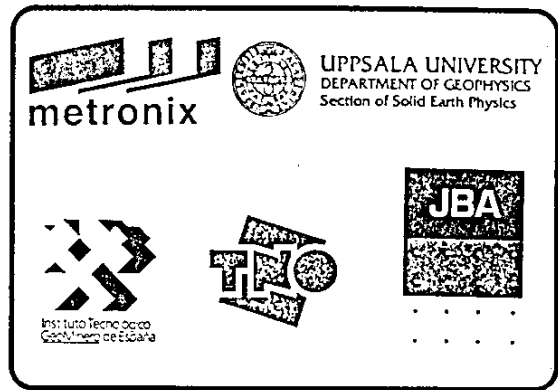


62197



EUROPEAN COMMISSION
DIRECTORATE GENERAL XIII
Telecommunications, information market and exploitation of research
Dissemination and exploitation of RTD results, technology transfer and innovation
Evaluation and exploitation of Community RTD results



ENVIRO-MT TECHNOLOGY TRANSFER PROJECT
Contract N° IN100480I

INFORME FINAL ITGE DEL PROYECTO:

ADAPTING MAGNETOTELLURIC (MT) GEOPHYSICS SYSTEMS TO MEASURE HIGH FREQUENCY RANGES FOR ENVIRONMENTAL INVESTIGATIONS

Y GUIA DE LA DOCUMENTACIÓN GENERADA

Área de Geofísica del ITGE
J. L. Plata
Madrid, enero 2000

Proyecto:

**ADAPTING MAGNETO-TELLURIC (MT) GEOPHYSICS SYSTEMS TO
MEASURE HIGH FREQUENCY RANGES FOR ENVIRONMENTAL
INVESTIGATIONS.**

"ENVIRO-MT"

INFORME FINAL Y GUÍA DE LA DOCUMENTACIÓN GENERADA

**Área de Geofísica del ITGE
Juan L. Plata
Madrid, Enero 2000**

INDICE

- 0. Resumen y conclusiones**
- 1. Antecedentes**
- 2. Encuadre y objetivo del Proyecto**
- 3. Contenido del Proyecto**
- 4. Participación del ITGE**
- 5. Desarrollo del Proyecto**
- 6. Resultados obtenidos**
 - 6.1 Prototipos de la instrumentación ENVIRO-MT**
 - 6.2 Manual de Operaciones**
 - 6.3 Difusión y presentación del Proyecto en Convenciones Europeas**
- 7. Resultado de los ensayos realizados en las zonas de test**
 - 7.1 Ensayos en Collendoorn (Holanda)**
 - 7.2 Ensayos en Almuñecar (España)**
- 8. Cuadro de ocupación y gastos**
- 9. Documentos generados**

ANEXO Ficheros informáticos generados

0. Resumen y conclusiones

El Proyecto ENVIRO-MT es un proyecto subvencionado por el IV Programa Marco de la UE, en el que participan METRONIX (Coordinador, Alemania) y la Universidad de Uppsala (Suecia) como proveedores de tecnología, y JBA (Irlanda), TNO (Holanda) e ITGE (España) como usuarios finales.

Su objetivo es la adaptación de la tecnología magnetoteléfrica a los requerimientos de los trabajos de ingeniería geotécnica y medioambiental, mediante la construcción de un prototipo de instrumentación para mediciones tensoriales en la gama 10-200 kHz, capaz de obtener alta resolución en los primeros 20-200 m del subsuelo. Dicho instrumento sería ensayado en lugares determinados por los usuarios finales y sería objeto de una campaña de presentación y divulgación, ya que estos proyectos están orientados a la comercialización de los productos obtenidos.

La participación del ITGE está evaluada en 100.758 Euros (9.2% del Proyecto), habiéndose recibido una subvención del 39.78 %. El Proyecto se ha llevado a cabo desde enero de 1997 a noviembre de 1999, período durante el que se han mantenido 6 reuniones de coordinación del equipo de trabajo. La dedicación total de personal del ITGE al Proyecto durante este período ha sido de 331 días, habiendo participado un Investigador principal, un investigador auxiliar, un becario y tres operadores en las labores de campo.

El año 1977 fue dedicado a la revisión de las especificaciones técnicas del prototipo, inicio del ensamblaje electromecánico e inicio del diseño del software de comandos e inversión. Por otra parte, se seleccionaron lugares apropiados para llevar a cabo los ensayos de campo. Durante 1998 se perfeccionó el diseño de la antena, se efectuaron las calibraciones de laboratorio y se realizaron los ajustes finales tras los primeros ensayos en Holanda; se efectuó una primera evaluación del software para presentación de resultados y se llevó a cabo por el ITGE una campaña de toma de datos geofísicos previos en la zona de Almuñecar (Granada). En 1999 se efectuaron los ensayos del sistema ENVIRO-MT en Almuñecar, adoptando las últimas modificaciones técnicas del instrumento. Se han preparado asimismo los informes de interpretación sobre los trabajos de campo en Holanda y España, y el Informe Final para la Comisión de la UE, que ha sido oficialmente aceptado en enero de 2000.

El ITGE ha participado activamente en todas las fases del Proyecto, especialmente en las definición de las características técnicas desde el punto de vista de usuario final, preparación de los lugares de ensayo, ejecución de los mismos y valoración de los resultados, así como

en las etapas de presentación y divulgación del Proyecto y del prototipo, que se ha realizado en los Congresos 3º y 5º de la EEGS (Aarhus, Dinamarca y Budapest, Hungría), formándose un grupo de observadores y presentándose ponencias; se han confeccionado además varios folletos técnicos de divulgación, inclusión de notas informativas en el Boletín del ITGE, etc.

