

# CATEGORIZACIÓN DE SEÑALES A PARTIR DE ACUMULACIÓN DE INTENSIDADES Y RECIENTOS CÍCLICOS

IDVIA | MATEO G. | MARZO 22 DE 2021

**RESUMEN.** En este informe se presenta el uso de la acumulación de intensidades y el recuento cíclico para la categorización de señales.

## 1 INTRODUCCIÓN

El monitoreo continuo de puentes presenta una gran ventaja frente al puntual: *la adquisición de información actualizada*. De hecho, en puentes de considerable importancia, esta condición es fundamental para su análisis modal experimental, especialmente cuando es probable la ocurrencia de sismo o algún otro desastre natural. No obstante, esta ventaja trae consigo algunos retos, como es el manejo de una gran cantidad de información.

Teniendo en cuenta que los procesos de calibración e identificación pueden exigir un elevado costo computacional, la selección de los registros que pueden aportar más información es indispensable. Más aún si se tiene en cuenta que en muchos casos la información adquirida corresponde a señales con poca energía que llegan a afectar la precisión de los métodos de identificación modal [1], [2].

Es por lo anterior, que se ha desarrollado una metodología para la categorización de señales usando acumulación de intensidades y recuentos cíclicos. Esta metodología permite el análisis de una considerable cantidad de información en cuestión de segundos, categorizando las señales de manera cuantitativa y objetiva. Su uso permite identificar rápidamente los registros que posiblemente tienen algún fallo de adquisición y además los que pueden aportar más información para la caracterización dinámica de la estructura. Logrando de esta manera una reducción considerable del tiempo de análisis y sus costes asociados.

La metodología propuesta es presentada a continuación, junto con un ejemplo práctico en el que se resalta su funcionalidad. Finalmente, se presentan algunas conclusiones sobre su implementación.

## 2 METODOLOGÍA

La intensidad acumulada de un registro (IA) puede ser determinada mediante la ecuación (1), donde  $\ddot{u}$  es la aceleración medida entre  $t_0$  y  $t_1$  [3].

$$IA_i = \alpha \int_{t_0}^{t_1} (\ddot{u}(t))^2 dt \quad (1)$$

Esta medida toma en consideración la amplitud de la señal y su duración, logrando una representación más completa en comparación, por ejemplo, con tomar el valor máximo del registro. Además, al analizar la aceleración adquirida en diferentes ventanas se pueden también identificar los periodos que contienen la información de mayor interés para el análisis modal.

Para ilustrar la aplicación de este concepto, se puede considerar el registro de aceleraciones mostrado en la Fig. 1, en el cual se han definido 10 ventanas, cada una con aproximadamente 5 segundos de duración. Después de aplicar la ecuación (1) para cada ventana, se puede observar que efectivamente los valores más altos de la medida IA corresponden al rango de interés de la señal.

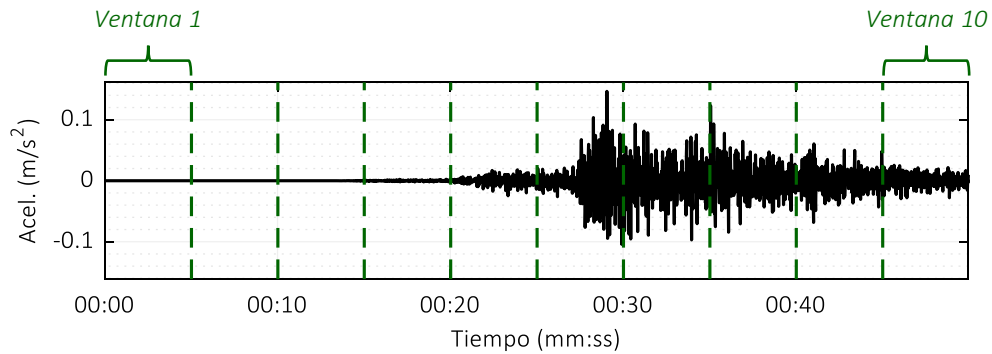
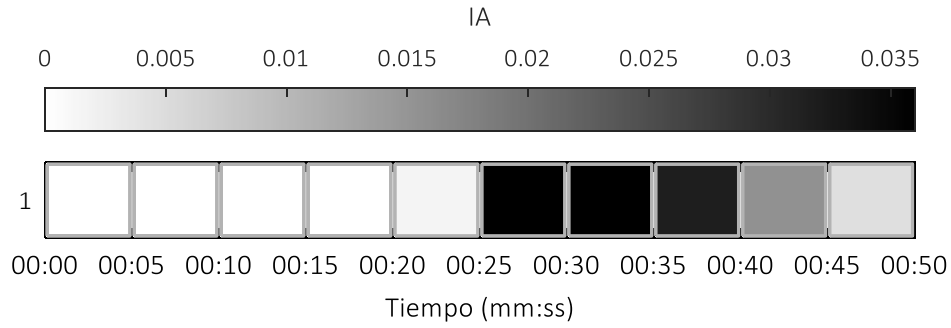


