARACIÓN ENTRE SISTEMAS

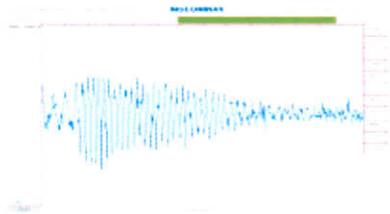
Para verificar la efectividad del nuevo método de adquisición y demodulación se implementó **Demsw.exe** que ejecuta en tiempo real los algoritmos hechos en **MatLab**. Posteriormente se simularon dos sismos, uno de alta frecuencia y uno de baja frecuencia, y se grabaron simultáneamente en ambos sistemas.



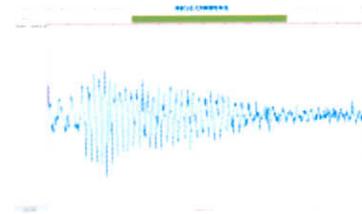
Gráfica 13
Sismo de alta grabado con el
Xdetec16.exe



Gráfica 14
Sismo de alta grabado con el
Demsw.exe.



Gráfica 15
Sismo de Baja grabado con el
Xdetec16.exe.



Gráfica 16
Sismos de Baja grabado con el
Demsw.exe.

Es de anotar en las anteriores gráficas que:

- En el sistema **Xdetec16.exe** el sistema ha recortado la señal por sobremodulación ya que los límites los impone el hardware. En el nuevo método los límites son software, ya que es un problema numérico.
- Aunque en el sistema nuevo tal vez se observa más definición (ruido) es debido a que la tasa de muestreo es de 87, por lo que la máxima frecuencia muestreada es 43 Hz.
- La señal del sistema **Xdetec16.exe** tiene menos definición por que el discriminador usado tiene un ancho de banda de 30 Hz, así el sistema digitalice a 100 Hz.
- Si se filtra la señal del sistema **Demsw.exe** hasta 30 Hz, entonces las dos señales se ven idénticas. Esto es debido a que ambas poseen el mismo ancho de banda.
- Por último las gráficas dicen más que suficiente de la efectividad del método usado por **Demsw.exe**, por lo que la teoría se verifica de forma satisfactoria en la práctica.

5. PROCESAMIENTO DE UNA ESTACIÓN SISMOLÓGICA

Sea, por ejemplo, una señal de 680 Hz y una de 1.020 Hz que llegan por un radio de UHF sumadas y es necesario recuperarlas. El procedimiento a seguir es:

1. La señal sumada se separa mediante dos filtros digitales independientes de 680 Hz y 1.020 Hz de 250 Hz de ancho de banda.
2. Luego se llevan los datos de cada uno al demodulador de cruce por cero para determinar la frecuencia instantánea a partir del grupo de bloque seleccionado (512 datos) que determina la frecuencia de muestreo.
3. Estos datos son colocados en el rango de 2.048 como línea base y son truncados los decimales que arroja el exceso de bit, si los hubiere.

6. EL PROGRAMA DEMSW.EXE

Demsw.exe es una aplicación para Windows 98 que aprovecha toda la potencia del PC para emular circuitos discretos mediante software.

En realidad **Demsw.exe** es un nuevo **Xdetec16.exe** cuya principal característica es que no usa una tarjeta DATATRANSLATION para adquirir las señales, sino que usa una tarjeta de sonido para PC. De esta forma, la tarjeta de sonido reemplaza el siguiente hardware:

- Todos los discriminadores.
- La tarjeta DATATRANSLATION.

El software del **Demsw.exe** reemplaza el **Xdetec16.exe** y lo emula en un 80 %. Las características más importantes son:

- Utiliza toda la teoría descrita para usar la tarjeta de sonido como elemento de adquisición
- Usa el mismo archivo de configuración XXX.INP con sólo tres pequeños cambios documentados.
- Los archivos de salida son tipo SUDS.
- Funciona bajo Windows 98, y se puede aprovechar la red para bajar los datos a otro PC.
- Usa la funcionalidad multimonitor de Windows 98 para visualizar registradores virtuales (4 pantallas).
- Usa un pequeño hardware exterior para sumar señales, protector de descargas y el VCO para la inclusión del tiempo satelital.
- Puede recibir hasta 16 canales, teóricamente.
- Maneja directorios por día de forma automática.
- Mejor resolución en el equivalente detector **sta/lta**.
- Asignación dinámica de nombres.
- Manejo de niveles y entradas por software mediante el mezclador de Windows.
- Reproduce un archivo de audio cuando ocurre un evento.