El instrumento finalmente construido supera las características técnicas inicialmente previstas y puede considerarse prácticamente operativo, teniendo el ITGE como usuario final derechos preferentes a su utilización. Los resultados obtenidos en los ensayos de campo demuestran que el sistema ENVIRO-MT es una buena alternativa para los trabajos geoelectrónicos, gozando de ventajas logísticas (antenas de pequeña dimensión) y favorables aspectos intrínsecos al método magnetoteléurico en cuanto a la interpretación geológica de los resultados.

En este Proyecto se ha generado una considerable cantidad de documentación, constituida fundamentalmente por los Informes técnicos semestrales y el Informe final presentados a la UE, los Informes internos del ITGE sobre asistencia a reuniones de trabajo, las especificaciones técnicas del instrumento y del software construido y los informes sobre las actividades de toma de datos en campo y su interpretación. Parte de esta documentación es CONFIDENCIAL, siendo el presente Informe una guía de la misma.

1. Antecedentes

Tras superar la fase de Definición (documentos 1 y 2) en agosto de 1996, el Proyecto ENVIRO-MT pasa a ser un proyecto de la fase de Demostración de Transferencia de Tecnología, dentro del Programa para la Difusión y Optimización de Resultados (IV Programa Marco) de la DG XIII de la Comisión de las Comunidades Europeas.

En el Proyecto participa METRONIX (Coordinador, Alemania) y la Universidad de Uppsala (Suecia) como proveedores de tecnología, y JBA (Irlanda), TNO (Holanda) e ITGE (España) como usuarios finales.

El contrato de cofinanciación nº IN10048I fue firmado en diciembre de 1996 (documento 3), con un presupuesto total de 1.094.560 ECU, recibiendo una contribución de la UE de 551.240 ECU. La distribución del presupuesto entre los socios es: Metronix 42.7 %, Unv. Uppsala 17.6 %, JBA 25.1 %, ITGE 9.2 % y TNO 5.4 %, todos ellos con una subvención del 39.78 %, excepto la Unv. de Uppsala que tiene el 100%.

El período de ejecución del proyecto abarca desde el 1 de enero de 1997 al 30 de noviembre de 1999, habiéndose generado numerosos documentos de toda índole, gran parte de los cuales son CONFIDENCIALES, y de los que este Informe constituye una guía. Los documentos aludidos están referenciados en el capítulo 9.

2. Encuadre y objetivos del Proyecto

La selección, caracterización y control de los lugares destinados al almacenamiento de residuos están consideradas como cuestiones de importancia crítica por las autoridades locales y regionales de las comunidades de la Unión Europea. Particularmente la Directiva 95/EC sobre vertederos pone gran énfasis en la importancia de obtener información geológica e hidrogeológica previa a la autorización y subsecuente operación de lugares de almacenaje de residuos, recomendándose en la transposición realizada por algunos países la inclusión de trabajos geofísicos en la evaluación de estos lugares.

El método Magnetotelúrico tiene la ventaja sobre otros métodos geofísicos eléctricos y electromagnéticos de que el campo inductor puede considerarse de onda plana, lo que permite obtener unas funciones de transferencia que relacionan el campo magnético horizontal con el campo eléctrico horizontal (tensor de impedancia) y con el campo magnético vertical (vector tipper), de las que es posible deducir la distribución de resistividades en el subsuelo, así como su heterogeneidad (información tensorial). El método admite además el modelado en dos y tres dimensiones.

Con la tecnología convencional no pueden utilizarse las ondas naturales de alta frecuencia, necesarias para obtener información de las primeras decenas de metros del subsuelo, ya que están fuertemente contaminadas. Para poder asegurar que las ondas siguen siendo planas en la banda de frecuencias de 1 kHz a 500 kHz, en el método desarrollado se utilizan las frecuencias exactas de emisoras de radio en VLF, LW y MW (disponibles normalmente a partir de 14 kHz y hasta 250 kHz), y una antena transmisora bidireccional propia, controlada por el receptor a través de sincronía por reloj de GPS, con lo que se consiguen relaciones señal/ruido elevadas y se garantiza la fiabilidad de las funciones de transferencia para frecuencias inferiores a 50 kHz. En el método desarrollado se miden las tres componentes magnéticas y dos eléctricas (TRMT y CSTMT).

Con la adaptación de esta tecnología se pretende aumentar la eficacia y fiabilidad de los datos geocientíficos utilizados en la planificación de lugares para almacenamiento de residuos, en

la detección y control de fluidos contaminantes en el subsuelo, en estudios geotécnicos para construcciones, carreteras y túneles, en la detección de intrusiones marinas en acuíferos costeros, etc.

El Objetivo del Proyecto es la adaptación de la tecnología magnetoteléurica, según las especificaciones alcanzadas durante la Fase de Definición, a los requerimientos de los trabajos de ingeniería geotécnica y medioambientales, mediante:

- El diseño y construcción de dos prototipos de instrumentación geofísica, con mediciones tensoriales en la gama de 10-200 kHz, lo que permitirá penetraciones entre 10 y 200 m.
- La demostración y validación del sistema en dos emplazamientos facilitados por los usuarios finales.
- La preparación de un Manual de Operaciones.
- La divulgación y presentación de los resultados del Proyecto en dos Convenciones Europeas.

3. Contenido del Proyecto

El proyecto está estructurado en 6 Tareas, con los siguientes responsables principales:

- 1/ Dirección y coordinación: METRONIX
- 2/ Diseño y construcción de los prototipos: METRONIX y Unv. Uppsala.
- 3/ Diseño/adaptación del software de interpretación: UU y JBA
- 4/ Ensayos en campo y entrenamiento de usuarios: ITGE y TNO
- 5/ Coordinación e intercambio de tecnología: METRONIX
- 6/ Actividades de divulgación: JBA

Cada tarea queda desglosada en Actividades, en las que están involucrados diferentes participantes (documentos 1 y 3). En el contrato se especifican igualmente los distintos materiales que serán objeto de entrega (Deliverables) como resultado de cada Tarea y el calendario concreto para su ejecución.