Fig. 1. Registro de aceleraciones.

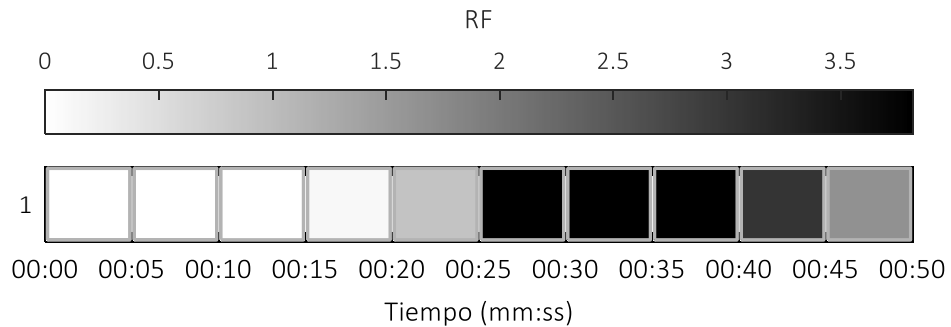


**Fig. 2.** Medida de intensidad acumulada en cada ventana del registro.

Como respaldo y para lograr una mayor versatilidad, los resultados obtenidos pueden ser complementados con otro criterio. En este caso, se emplea el algoritmo de recuento cíclico Rainflow [4], el cual determina la cantidad de ciclos y la amplitud de cada uno de ellos. Estos valores pueden ser operados según la ecuación (2), donde  $m$  es el número de ciclos encontrados en la ventana  $i$ ,  $r_n$  es la amplitud del ciclo  $n$  y  $c_n$  es la cantidad de veces que ese ciclo se repite.

