

## Anexo B

### Metodología adoptada para la corrección de línea base y filtrado de acelerogramas

En este anexo se describe la metodología utilizada para el procesamiento de registros de la base de datos de movimiento fuerte. Esta metodología se basa en la propuesta de (Ancheta et al., 2013) y consiste en un proceso iterativo en donde el registro se somete a una corrección de línea base y a un proceso de filtrado en el dominio de la frecuencia. Se resalta que este procedimiento se aplicó luego de la corrección instrumental de las señales.

A continuación, se presenta una breve descripción de los pasos que componen la metodología adoptada.

1. Se lee la señal de entrada que incluye una única corrección que corresponde a la corrección instrumental.
2. Se realiza una primera corrección de línea base del registro de aceleraciones que consta en la resta del valor de aceleración promedio calculado a todo el registro.
3. Con el fin de aplicar una transformada rápida de Fourier (*fft* por la sigla en inglés de *Fast Fourier Transform*) y realizar cálculos espectrales de los registros en el dominio de la frecuencia, se agregan ceros al final del registro hasta que el número de datos de este corresponda a una potencia de 2, un requerimiento para poder utilizar correctamente la transformada *fft* debido al número de operaciones por realizar (Cooley, Lewis, & Welch, 1967).
4. Se seleccionan las frecuencias iniciales de filtrado, que en este caso corresponden a 0.01 Hz y a 3/4 de la frecuencia de Nyquist, que corresponde a la mayor frecuencia que puede ser captada dentro de un registro (Douglas & Boore, 2011)
5. Con las frecuencias de filtrado seleccionadas se procede a aplicar un filtro acausal, como el doble filtrado con un filtro causal (Boore D. M.). En este caso se utilizó un filtro Butterworth de orden 4 con el fin de obtener un mayor rango de periodos utilizables para un análisis de desplazamientos espectrales (Akkar & Bommer, 2006).
6. Luego de filtrada la señal se retiran del final del registro filtrado los valores correspondientes a los ceros adicionados en el paso “3”.
7. A partir del registro de aceleraciones filtrado, que se denomina  $A(t)$  se calcula el registro de desplazamientos  $D(t)$  por medio de una doble integración numérica.

8. Al registro de desplazamientos  $D(t)$  se ajusta un polinomio de grado 6, con los coeficientes para los órdenes 0 y 1 iguales a 0. Este polinomio se denomina  $D2(t)$ .
9. El polinomio  $D2(t)$  es derivados dos veces con respecto al tiempo para obtener un registro de aceleración denominado  $A2(t)$ . Paso seguido se calcula un vector de aceleración resultante como  $Af(t) = A(t) - A2(t)$ , con el fin de realizar una segunda corrección de línea base a partir del registro de desplazamientos.
10. Se verifica si el vector de desplazamientos es aceptable. En este caso, esta verificación se realizó de dos maneras. La primera manera fue determinando si el desplazamiento final del registro fuera menor a 0.005 cm en su valor absoluto. La segunda manera fue escoger el registro con un menor desplazamiento final luego de realizar todas las iteraciones dentro del proceso de selección de frecuencias de filtrado que se presenta en el siguiente paso.
11. Se seleccionan las frecuencias de filtrado a partir de los siguientes parámetros: frecuencias de la ventana máxima de filtrado, frecuencias de la ventana mínima de filtrado, número de intervalos y número de ciclos; parámetros que se explican a continuación.

El proceso de filtrado comienza con la selección de una frecuencia inicial para un filtrado pasa bajas ( $fl1$ ) y para un filtrado pasa altas ( $fh1$ ); además de esto se seleccionan una máxima frecuencia para un filtrado pasa bajas ( $fl2$ ) y una mínima frecuencia para un filtrado pasa altas ( $fh2$ ). También se debe seleccionar un número de intervalos “n” que indica el número de ventanas de filtrado a iterar entre la ventana máxima y mínima seleccionadas (definidas por  $fh1$  y  $fl1$  y por  $fh2$  y  $fl2$ , respectivamente) (ver Figura B1). Así, el proceso iterativo consta de  $n+1$  ventanas de filtrado dentro de las cuales se buscará la mayor ventana que cumpla con los requisitos implantados en el paso 10 del procedimiento de filtrado, o la ventana que presente un menor desplazamiento al final del registro con el fin de encontrar un mínimo local.