4. Participación del ITGE

La participación específicamente encomendada al ITGE es la siguiente, desglosada por Actividades y con expresión de la documentación a entregar (Deliverable) correspondiente:

Actividad 1.1 y 1.2: Preparación y participación en las reuniones inicial y semestrales de coordinación del Proyecto. (D6, D12, D18, D24 y D30, recogidos en los documentos 4, 5, 7, 9, 10 y 11)

Actividad 1.6: Preparación de informes técnicos y financieros semestrales y final (D7, D13, D19, D25 y D14, recogidos en los documentos 4, 5, 7, 9, 10 y 11).

Actividad 4.1.1: Propuesta de lugares de ensayo en España y preparación de los datos necesarios previos.(D41, recogido en documentos 14a y 14b)

Actividad 4.2.2: Participación en los ensayos en Holanda (D44, recogido en los documentos 13a y 13b)

Actividad 4.3.1: Obtención de permisos y preparación de la logística para los ensayos en España (documento 4).

Actividad 4.3.2: Realización de los ensayos en España (documento 14c).

Actividad 4.3.5: Interpretación de los resultados de los ensayos en España (D45, D46, recogidos en el documento 14c)

Actividad 6.8: Participación en la preparación de material de difusión del Proyecto (D65, recogido en los documentos 4 y 17)

Actividad 6.9: Participación en conferencias y congresos (documentos 4 y 7).

La asignación presupuestaria del ITGE (revisada en octubre de 1999, documento 4) ha sido 100.758 ECU (9.2 % del total del Proyecto), recibiendo una contribución de la UE de 40.082 ECU (39.78%). Su detalle está recogida en el capítulo 8 "Cuadro de ocupación y gastos" de este Informe.

Como consecuencia de la actividad efectuada, al ITGE se le otorga un sistema favorable para la compra o para el alquiler del equipo, así como para la realización de futuras campañas de demostración (Documento 4).

5. Desarrollo del Proyecto

El desarrollo de las actividades está detallado en los Informes de Progreso Periódicos, presentados semestralmente a la DG XIII de la Comisión de la UE (documentos 4, 5, 7, 9, 10 y 11, donde se incluyen las Actas de las Reuniones de Coordinación celebradas) y documentos auxiliares (nº 6, 8 y 12), cuyo contenido tiene carácter CONFIDENCIAL según los términos contractuales, y en el Informe Final (documento 16), que es de libre circulación.

- * La 1ª reunión de coordinación tuvo lugar del 16-19 enero de 1997, en Braunschweig (Alemania). En ella se revisaron y acordaron los diferentes aspectos administrativos del Proyecto estipulados en el Contrato con la DG XIII, aceptándose que la propiedad intelectual derivada será de los suministradores de la tecnología (Metronix y UU), teniendo los usuarios finales derechos preferenciales a la utilización de la misma para usos propios o comerciales (El estado final de esta cuestión ha quedado reflejado en el documento 4). El ITGE presentó como propuesta de lugar de ensayos la bahía de Portman (Murcia) y el acuífero del Campo de Dalías (Almería), ambas rechazadas por no ser idóneas para pruebas iniciales de la instrumentación. El primer semestre de 1997 fue especialmente dedicado a la revisión del diseño de la instrumentación y acopio de los materiales electrónicos necesarios. Se inició igualmente el diseño del software de comandos del instrumento y se efectuó una primera evaluación del software de presentación (documento 6). Quedó establecida una base de datos de posibles futuros usuarios.
- * Durante el segundo semestre de 1997 se inició la construcción y ensamblaje electro-mecánico del receptor y transmisor, así como de las antenas correspondientes, y se comenzó a trabajar en el software de inversión de los datos. Tuvo lugar la 2ª reunión de coordinación, en Aarhus (Dinamarca, 7-14 septiembre 1997) junto con la presentación del Proyecto en el 3º Congreso de la EEGS, donde se estableció un grupo internacional de observadores. Se aprobaron las especificaciones técnicas finales de diseño del instrumento ENVIRO-MT (documento 8), recogándose varias sugerencias efectuadas por el ITGE y se evaluó la primera versión del software de inversión. El ITGE presentó nuevos lugares posibles para los ensayos: acuíferos de Denia (Alicante), Almonte-Marismas (Sevilla) y Almuñecar-Castell de Ferro (Granada), siendo aceptado este último, junto con Collendoorn (Holanda). Se efectuó una primera evaluación del software para presentación de resultados.

- * Durante el primer semestre de 1998 se presentaron algunos problemas constructivos, que dieron lugar a retrasos sobre el programa previsto. Se modifica el diseño de la antena de la fuente controlada, pasando a otra de mayores dimensiones. Se decide implementar una base de datos en el receptor. Se finaliza y verifica el convertidor A/D del receptor. Se acepta el programa Noesys para representación de los resultados de las mediciones y la implementación del formato EDI en los ficheros de datos para permitir la compatibilidad con otro software de proceso Magnetoteléurico. Del 27 al 30 de enero se efectúa un reconocimiento in situ de la zona de Almuñecar y Castell de Ferro. Se prepara el primer folleto técnico-comercial de difusión del instrumento. Del 1 al 12 de junio se efectúa una campaña de toma de nuevos datos geofísicos complementarios en el acuífero de Almuñecar: 15 SEV y un perfil de 1 km de resistividad y PI. (Informe en el documento 14a). La 3ª reunión de coordinación se celebró en Braunschweig (Alemania) del 26 al 28 de junio, revisándose las características técnicas de diseño del instrumento; se efectúa una nueva evaluación del software de presentación de resultados y se presentan y aprueban los resultados de los trabajos previos en Almuñecar.

