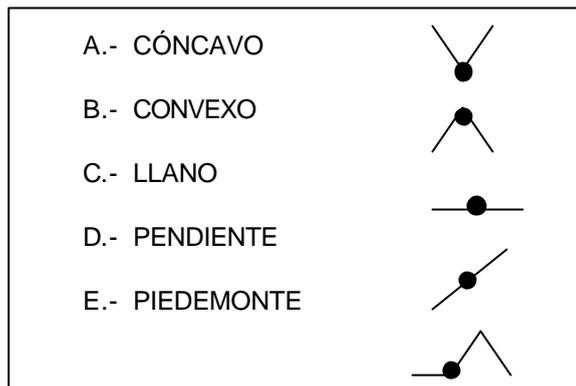


En los trabajos monográficos sobre el efecto de emplazamiento, se establecen ciertos comportamientos asociados a determinadas topografías, además de las debidas a la geología (Bard⁽¹⁾). En este trabajo hemos considerado este aspecto del efecto local, para lo cual se ha realizado una clasificación topográfica, donde se recogen los principales accidentes topográficos que se encuentran en las proximidades de las estaciones de estudio. La información se ha recogido en los mapas topográficos a escala 1:25000 y la clasificación resultante es :



2. BASE DE DATOS

En una primera fase del trabajo se ha desarrollado una base de datos que, como ya se ha mencionado anteriormente, nos permite abordar este tipo de estudios, donde se almacena información heterogénea de forma ordenada y sistemática, permitiendo después un acceso rápido y funcional.

El modelo de base de datos que proponemos es un modelo relacional que permite gran flexibilidad en la estructuración de los mismos. Dicha base de datos ofrece una primera visualización de toda la información almacenada sobre una estación para un determinado sismo, así como la conexión con programas de procesamiento de datos. El empleado en este caso ha sido el programa PITSA (Scherbaum et al. ⁽⁶⁾).

La base ha sido desarrollada e implementada en un PC mediante la aplicación Microsoft Access. (Higuera et al. ⁽⁴⁾). Su estructura es de tablas y relaciones 1-1. Para optimizar la presentación de la información se han realizado una serie de formularios encadenados que facilitan la visualización rápida de los registros de cada tabla. En la figura 1 se puede ver el panel de control principal de la misma.

Figura 1. Panel de control principal de la base de datos

En cuanto a la información geológica y topográfica, se puede revisar mediante un breve comentario de los datos más destacables, o bien visualizando sus correspondientes imágenes escaneadas y almacenadas, de las que se muestra un ejemplo en las figura 2. Esta base de datos es un modelo versátil, abierto a posteriores estudios con las incorporaciones que ello pueda suponer. Una primera aplicación de la misma se presenta en el siguiente apartado.

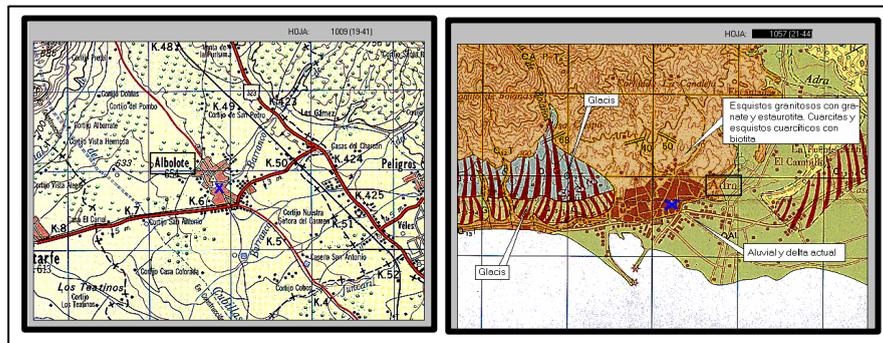


Figura 2. Ejemplo de las imágenes topográficas y geológicas almacenadas en la base de datos correspondientes a los emplazamientos de las distintas estaciones de registro.

3. ESTUDIO EMPÍRICO DE PARÁMETROS CARACTERÍSTICOS DEL MOVIMIENTO DEL SUELO

El estudio del efecto local se ha realizado empíricamente, analizando el comportamiento de parámetros característicos del movimiento para distintos tipos de suelo, que se ha tratado de ajustar a determinados modelos funcionales.