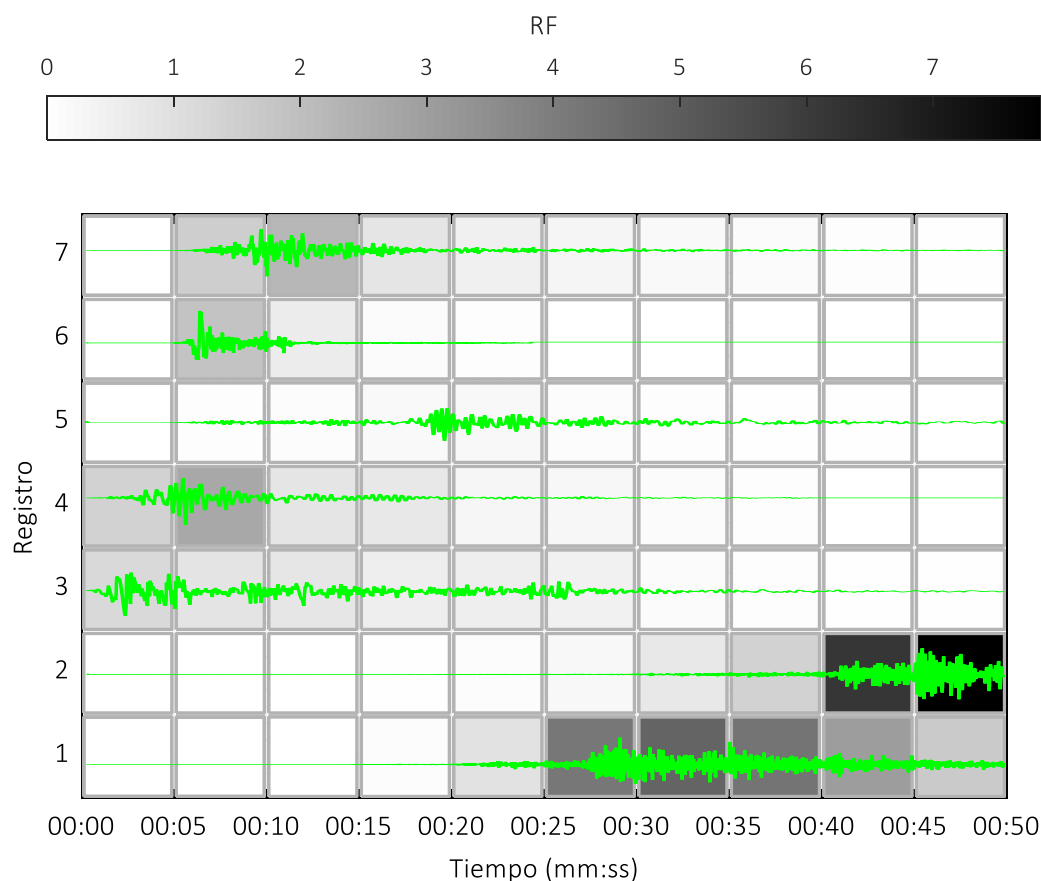
$$RF_i = \sum_{n=1}^m c_n r_n \quad (2)$$

Al aplicar esta medida al registro 1, mostrado anteriormente, se obtienen los resultados de la Fig. 3. Como se puede observar, la información que aporta es similar a la obtenida con la medida IA, pero el esparcimiento de las intensidades es ligeramente mayor.



**Fig. 3.** Medida de recuentos cíclicos en cada ventana del registro.

La aplicación de estas medidas para comparar distintas señales puede ser útil, permitiendo clasificar cada registro de una manera cuantitativa y objetiva. Esto se puede ilustrar con la figura 7, en la que se presentan las medidas de RF obtenidas para 7 registros. Al superponer los valores obtenidos con su respectivo acelerograma se puede comprobar la efectividad del método para identificar las ventanas de interés y los registros que mayor información pueden aportar en el análisis dinámico.



**Fig. 4.** Medida de recuentos cíclicos en cada ventana de los 7 registros.

Al procesar una gran cantidad de registros puede ser útil analizar el máximo y la mediana de RF en cada uno. La ilustración de este procedimiento se presenta en la siguiente sección, en la cual se analiza una considerable cantidad de información en cuestión de segundos.

### 3 RESULTADOS

Se empleó el algoritmo programado para procesar 20 registros de aceleración, los cuales contienen aproximadamente 20 horas de adquisición almacenados en 1.20 GB. El procesamiento de los datos tardó solo unos segundos y como resultado se obtuvo la Fig. 5. En esta gráfica se compara la mediana (P50) y el máximo de los valores de RF para cada registro, con el fin de evaluar rápidamente cuál de los acelerogramas puede brindar mayor información para el análisis dinámico.