- * Durante el segundo semestre de 1998 se completan en agosto las calibraciones de laboratorio del transmisor, del receptor, de los sensores E y H y de la caja de amplificación. En noviembre se llevaron a cabo los primeros ensayos en Holanda, donde por fallos del emisor se utilizó casi exclusivamente el sistema con RMT. Del 10 al 14 de noviembre se celebra la 4ª reunión de coordinación en Collendoorn (Holanda), decidiéndose una serie de modificaciones a introducir en el sistema, entre ellas el ocupar la banda 1-50 kHz con CSMT y 10-250 kHz con RMT, implementando una función adicional de integración de datos y modificando el amplificador del transmisor; asimismo se decide utilizar una tarjeta Pentium 266 MHz en el receptor y adoptar el formato ISA para las tarjetas electrónicas. Se decide posponer los ensayos en España al mes de abril de 1999. Se preparó el Informe preceptivo previo a los ensayos sobre la zona de Almuñecar (documento 14b) y Collendoorn (documento 13a).

- * Durante el primer semestre de 1999 el ITGE realiza junto con JBA una visita del 4 al 6 de marzo a Almuñecar, para solicitud de permisos de paso y preparación logística de los ensayos, que se llevan a cabo del 12 al 23 de abril. Como consecuencia de los mismos se deciden nuevas modificaciones constructivas del sistema. Se finaliza la implementación del software de presentación y la lista definitiva de potenciales usuarios. Se preparan los Informes preceptivos sobre la interpretación de los resultados de los ensayos (documentos 13b y 14c). La 5ª reunión de coordinación del Proyecto se celebra en Almuñecar, aprobándose las modificaciones técnicas, en parte propuestas por el ITGE, como consecuencia de los ensayos de campo. Se aprueba así mismo la modificación del presupuesto entre participantes (documentos 11 y 4).

* Durante el segundo semestre de 1999, del 4 al 10 de septiembre se presenta el prototipo en el 5º Congreso de la EEGS en Budapest, donde se montó un Stand y se efectuaron demostraciones de campo. En el mismo lugar se mantuvo la 6ª reunión de coordinación, donde se explicaron los resultados de la interpretación de los trabajos de Almuñecar y se aprobaron las últimas modificaciones técnicas, así como la preparación del Informe Final a la Comisión (documento 16) y del Manual (documento 15), produciéndose algunos retrasos en estos trabajos debido a un serio accidente sufrido en agosto por Ulrich Matzander, miembro del equipo de Metronix.

6. Resultados obtenidos

6.1 Prototipos de la instrumentación ENVIRO-MT

Han quedado operativos dos equipos con las siguientes especificaciones técnicas (recogidas en su totalidad en los documentos 8, 11, y 16):

Transmisor CSTMT:

- . En la banda de frecuencias de 1-250 kHz
- . Generador de frecuencias HP
- . Dos antenas perpendiculares de 3x9 m cada una, cinco vueltas, momento máximo 6000 A m² (15 A en 1-20 kHz, 7 A hasta 100 kHz, 1 A hasta 250 kHz)
- . Control remoto por radio desde el receptor, sincronización por reloj de GPS
- . Alimentación por 2 baterías de 12 V/60 Ah

Receptor CSTMT+TRMT:

- . Banda de frecuencias de 1-250 kHz
- . 5 canales (2E, 3H, medición tensorial), resolución 14 bits
- . Procesador Pentium 266 MHz, disco 2 Gb, Windows NT
- . Pantalla en color de 12", sensible al tacto
- . Alimentación por 1 batería de 12V/60Ah
- . Antena de GPS para sincronización con emisor
- . Distancia máxima receptor-transmisor de 800 m (variable con resistividad del terreno)
- . Interfase de usuario por menú, manual on line
- . Cálculo matricial por Truncated Singular Value Decomposition (TSVD)

- . Inversión 1D por Least Singular Value (LSVI)
- . Visualización de resultados en tiempo real (resistividad-frecuencia, fase-frecuencia, tipper A y B)
- . Base de datos; representación de secciones geoelectricas sobre el terreno por Noesys.
- . Soporte de aluminio para transporte

Sensores de campo eléctrico E:

- . Dos dipolos ortogonales de 10 m de longitud, con electrodos de acero y amplificador integrado en cable.

Sensor de campo magnético H:

- . Tres bobinas de núcleo de ferrita, ortogonales, de 30 cm de longitud y 7.5 mm de diámetro; devanado de 70 vueltas; medición directa del campo magnético a través de la amplificación de la intensidad de corriente.

Caja de amplificación:

- . Recibe los cinco canales, ganancia fija, bandas 1-25 kHz y 10-250 kHz, unida por cable de 10 m al receptor. Filtro antialiasing.

El sistema precisa de 4 personas para su manejo y desplazamiento en campo.

6.2 Manual de Operaciones

Como resultado del accidente sufrido por un miembro del equipo, este Manual ha quedado inconcluso. Una primera versión se encuentra en el documento nº 15.

6.3 Difusión y presentación del Proyecto en Convenciones Europeas.

- . El Proyecto ha sido presentado en el III Congreso de la Environmental and Engineering Geophysical Society, European Section, celebrado en Aarhus (Dinamarca) en septiembre de 1997, donde se presentó un Poster (recogido en el documento 7) y se inició la relación del Grupo de Observadores (recogida en los documentos 7 y 12).