Para llevar a cabo este análisis, se han considerado las clasificaciones geológica y topográfica expuestas y se ha seguido la metodología que a continuación se indica.

3.1 Metodología estadística

Se han realizado dos tipos de análisis estadísticos. El primero ha consistido en un análisis de regresión lineal múltiple ajustando los datos al modelo clásico

$$y_i = \beta_0 + \beta_1 x_{i1} + \dots + \beta_k x_{ik} + e_i \quad i = 1, \dots, n$$

mediante el método de máxima verosimilitud. El segundo es un método comparativo de modelos lineales alternativos.

En una primera parte hemos realizado el ajuste de una ley clásica de atenuación global como la desarrollada por Benito⁽²⁾. Posteriormente se ha realizado un análisis del comportamiento de algunos parámetros característicos del movimiento, obteniendo modelos que expliquen la relación entre ellos.

3.2 Ley de atenuación de la aceleración máxima

En la figura 3, se representan los siguientes ajustes de la ley de atenuación global realizados independientemente para los datos en suelo intermedio y suelo blando:

$$S = 1 \rightarrow \log a_{max} = 25.7 + 0.03R - 6.13 \log(R + 10) \quad r^2 = 0.6$$

$$S = 2 \rightarrow \log a_{max} = 45.8 + 0.09R - 11.65 \log(R + 10) \quad r^2 = 0.6$$

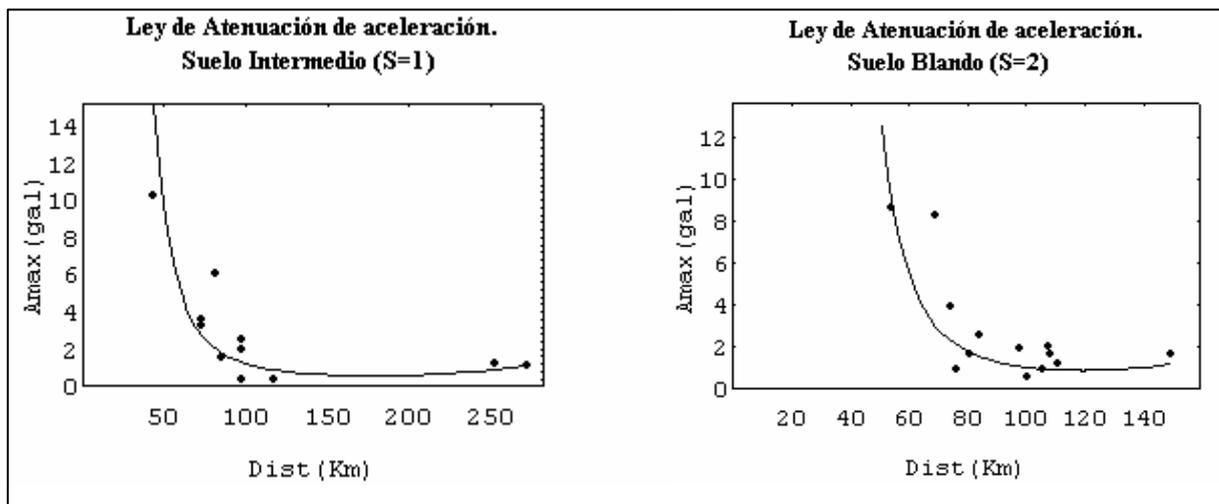


Figura 3. Leyes de atenuación de aceleración máxima obtenidas para los suelos intermedio y blando.

Cabe hacer una llamada de atención sobre las aceleraciones pico registradas en la estación de Carmona (suelo intermedio), que se encuentra a gran distancia epicentral. Estas observaciones son de un gran peso estadístico (datos influyentes) en el ajuste. Si se tiene en consideración que la estación de Carmona está en la cima de una montaña, creemos que las altas a_{max} registradas pueden ser debidas a un posible efecto de la topografía.

