



Magnífico y Excelentísimo Señor Rector de la Universidad Politécnica de Madrid. Ilustrísimo Señor Director de la Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Minas, Señor Vicepresidente Adjunto de Programación Científica del Consejo Superior de Investigaciones Científicas, Señor Subdirector de Ordenación Académica de la Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Minas, Señoras, Señores, amigos.

No podía imaginar en los años 1960, cuando pasaba a fichas los trabajos de J. García Siñeriz, que hoy, casi medio siglo después, recibiera esta distinción de la Fundación de su nombre, pese a que mi actividad en Geofísica se haya limitado a la "Ingeniería sísmica" y a la "Prospección Geofísica Aplicada a las Obras Públicas y a la Hidrogeología".

Representé al Ministerio de Obras Públicas (MOPU) en la "Comisión Interministerial encargada de redactar unas Normas Sismorresistentes" desde 1961, época en la que se había olvidado podían presentarse en España terremotos destructivos. Mucho hubo que bregar para difundir la realidad con conferencias, publicaciones, la actividad de la Asociación de Ingeniería Sísmica, que fundé, y cursos en la Escuela T. S. Ingenieros de Caminos Canales y Puertos de Madrid desde los años 1970. Treinta años en la Comisión Interministerial, varios miles de horas, "desconocidos" por el Presidente de la Comisión en 1991, pues aún espero conteste a mi despedida aviso de jubilación en diciembre de 1990. Algo contribuyó a mejorar el conocimiento mi humorada de escribir en su práctica totalidad el tratado "Elementos de Ingeniería Sísmica" (Ediciones Omega. 1975. 527 páginas) primer tratado completo publicado en español sobre este tema.

Investigué la sismicidad inducida por embalses, realizando directamente o bajo mi dirección, los únicos estudios efectuados en España antes de 1991, en los embalses de Camarillas, Almendra y Canales. No fue fácil oficiar al Ministerio de Obras Públicas en 1962, que los sismos producidos en la proximidad del embalse de Camarillas, en el río Mundo, era sismicidad inducida. Tampoco lo fue realizar el de Almendra, ni convencer a ciertos directivos de Iberduero, que calificaban el estudio de capricho ministril, como consta en una memoria de sus actividades. En el embalse de Canales, en el río Genil, pude identificar la liberación anual de energía antes y después de construir la presa, datos básicos para poder deducir los sismos inducidos.

Son más de 52 años los transcurridos desde que realicé mis primeros trabajos en la Prospección Geofísica Aplicada a las Obras Públicas, que era y aún parece ser un subproducto de la geofísica aplicada a otros fines más nobles y rentables: la minería y la búsqueda del petróleo. En 1950, la prospección geofísica era prácticamente desconocida en el ambiente de las construcciones que dependían del Ministerio de Obras Públicas, y su modalidad, la eléctrica resistiva, considerada poco útil, a veces despreciada y comparada con las imaginativas y esotéricas lucubraciones de los radioestelistas o zahoríes.

Los tratados generales de J. García Siñeriz (Los métodos geofísicos de prospección y sus aplicaciones en la resolución de varios problemas geológicos tectónicos. 1928), J. J. Jakosky (Exploration Geophysics - 1ª Edición 1940, 2ª Edición 1957), C. A. Heiland (Geophysical Exploration - 1940) y E. & J. P. Rothé (Prospection geophysique - 1952) incluían la teoría y las bases físico matemáticas de los métodos, pero muy pocos ingenieros del Ministerio de Obras Públicas, "MOPU", conocían en 1950 estas publicaciones, ni los trabajos de J. García Siñeriz de los años 1910-30. Podría explicarse caritativamente esta situación, porque los medios de cálculo se limitaban a las tablas de logaritmos, las reglas de cálculo y unas ruidosas máquinas en las que dando vueltas a una manivela, tras introducir los números, sumaban, restaban,

multiplicaban y ¡hasta dividían!. Las consecuencias lógicas eran: dificultad para la interpretación de la sísmica de refracción cuando el número de capas era superior a dos, y la práctica imposibilidad de utilizar ábacos para interpretar los sondeos eléctricos resistivos, donde se había recurrido al punto de inflexión y otras más erróneas deducciones. Los métodos sísmica de reflexión, magnético, gravimétrico, geotérmico no se usaban en la ingeniería civil, al igual que los registros de sondeos, exclusivos de un par de compañías, que ofrecían el servicio, pero no la posibilidad de adquirir equipos. En definitiva, la prospección geofísica era accesible sólo a los grandes grupos dedicados a la exploración minera y petrolífera.

Los ábacos de interpretación de SEV para dos o más capas no estuvieron disponibles en España hasta la publicación por E. Orellana y H.H. Money en 1968 (Tablas y curvas patrón para sondeos eléctricos verticales sobre terrenos estratificados). Poco después la "European Association of Exploration Geophysicists" publicó "Estándar Graphs for Resistivity Prospecting" (1969), colección de ábacos para dos y tres capas. El impresionante desarrollo de la informática y la electrónica en los últimos 40 años, abarataron y generalizaron los PC, los equipos de prospección y la interpretación. Incluso permitieron la introducción de otros métodos, como los electromagnéticos en el dominio del tiempo, impensables con los medios de cálculo disponibles en los años 1950.

La aplicación de la "Prospección Geofísica" a la Ingeniería Civil en 1950 era escasa. Podemos decir que en España y en mi ambiente no se creía en la Geofísica, sino en la realizada por un determinado ingeniero y por su prestigio personal, caso de Mariano Fernández Bollo. Sus conclusiones se aceptaban y los cortes y características deducidas del terreno no siempre se incluían como un anejo en algunos proyectos, pero no se coordinaban estos resultados con los de otros métodos de estudio del terreno. Anejo curioso, incluido para no leerlo, por el desconocimiento de los posibles lectores.