- . Fue preparada y difundida una hoja técnico-comercial en el segundo semestre de 1998 (recogida en los documentos 9 y 12) de difusión internacional.
- . En el V Congreso de la Environmental and Engineering Geophysical Society, European Section, celebrado en Budapest (Hungría) en septiembre de 1999, se presentó una comunicación, se realizó una demostración de campo del prototipo del instrumento ENVIRO-MT y se distribuyeron folletos técnico-comerciales con los resultados de los test efectuados en Holanda y España (recogido en el documento 4).
- . A nivel de difusión nacional, se han publicado notas informativas en los Boletines del ITGE de marzo y septiembre de 1999 (recogidos en el documento 4). Se han presentado además comunicaciones sobre los trabajos realizados en la 2ª Asamblea Hispano-Portuguesa de Geodesia y Geofísica, celebrada en Lagos (Portugal) en febrero de 2000.

7. Resultado de los ensayos realizados en las zonas de Test

Están recogidos íntegramente en los documentos 13 y 14.

7.1 Ensayos en Collendoorn (Holanda)

Se llevaron a cabo en noviembre de 1998, sobre un antiguo vertedero, hoy en día reconvertido paisajísticamente, en el que se han detectado problemas de contaminación de un acuífero por las aguas de infiltración. El objetivo del ensayo del sistema ENVIRO-MT era la detección de la pluma de contaminación, que hace disminuir la resistividad de los terrenos hasta 2-10 ohmm. Se dispone de sondeos mecánicos testificados de gamma natural y resistividad, y de mediciones de SEV y EM34 previas a los ensayos. Se efectuaron 4 perfiles, con un total de 1310 m en 135 estaciones distanciadas 10 m. Se realizaron fundamentalmente mediciones de RMT en la banda de 14-500 kHz, a una media de 20 lecturas por hora. Se localizó un conductor desde los 20 m a los 35 m de profundidad, que se expande por una capa de arenas y arcillas, y que contrastado con los datos conocidos y nuevas mediciones efectuadas de NanoTEM y control continuo de resistividad en sondeos (permanent electrode cable), refleja con gran exactitud la posición de la pluma de contaminación, que avanza a unos 40-50 m por año. La información RMT no ha penetrado más de 30-35 m (en terrenos de 40-200 ohmm), no pudiendo resolverse el límite inferior de la contaminación, debido a la baja resistividad. El método permite alcanzar resoluciones suficientes para detectar la presencia de una capa de arcillas de potencia inferior a 5 m,

situada a 8 m de profundidad (mejor resolución que con NanoTEM y comparable a la de electrodo continuo).

Un segundo ensayo se llevó a cabo en Montferland, con el objetivo de localizar una capa vertical de arcilla (30 ohmm) entre arenas (más de 700 ohmm), que actúa de pantalla del acuífero (menos de 200 ohmm), dando lugar a una distinta profundidad del nivel freático a ambos lados. Los resultados de RMT permitieron localizar con claridad el cambio de profundidad del nivel freático, entre 15 y 30 m.

7.2 Ensayos en Almuñecar (España)

El objetivo de este ensayo (descrito en el documento 14c) es definir la geometría de parte del acuífero del río Verde, constituido por una secuencia de materiales detríticos (gravas, arenas, limos y arcillas) sobre un substrato de pizarras paleozoicas. La existencia de paleocanales supone un camino de conductividad hidráulica preferente, de importancia para la regulación del acuífero y para el avance de la intrusión de agua del mar en épocas de sobreexplotación.

La información de columnas geológicas disponible a partir de sondeos mecánicos, algunos de ellos utilizados como pozos de captación y otros formando parte de la red de piezómetros, es algo precaria, existiendo importantes discrepancias entre ella y la interpretación de los SEV realizados en 1977, lo que ha hecho necesario el llevar a cabo una nueva campaña geofísica en 1998 para poder contrastar los datos a tomar con el método ENVIRO-MT. Esta campaña está descrita en el documento 14a y 14b. Se realizaron 15 SEV de AB 400-900 m, así como un perfil dipolo-dipolo de resistividad y polarización inducida. Del corte geoelectrico obtenido se deduce la siguiente secuencia geoelectrica, desde la superficie al basamento:

- Nivel resistivo (100-600 ohmm) de unos 2 m de potencia
- Un nivel conductor (20-80 ohmm) de arenas medias con limos, de 10-20 m de potencia
- Un nivel resistivo (100-470 ohmm) de arenas más gruesas de unos 10 m de potencia
- Un conductor (10-40 ohmm), posiblemente de arenas medias y arcillas de 20-30 m de potencia, y que puede constituir la capa principal del acuífero
- Un basamento resistivo (200-500 ohmm) de pizarras

En función de las secciones geoelectricas obtenidas y de la situación de los sondeos mecánicos más fiables, fue diseñada la campaña de prueba de ENVIRO-MT (documento

14b). Los ensayos se efectuaron en abril de 1999, midiéndose tres perfiles con un total de 2100 m. Sobre dos de estos perfiles se efectuaron mediciones de RMT+CSMT cada 20-30 m; sobre el otro perfil se midieron 36 estaciones cada 20 m de RMT+CSMT, además de otras mediciones sólo de RMT o de CSMT. En total se han hecho 73 mediciones de RMT+CSMT a un promedio de 3 lecturas por hora, otras 56 lecturas de RMT y 28 de CSMT, con distintas posiciones del transmisor.

Debido a que el sistema seguido en la nomenclatura de las lecturas con el instrumento no coincide con el dado a las estaciones sobre el terreno, el uso de las mediciones para efectuar análisis de repetibilidad y dependencia de la posición del transmisor no se ha podido llevar a cabo.