3.3 Parámetros característicos del movimiento del suelo

El estudio se ha realizado considerando parámetros como la duración significativa (τ), la frecuencia (Wp) predominante y la razón a_{max}/v_{max} que aportan información de las características del movimiento del suelo en función de la naturaleza del mismo (Suarez et al⁽⁷⁾, Sawada et al⁽⁵⁾, Tso et al⁽⁹⁾). En la figura 4 se pueden ver representados los distintos parámetros. En ellas se observan las tendencias que en otros trabajos ya se han puesto de manifiesto para un conjunto más amplio de datos. Esto es, hay una atenuación de la frecuencia predominante y la razón a_{max}/v_{max} con la distancia, además de una relación directa entre a_{max}/v_{max} con la frecuencia predominante y una no tan clara relación inversa de a_{max}/v_{max} con la duración significativa.

Además, se ha realizado el mencionado estudio comparativo de modelos lineales alternativos para los suelos intermedio y blando por separado. Con este análisis se pretende evaluar cuantitativamente la posible relación lineal entre parámetros para los que no se conoce un modelo fundamentado *a priori*. Los resultados obtenidos de este análisis para el caso del suelo intermedio son matemáticamente satisfactorios, ya que todos los pares de parámetros, exceptuando la razón a_{max}/v_{max} y duración, se han ajustado con coeficientes de correlación en torno a un 0.8. Es más, al realizar el estudio con la muestra de datos completa, en cada caso se obtienen modelos alternativos, aunque de una menor significancia estadística. En cuanto a los resultados para el suelo blando, no hemos encontrado modelos lineales alternativos aceptables que puedan explicar el comportamiento de los mismos.

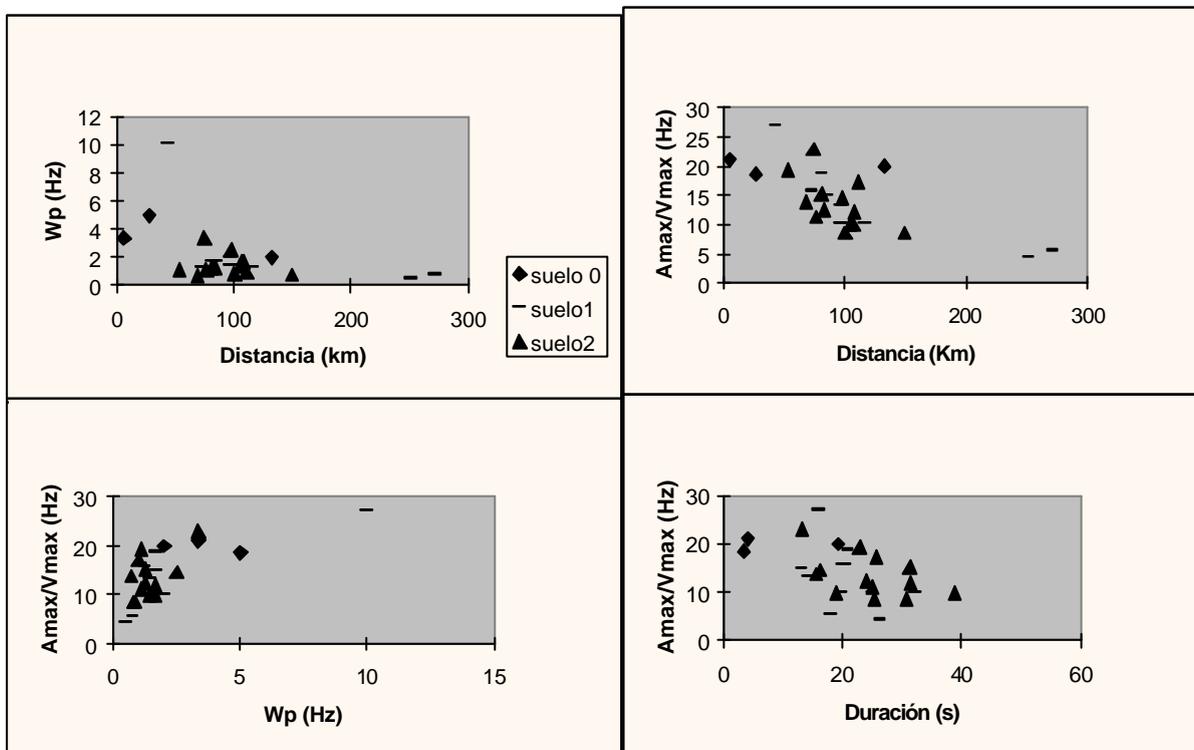


Figura 4. Representación de los parámetros característicos del movimiento del suelo analizados.