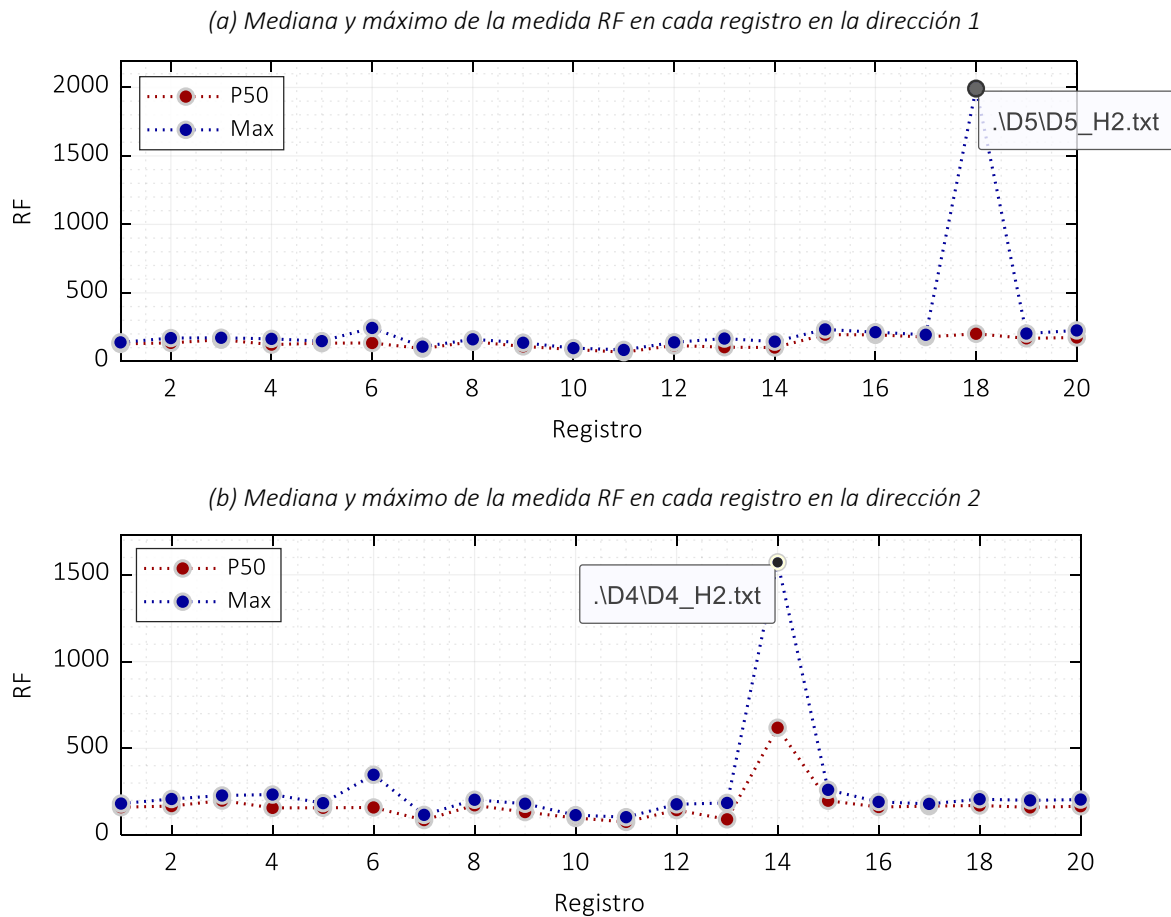
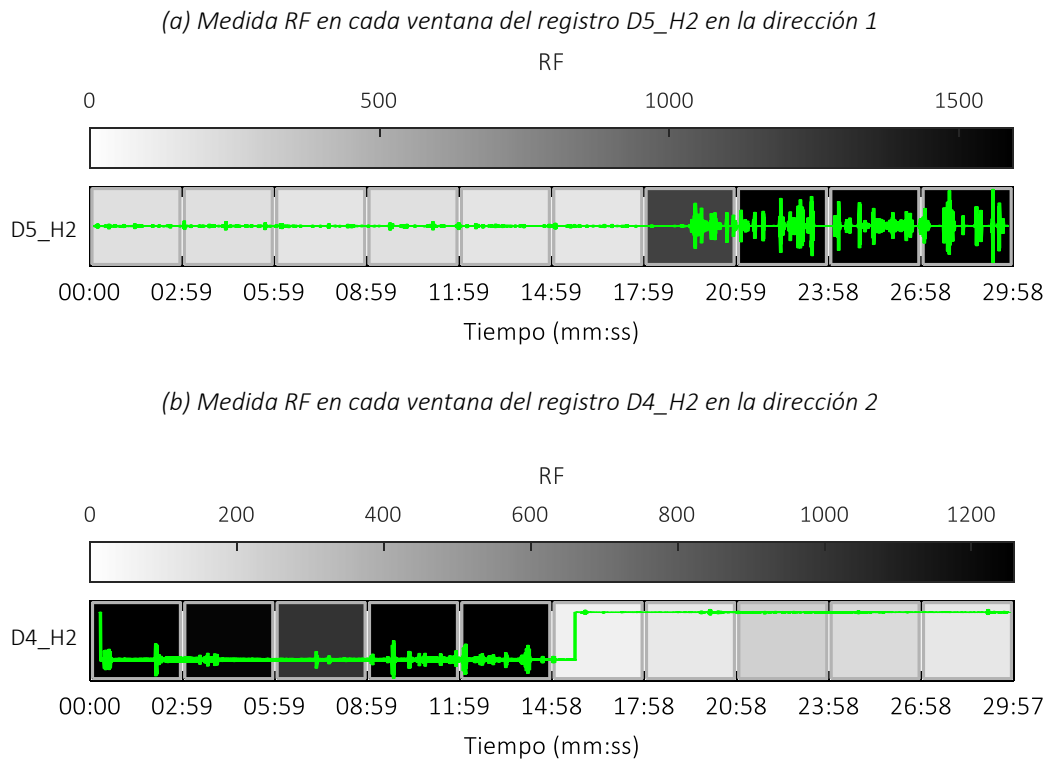