El sistema ENVIRO-MT se ha mostrado de rápida ejecución y muy apto para adaptarse a las dificultades del terreno, ya que las mediciones dentro de la densa plantación de chirimoyas se han realizado con facilidad, y en cualquier caso mucho mejor que con otros dispositivos eléctricos de mayores dimensiones.

Las secciones de resistividad-profundidad se han obtenido tanto para los valores de RMT y de CSMT por separado, como para ambos conjuntamente, en direcciones YX e XY, por inversión 1D. Cada sección está controlada por SEV cada 200-250 m y al menos por un sondeo mecánico. La interpretación geológica se ha llevado a cabo por comparación de los resultados de ENVIRO-MT con la información previa disponible, aunque, por imprecisión del levantamiento topográfico efectuado, la localización de las mediciones respecto de los puntos de control no es mejor de 50 m.

La resolución vertical alcanzada es mejor para mediciones de RMT, al ser de más alta frecuencia, pero su penetración está muy limitada, no llegando al basamento, para lo que son necesarias las mediciones de CSMT. La mejor definición se consigue con las secciones conjuntas de RMT+CSMT, reflejando los resultados la información geológica conocida pero de una forma continua y con buena resolución tanto vertical como lateral, lo que permite efectuar una mejor correlación y seguimiento de las diferentes capas que con los SEV. Las variaciones entre las secciones XY e YX permiten apreciar la heterogeneidad de las formaciones, que serían mejor resueltas utilizando una inversión en 2D. Esto es sobre todo patente en el caso de mediciones de ENVIRO-MT tomadas cada 10 m, donde es mucho peor la correlación de los resultados con la información previa.

Aunque el ruido introducido ocasionalmente en los datos produce falsos valores, en general el ensayo puede considerarse muy positivo, siendo el método ENVIRO-MT de gran interés

para las prospecciones de tipo somero. Sin embargo, en nuestra opinión, se necesitan más experimentos de campo para perfeccionar la técnica de medición, en el sentido de la validación de mediciones e identificación de los ficheros generados en la base de datos en correspondencia con la situación real sobre el terreno. Se recomienda igualmente la utilización de algoritmos de inversión de al menos 2D, para poder utilizar las ventajas de la cobertura continua del sistema, así como hacer mayor uso de las posibilidades que las medidas tensoriales pueden poner a disposición de la interpretación geológica.

8. Cuadro de ocupación y gastos

En este Proyecto ha participado el siguiente equipo de trabajo:

- * Juan Luis Plata Torres, investigador principal (T1)
- * Félix Manuel Rubio Sánchez-Aguililla, investigador (T2)
- * Ángel Pelaez, becario del ITGE (T2)
- * Ángel Cañamero y José María Llorente, operadores de campo (T3).

La dedicación en tiempos, los costos certificados y las subvenciones recibidas (ambos reflejados en ECUS) están recogidos en el siguiente cuadro:

Periodo	Trabajo	Material	Viajes	Gastos generales	Total	Contribución Recibido UE (39,78%)	Horas dedicación		
							T1	T2	T3
1-6/97	4.794		819	3.020	8.633	8.269 (anticip) 3.420,64	120	96	
7-12/97	5.618	4.849	1.711	3.539	15.717	2.000	176	64	
1-6/98	11.571		4.998	7.290	23.859	12.000	196	224	240
7-12/98	7.499		1.824	4.724	14.047	1.433,36	128	232	
1-6/99	12.422		3.617	7.825	23.864		383	150	
7-11/99	10.343		1.486	6.515	18.344	12.959	240	233	
TOTAL	52.247	4.849	14.455	32.913	104.464	40.082	1.243	999	240
Presupuesto Inicial	37.569	4.849	9.675	23.668	75.761	30.137			
Presupuesto Revisado	52.121	3.849	11.955	32.833	100.758	40.082			

9. Documentos generados

Nº1/ Final Report of the Definition Phase of the Project "Adapting Magnetotelluric geophysics systems to measure high frequency ranges for environmental investigation". (Definición completa del Proyecto a desarrollar). Agosto 1996. METRONIX. **CONFIDENCIAL**.

Nº2/ Apéndice al documento 1. Contiene:

- . Manufacturer's data sheets for electronic components (UU)
- . Review of environmental applications of geophysics (60 pag., Reynolds JBA)
- . Draft of the European Council Directive 95 on the landfill of waste
- . Geotechnics of Landfill design and remedial works: technical recommendations (German Geotechnical Society)
- . Landfill design, construction and operational practice. Dept. of environmental and waste management. U.K.
- . Geophysical methods for fracture characterisation in and around potential sites for nuclear waste disposal. USA
- . List of potential users
- . Telecom regulations for active source radio transmitters 1-250 kHz
- . Results of preliminary Patent Search
- . Quick Scan Action Report

Nº3/ Contrato nº IN10048I con la DG XIII de la Comisión de la U.E. para desarrollar el Proyecto, nov. 1996

Nº4/ Documentación complementaria al Contrato. Contiene:

- * Declaraciones oficiales de aceptación previa de participación del ITGE en el Proyecto. Septiembre 1996.
- * Nota del Coordinador sobre puntos especiales del contrato. Diciembre 1996.
- * Nota interior enviada a la DG de Planificación del ITGE, adjuntando contrato. Enero 1997.
- * Informes de actividad y certificaciones de gasto del ITGE enviados semestralmente al Coordinador. (junio 1997 - noviembre 1999). **CONFIDENCIAL**.
- * Preparación logística de los trabajos en Almuñecar. Marzo 1999.
- * Final Meeting Report, Budapest. Contiene acuerdo de modificación del Presupuesto original e Informe de presentación del prototipo en el Congreso de la EEGS. Incluye informe en español. Septiembre 1999. **CONFIDENCIAL**.