7. CONCLUSIONES

Después de haberse expuesto, los métodos y los resultados visuales del **Demsw.exe**, es interesante ver las características de la aplicación con respecto al sistema **Xdetec16.exe** de adquirir los datos.

El nuevo sistema comparado con el anterior:

- Posee más ruido cuando las subportadoras son bajas (680 Hz).
- Tiene excelente linealidad en amplitud.
- Tiene excelente linealidad en frecuencia(desde DC a frecuencia de muestreo/2).*
- La linealidad no depende en exclusiva del Hw sino también del SW.
- La calidad de la señal no depende toda del Hw.
- La calidad de la señal depende del manejo numérico y de los algoritmos. Esto se comprueba cuando el manejo de variables en lenguaje C se cambia de int a long, y luego de float a double**.
- El sistema difícilmente es saturado ya que tiene rangos amplios de demodulación. De esta forma puede trabajar sobre anchos de banda estrechos o grandes sin ninguna limitación(respuesta en amplitud).

* Generalmente la frecuencia de muestreo es 100 Hz en los equipos convencionales, pero en esta aplicación es 86.13 Hz pudiéndose cambiar a 172.26 Hz y 344.53 Hz.

**Definiciones del tipo de número en el lenguaje de programación C.

8. BIBLIOGRAFÍA

Libros:

- ABEL, P. 1996. Lenguaje ensamblador y programación para PC IBM y compatibles. 594 p. Prentice Hall. México.
- BELLANGER, M. 1987. Digital Processing of Signals. 375p. John Wiley & sons. Londres Reino Unido.
- CARDONA, C. 1999 Respuesta Instrumental de la red sísmica del volcán Puracé. INGEOMINAS, Unidad Operativa Popayán. Popayán.
- CARLSON, A. B. 1980. Sistemas de comunicación. McGraw-Hill.
- CEBALLOS, J. 1999. Visual C++6 Programación Avanzada en Win 32. 852 p. Alfaomega-rama. Madrid España.
- DÍAZ, C.; SÁNCHEZ, C. 1990. Analizador de espectro digital , basado en el microprocesador MC68000. Tesis, Univesidad de Antioquia. 78 p. Medellín.
- Formato SUDS; USGS 1980.
- GÓMEZ, D. 1990. Hardware y Software en PC. 299 p. Universidad del Cauca.
- KING, A. 1995. Windows 95. 411p. McGraw-Hill. Madrid España.
- Manual de discriminadores Kinometrics OM2.
- Manuales de registradores MQ800 Sprentnether.
- Manuales de Regitradores Kinometrics PS2.
- Manuales SOLAREX. Páneles solares.
- NAKAMURA, S. 1997. Análisis numérico y visualización con Matlab. 476 p. Prentice-Hall Hispanoamericana, SA. Edo. de México.
- OLIVERAS, N 2001. La matemática y el software del DEMSW.EXE.
- OLIVERAS, N. 2000. Teoría , métodos y aplicación de demodulación por software de señales FM, en el rango de audio, para telemetría.
- OLIVERAS, N. 2001. Aplicación de demodulación por software de señales FM, en el rango de audio, para telemetría, “Manual del usuario DEMSW.EXE”.
- PAPOULIS, A. 1978. Sistemas digitales y analógicos, transformada de fourier, estimación espectral. 308 p. Marcombo, Boixareu editores. Barcelona España.
- PAPPAS, Ch. H.; MURRAY, W. H. 1994. Manual de Borland C++4.0, 759 p. McGraw-Hill. Madrid España.
- RAIGOSA, J. 1998. PSW. Manual del Procesador de señales sísmicas para Windows. INGEOMINAS, Unidad Operativa Popayán. Popayán.
- RIDGE, P. M.; GOLDEN, D. M.; LUK, I; SINDORF, S. E. 1994. Guía oficial de la SOUND BLASTER. Segunda edición. 575 p. McGraw-Hill. Osborne.
- RIKITAKE, T.; SATO, R.; HAGIWARA, Y. 1987. Applied Mathematics for earth scientists. Terra scientific publishing company.
- SCHILDT, H. 1995. Programación en C y C++ en Windows 95. 422 p. McGraw Hill. Osborne.
- SCHWARTZ, M. 1983. Transmisión de información, modulación y ruido. 685p. McGraw-Hill. México.
- The Math Works Inc, 1998. La edición de estudiantes de Simulink. 225 p. Prentice-Hall. Madrid España.

- VERGARA, M. 1997. Windfd, Digital Designer for Windows.

Internet:

- Creative.com. Programas demostrativos para manejar la tarjeta de sonido bajo Windows 95.