Fig. 5. Medianas y máximos del RF para los 20 registros en las dos direcciones de análisis.

En la Fig. 5 se puede observar claramente que la mediana (P50) de todos los registros en la dirección 1 tiene un comportamiento estable. También, se puede identificar que el registro 18 (archivo D5\_H2.txt en la carpeta D5) tiene un valor máximo muy superior al de los demás, lo cual puede indicar que es el que más energía ha adquirido. Por otro lado, al analizar la mediana del registro 14 en la dirección 2 se identifica un comportamiento atípico. Esto puede darse por niveles altos de aceleración o por un fallo durante la adquisición.

Por lo anterior, se analiza en detalle el archivo D5\_H2 en la dirección 1 y el D4\_H2 en la dirección 2. En la Fig. 6 se puede confirmar que la señal D5\_H2 tiene un buen comportamiento y puede brindar información valiosa para el análisis dinámico de la estructura. En cambio, la señal D4\_H2 contiene un fallo del sensor, con lo cual debe ser descartada.



**Fig. 6.** Medidas de RF para las 10 ventanas analizadas en los registros D5\_H2 y D4\_H2.

## 4 CONCLUSIONES

En este documento se ha presentado el uso de la acumulación de intensidades y el recuento cíclico para la categorización de señales. Se comprueba la efectividad de esta técnica para analizar de manera rápida una considerable cantidad de registros, determinando de manera cuantitativa la información que cada uno de ellos puede aportar. Adicionalmente, se ha resaltado la importancia de emplear los dos métodos, para que de manera conjunta se puedan identificar anomalías en los datos adquiridos.

## REFERENCIAS

- [1] P. Guillaume, P. Verboven, and S. Vanlanduit, "Frequency-domain maximum likelihood identification of modal parameters with confidence intervals," in *Proceedings of the 23rd International Conference on Noise and Vibration Engineering, ISMA*, 1998, pp. 359–366.
- [2] H. Van der Auweraer, P. Guillaume, P. Verboven, and S. Vanlanduit, "Application of a Fast-Stabilizing Frequency Domain Parameter Estimation Method," *J. Dyn. Syst. Meas. Control*, vol. 123, no. 4, pp. 651–658, Dec. 2001, doi: 10.1115/1.1410369.
- [3] B. A. Bradley, "Correlation of Arias intensity with amplitude, duration and cumulative intensity measures," *Soil Dyn. Earthq. Eng.*, vol. 78, pp. 89–98, Nov. 2015, doi: 10.1016/j.soildyn.2015.07.009.
- [4] D. Socie, "Rainflow Cycle Counting : A Historical Perspective," in *The Rainflow Method in Fatigue*, Elsevier, 1992, pp. 3–10.