Por último, se presenta el ajuste de un modelo en el que aparecen todos los parámetros estudiados. Este tipo de modelo se ha ensayado en estudios previos, pero sin tener en consideración los efectos locales (Sawada et al⁽⁵⁾). Nosotros hemos realizado el análisis de nuevo para el suelo intermedio y blando, obteniendo :

$$\log(a_{max} / v_{max}) = 7.54 - 0.89 \log(R) - 0.32 \log(\tau) + 0.02(w_p) \quad r^2 = 0.94 \quad S = 1$$

$$\log(a_{max} / v_{max}) = 5.8 - 0.64 \log(R) - 0.12 \log(\tau) + 0.25(w_p) \quad r^2 = 0.6 \quad S = 2$$

El resultado es satisfactorio para el suelo intermedio, y cabe destacar que la combinación de todos los parámetros mejora sensiblemente los resultados del estudio anterior para el suelo blando, indicando que éste puede ser mejor explicado al añadir parámetros al modelo.

4. CONCLUSIONES

Algunas conclusiones que se pueden deducir del estudio realizado son :

- La clasificación geológica propuesta ha permitido diferenciar comportamientos de los distintos suelos, resultando adecuada para un estudio empírico como el realizado.
- Se ha comprobado la utilidad del modelo de base de datos propuesto para el almacenamiento de toda la información necesaria en estudios de efecto local.
- Se han inferido leyes para modelizar comportamiento de algunos parámetros del movimiento del suelo intermedio, y se han establecido tendencias de comportamiento en suelo blando.

AGRADECIMIENTOS

A M. López Morales por su colaboración en el estudio estadístico realizado. A J. Álvarez por su aportación en temas informáticos.

Al I.G.N. por proporcionarnos los datos necesarios para realizar este trabajo, y muy especialmente a E. Carreño.

A las entidades financiadoras del Proyecto Daños en el que se enmarca este trabajo: CSN y ENRESA.

REFERENCIAS

1. Bard, P-Y. Effects of Surface Geology on Ground Motion : Recent Results and Remaining Issues. *10th European Conference on Earthquake*, Duma, 1995. 305-319.
2. Benito, B. Estimación de Parámetros Sísmicos y Espectros de Respuesta Característicos del Movimiento del Suelo en Emplazamientos de la Península Ibérica, 1993. Tesis Doctoral, Facultad de Ciencias Físicas , U.C.M.
3. Martín, A.J., Carreño, E., Izquierdo, A. Análisis de la Atenuación de Aceleraciones de la Serie de Adra de 1993 y 1994. *Avances de Geofísica y Geodesia*, 1995, vol. I, año 1.
4. Higuera, G., Sánchez, F. Estudio de los Efectos del Suelo y la Topografía en el Movimiento Sísmico. Análisis de datos de Terremotos del Sur de España, 1997. *Proyecto de Fin de Carrera*, E.U.I.T.Topográfica, U.P.M.
5. Sawada, T., Hirao, K. Yamamoto, H., Tsujihara, O. Relation between Maximum Amplitude ratio ($a/v, ad/v^2$) and Spectral Parameters of Earthquake Ground Motion. *Earthquake Engineering Tenth World Conference*, 1992.
6. Scherbaum, F., *PITSA Programmable Interactive Toolbox for Seismological Analysis*, 1992. IASPEI software library vol. 5.
7. Suárez, A., Blázquez, R., Carreño, E. *Parámetros Ingenieriles de los Acelerogramas de la Serie de Adra 1993-1994*.
8. Sucuoglu, H., Nurtug, A. *Earthquake Ground Motion Characteristics nad Seismic Energy Dissipation*. *Earthquake Engineering and Structural Dynamics*, 1995. Vol. 24, 1195-1213.

9. Tso, W. K., Zhu, T. J., Heidebrecht, A. C. *Engineering Implication of Ground Motion A/V Ratio*, 1992. *Soil Dynamics and Earthquake Engineering* 11, 133-144.