- * Technology implementation plan (explotación de resultados y situación final de uso preferencial por usuarios finales). Noviembre 1999. **CONFIDENCIAL**.
- * Carta oficial de aceptación del Informe Final del Proyecto por la Comisión de la UE. Enero 2000
- * Folleto técnico comercial editado para la presentación de los resultados del Proyecto en Budapest.
- * Notas aparecidas en el Boletín Informativo del ITGE sobre el Proyecto ENVIRO-MT. Marzo 1999 y septiembre 1999.

Nº5/ 1º Periodic Progress Report 1/1-30/6 1997. Minutes of 1º Meeting. Baunschweig, Germany 27/1/97. Incluye informe ITGE en español. **CONFIDENCIAL**

Nº6/ Report on Preliminary evaluation of software. JBA. June 1997

Nº7/ 2º Periodic Progress Report 1/7-31/12 1997. Minutes of 2º Meeting. Ebeltoft, Denmark 7/9/97. Presentación en el Congreso EEGS en Aarhus. Incluye informe ITGE en español. **CONFIDENCIAL**

Nº8/ Final specifications and description of the ENVIRO-MT system. Metronix. August 1997. **CONFIDENCIAL**.

Nº9/ 3º Periodic Progress Report 1/1-30/6 1998. Minutes of 3º Meeting. Baunschweig, Germany 27/6/98. Incluye informe ITGE en español. **CONFIDENCIAL**

Nº10/ 4º Periodic Progress Report 1/7-31/12 1998. Minutes of 4º Meeting. Hardenberg, The Netherlands 12/11/98. Incluye informe ITGE en español. **CONFIDENCIAL**

Nº11/ 5º Periodic Progress Report 1/1-30/6 1999. Minutes of 5º Meeting. Almuñecar. Spain 19/4/99. **CONFIDENCIAL**

Nº12/ Information package: Noesys visualisation software; end-user mailing list. JBA. Project description sheet. March 1999. **CONFIDENCIAL**

Nº13/ Ensayos en Collendoorn, Holanda.

Nº13a/ Information required for the demonstration site at the former dumping ground Collendoorn. Septiembre 1998

Nº13b/ Mapping of subsurface pollution in Collendoorn. The integrated use of permanent electrode cables, nanoTEM, RMT and CSMT measurements. Octubre 1999.

Nº14/ Ensayos en Almuñecar. España.

Nº14a/ Informe sobre la campaña de SEV, PI y perfil de resistividad en Almuñecar (Granada), para el proyecto ENVIRO-MT. Junio 1998. ITGE.

Nº14b/ Predemonstration data package for the field test site of Almuñecar (Granada, Spain) enero 1999. ITGE.

Nº14c/ Report on the interpretation of ENVIRO-MT data from test site of Almuñecar (Spain), sept. 1999. ITGE.

Nº15/ Manual de operaciones del instrumento ENVIRO-MT. Universidad de Uppsala. Noviembre 1999.

Nº16/ Final Report presentado a la DG XIII. Noviembre 1999.

Nº17/ Informe final y guía de la documentación generada (este Informe)

Los documentos 14a, 14b, 14c, 16 y 17 han sido entregados al Centro de Documentación del ITGE. Los documentos restantes quedan archivados exclusivamente en la Biblioteca de Informes del Area de Geofísica del ITGE.

Se ha entregado además una copia de los documentos 14a y 14c a la oficina del ITGE en Granada.

Los ficheros informáticos con los textos y todas las figuras contenidas en los documentos 14, 15 y 17 se encuentran almacenados en el archivo de datos del Área de Geofísica del ITGE. Su contenido y formatos se especifica en el ANEXO.

Madrid, Febrero de 2000



Fdo: Juan L. Plata Torres

ANEXO

Relación de ficheros generados

C.D. ENVIRO

Consta de los siguientes directorios:

- **CAMPANA**
- **REPORT**
- **CORREO**
- **DIGITA**
- **FINAL**

CAMPANA.- Contiene los ficheros de los Informes:

REALIZACIÓN DE LA CAMPAÑA DE SEV, PI Y PERFILAJE ELECTRICO PARA EL PROYECTO ENVIRO-MT REALIZADOS EN ALMUÑECAR (GRANADA). 1999.

PREDEMONSTRATION DATA PACKAGE FOR THE FIELD TEST SITE OF ALMUÑECAR (GRANADA, SPAIN). 1999.

Esta dividido en los siguientes subdirectorios:

TEXTO.- Almu1.doc.- Fichero WP texto informe “Realización de la campaña ...”

Almu2.doc.- Fichero WP texto “PREDEMONSTRATION DATA ...”

Cuadro1.doc.- Fichero WORD con el cuadro 1 del texto del informe “Realización de la campaña...”, con los datos de los sondeos mecánicos (Nº ITGE, Nº Case, X, Y, Z, OBSERV., Columnas).

Cuadro2.doc.- Fichero WORD con el cuadro 2 del texto del informe “Realización de la campaña ...”, con los datos de los S.E.V. (SEV, X, Y, Z).

Portada.grf.- Fichero GRAPHER con la portada del informe “PREDESMONSTRATION...”

Sondeos.doc.- Cuadro de WORD con datos de sondeos mecánicos. (Nº ITGE, Nº Case, X, Y, Z, OBSERV., COLUMNA).

ELECTRICO.- *.rpd.- Ficheros ASCII, formato RESIXIP con los datos de campo de los SEV de la campaña de 1999 (*=nº SEV pe. 12 es el SEV 1 del perfil 2).

.dat.- Ficheros ASCII formato RESIXIP (Nº dato, AB/2, ϕ , ϕ sintético, diferencia % ($\phi - \phi_s$)) (=mismo que caso anterior).