Finalmente, se define un número de ciclos de iteración, que define cuantas veces se realizará el proceso iterativo pre definido. De esta manera, si no se encuentra una ventana de iteración que cumpla con el umbral máximo de desplazamiento descrito en el paso anterior, luego de las  $n+1$  iteraciones del primer ciclo, comenzará un nuevo ciclo con un máximo de  $n+1$  nuevas iteraciones alrededor de la ventana que registró el mínimo desplazamiento absoluto dentro del primer ciclo. Este proceso se deberá repetir de acuerdo al número de ciclos definidos.

12. Al final del proceso de filtrado, se almacena el registro filtrado con mejores resultados.

Así, siguiendo el proceso de filtrado descrito previamente, se filtraron los acelerogramas registrados en tres direcciones para los eventos a utilizar para la definición del árbol lógico de ecuaciones de atenuación para cada uno de los cuatro ambientes tectónicos definidos dentro del modelo.

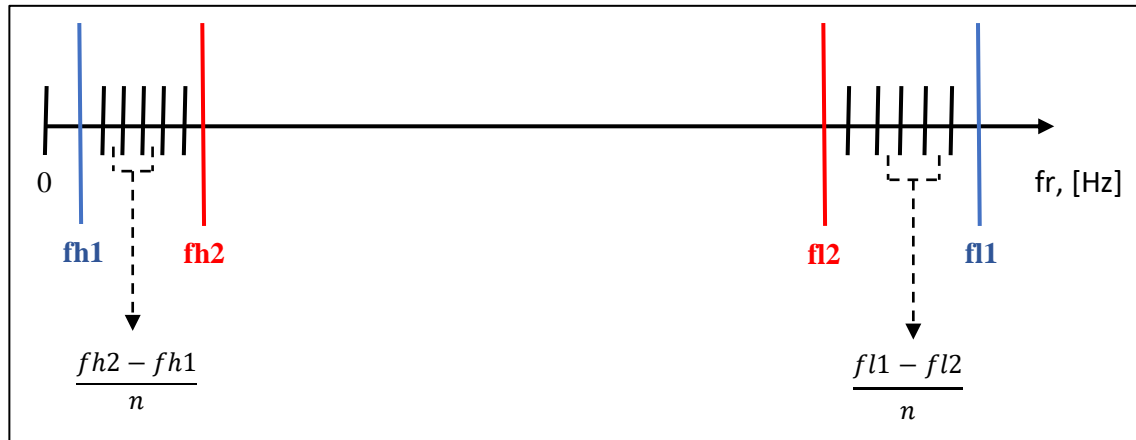


Figura B1. Esquema de iteración para el proceso de filtrado

## Referencias

- Akkar, S., y Bommer, J. (2006). Influence of long-period filter cut-off on elastic spectral displacements. *Earthquake engineering and structural dynamics*(35), 1145-1165. DOI:10.1002/eqe.577
- Ancheta, T. D., Darragh, R. B., Stewart, J. P., Seyhan, E., Silva, W. J., Chiou, B. S., y Donahue, J. L. (2013). PEER NGA-West2 Database. USA
- Boore, D. M. (s.f.). Properties of Butterworth Filters as Used in My Record-Processing Software. (TSPP).
- Cooley, J. W., Lewis, P. A., y Welch, P. D. (1967). Historical Notes on the Fast Fourier Transform. *IEEE Transactions on Audio and Electroacoustics*, 15(76-79),2. DOI:10.1109/tau.1967.1161903
- Douglas, J., y Boore, D. (2011). "High-frequency filtering of strong-motion records". *Bulletin of Earthquake Engineering*, 9, 395-409