La prospección geofísica ha sido y es realmente útil para la Ingeniería Civil, y ha progresado de forma impresionante, pero, para su aplicación, los directores de los estudios del terreno deben conocer sus métodos y su utilidad, y que alguien sea capaz de coordinar estos métodos con otros disponibles, porque tanto avanzamos en la especialización, que cada vez conocemos más de un tema cada vez más reducido. Aquí radicó y radica el segundo obstáculo, la dificultad de coordinar las múltiples técnicas que intervienen en los proyectos y las obras.

En la actualidad, para la aplicación de la Prospección Geofísica a los proyectos y construcciones también han de vencerse dos grandes obstáculos. Uno es el mismo que hace 60 años; el desconocimiento de sus métodos, de sus bases científicas, de sus posibilidades y limitaciones, cuyos resultados no siempre se aceptan, métodos curiosos, que se incluyen en anejos, a veces ignorados, y la falta de coordinación con otros métodos. En más de una ocasión la memoria del proyecto no cita ni tienen en cuenta sus resultados.

El segundo obstáculo son presupuestos reducidos, que no permiten un estudio adecuado del terreno. Cuando la obra es muy importante, sí se ha recurrido a estos métodos de prospección aplicada a la ingeniería civil, y se han realizado trabajos excelentes, porque en España existen medios y especialistas de primera calidad.

Introducir estos métodos en los años 1960 en el Servicio Geológico de Obras Públicas, objetivo que me encomendaron, no fue fácil. A los ingenieros encargados de los estudios les suponía nuevas complicaciones y disminución de los ingresos, relacionados con el coste del estudio hasta el año 1962, años en los que existían las tasas. Después desaparecieron las tasas, pero no el trabajo suplementario.

A partir de 1961 intenté generalizar el uso de los métodos de prospección geofísica existentes, y a partir de 1967 forcé a utilizarlos en todos los trabajos del Servicio Geológico de Obras Públicas, cuyos resultados debían interpretarse conjuntamente con los datos de sondeos mecánicos, laboratorio y Geología. Algunos métodos si fueron acertados rápidamente por la sencillez de una interpretación básica: tales fueron los registros de resistividad, potencial y rayos gamma, salinidad y temperatura, el televisor de sondeos, calibre e inclinación, y con mucha mayor dificultad los registros sísmicos. Los otros registros radiactivos, pese a su sencillez, no eran plato muy del gusto de los ingenieros y geólogos.

Los ingenieros encargados de los estudios aceptaron los registros geofísicos de sondeos, pero no generalizar el uso de los métodos de superficie: la sísmica de refracción se aplicaba sólo para las zonas más someras y siempre recurriendo a dispositivos estándar, y los eléctricos resistivos pocas veces se usaban para el estudio de cimentaciones o perforación de túneles; los estudios geotérmicos ni soñar, y los de magnetometría considerados absurdos, pese a que hoy los utilizan los fontaneros, electricistas y

buscadores de tesoros; el georradar fue método muy tardío, que no se generalizó, al igual que los electromagnéticos en el dominio del tiempo.

Excepción han sido los estudios de Hidrogeología, en los que desde antes de 1960 se aplicaban sondeos eléctricos resistivos y registros de salinidad (resistividad y temperatura), potencial espontáneo y rayos gama, para localizar y definir la calidad de los acuíferos de diferentes niveles estratigráficos.

Al tener libertad de aplicación en los estudios que de mí dependían o de ingenieros a mi cargo, abordé con éxito casos un tanto nuevos y apliqué todos los métodos, porque en sismica de refracción realicé extensiones, o dromocrónicas, desde 20 cm hasta 750 m de longitud, y en sondeos resistivos líneas de emisión desde decímetros hasta 10 km, con modalidades varias, desde perfiles de isorresistividades hasta tomografías, y los usé para investigar el estado del revestimiento de túneles y de canales, para analizar la estabilidad de laderas, alteración de la roca en túneles sin revestir y objetivos aún más singulares. Algunos casos han sido publicados en simposios y congresos nacionales e internacionales, y especialmente en el Boletín del Servicio Geológico, que tenía aceptable difusión.

Al ofrecer el mercado equipos de prospección geofísica, adaptados a las necesidades de la Ingeniería Civil y programas para la interpretación de sus datos, no escasearon los que se lanzaron a realizar trabajos sin la suficiente experiencia y conocimientos, con erosión del prestigio de la prospección geofísica por lo disparatado de sus conclusiones: sirvan de muestra confundir en unos ensayos cross hole, las ondas S con las ondas P, obteniendo velocidades excesivamente bajas y módulos elásticos sorprendentes; adjudicar velocidades de 7.000 m/s a cuarcitas en superficie; y obtener con registros sínicos módulos de elasticidad de valor cero, bajo una presa ya construida.

Las investigaciones de sismicidad inducida y efectos de terremotos se han desarrollado muy favorablemente. Sin embargo, es necesario mejorar la situación de la Geofísica Aplicada a las obras de la ingeniería, para que se utilice más ampliamente, porque todos los métodos son aplicables y muy raramente la información obtenida no compensa el coste. Incluso los métodos geotérmicos me facilitaron en un caso, información clave para resolver un difícil problema.

Pero esta labor de mejorar su utilización venciendo el obstáculo del desconocimiento, hoy menor que en los años 1960, pero también existente, y aceptar posibles errores, propio de toda investigación, es labor a realizar por las nuevas generaciones, porque nosotros, los de mi generación, ya sólo servimos para exponer los errores cometidos y recibir los homenajes, como éste, que os agradecemos.

Muchas gracias.