Almu.rxp.- Fichero binario con los datos e interpretaciones de los SEVs en formato del programa RESIXIP.

Almu.lst.- Fichero ASCII con las interpretaciones de los SEVs en formato del programa RESIXIP.

FIGURAS.- Ficheros y directorios con las figuras creadas informáticamente para el informe y para el "PREDEMONSTRATION...".
*.srf.- Ficheros Surfer
*.grf.- Ficheros Grapher
*.cdr.- Ficheros Corel Draw 8.

PERFIL.- Subdirectorio que contiene los datos de campo del perfil eléctrico. También contiene los ficheros generados al procesar estos datos con el programa de Geosoft. Sirve para obtener gráficos de los perfiles de resistividad y PI. Las extensiones más importantes (propias del programa) son:

*.dmp.- Ficheros de datos ASCII procedentes directamente del volcado del instrumento de campo.
*.ip.- Ficheros ascii del perfil de pi.
*.res.- Ficheros ascii del perfil de resistividad.
*.plt.- Fichero gráfico para impresora.

CORTES.- Contiene ficheros ascii utilizados para representar los cortes (se representan en Surfer) su formato es (X, Y, Z, SEV, con X como la posición en el perfil, Y la profundidad de la capa y Z valor de la resistividad).

Perfil*.dat (* = nº de perfil)

SONDEOS.- Ficheros de Corel Draw (extensión.cdr) que presentan las columnas de los sondeos mecánicos de la zona. (Falta el sondeo 7-74 que estaba equivocado. Sólo se encuentra bien en los cortes del Report).

REPORT.- Contiene los ficheros que corresponden al informe: "REPORT ON THE INTERPRETATION OF ENVIRO-MT DATA FROM TEST SITE OF ALMUÑECAR (SPAIN), 1999".

Consta de los siguientes subdirectorios:

ANEXO 3.- Directorio con el fichero de power point que contiene los gráficos del anexo 3 (anexo3.ppt)

ANEXO 1.- Con el fichero Plan.doc que contiene el texto del anexo 1.

ANEXO 2.- Ficheros del Anexo 2: Anex2.srf (figura de Surfer "Plotting from JBA filedat" tiene como ficheros asociados líneas.dat, sonjba.dat y trasm.dat) y lineas.xls (Hoja de Excel con el listado de las coordenadas de JBA).

FIGURAS.- Ficheros y directorios con las figuras del informe (*.srf = surfer, *.cdr = Corel Draw). (El fichero plot1.srf es una composición con posición de sondeos sobre imagen de la zona).

TEXTO.- Almu3.doc.- Fichero WP con el texto del "REPORT".
Portad2.grf.- Fichero grafer con la portada del informe.

DATOS.- Lincampo.dat.- Fichero de datos con las coordenadas de las medidas tomadas por JBA. (Se numeran cada 5). Formato N°, X, Y, Z (sólo líneas).

Líneas.dat.- Fichero anterior con numeración original.

Lines.dat.- Fichero original de JBA (Líneas, Sondeos y Transmisores).

Lineasd.dat.- Fichero Lines eliminando las estaciones 0 (sólo líneas).

Cp1campo.dat.- Fichero con el perfil 1 (numerados cada 5).

P57campo.dat.- Fichero con los perfiles 5 y 7 (numerados cada 5).

Sonjba.dat.- Coordenadas de los sondeos tomados por JBA.

Trasm.dat.- Coordenadas de los transmisores tomados por JBA.

Trasso.dat.- Coordenadas de los sondeos y transmisores tomados por JBA.

(Todos son ficheros ASCII con el formato ya indicado).

FOTOS.- Ficheros tif y jpg con las fotos tomadas en Almuñecar escaneadas.

DIGITA.- Contiene los ficheros que corresponden a los procesos de digitalización del mapa a escala 1/10.000. Son ficheros ascii, algunos corresponden a la digitalización de un mismo objeto, pero que son utilizados en la generación de las figuras de los informes. Los que poseen extensión .dat son ficheros dato de digitalización, los ficheros con extensión .bln tienen el formato de ficheros de blanqueo de SURFER, y se utilizan en este programa para posicionar etiquetas, poblaciones, ríos, etc.

CORREO.- Ficheros recibidos por correo electrónico referentes al proyecto ENVIRO:

- manual.zip.- Fichero comprimido con el manual del instrumento. En el subdirectorío PRNTDOC se encuentran los ficheros descomprimidos que forman el manual.

- Cooral.txt.- Fichero TXT con los datos de las coordenadas de la campaña tomados por JBA. (Fichero original).
- Almuñecar_Figu....- Presentación de Power Point con los perfiles interpretados en la Universidad de Upsala.

FINAL.- Ficheros de texto del informe final.

- Envitge.- Fichero de WP5.1 con texto de informe final preparado en el ITGE.
- Anexcd.doc.- Fichero texto en Word con este anexo de contenido de ficheros generados.

Enviro MT™ System

A NEW INNOVATIVE MT SYSTEM FOR ENVIRONMENTAL & ENGINEERING GEOPHYSICAL INVESTIGATIONS

FEATURES

- Windows NT environment with touch screen interface for user-friendliness and fast operations.
- High sampling rate for broad band radio-signal reception.
- Remote control source with synchronous detection using radio modems and GPS clocks.
- Built in database facility with user interface for fast data access for visualisation, processing and EDI formatting.
- Data visualisation including psuedo sections of apparent resistivity, phase, tippers and results of 1D inversion.

SYSTEM DESCRIPTION

The ENVIRO MT™ SYSTEM designed by Uppsala University and METRONIX is a new electromagnetic equipment using radio frequencies in the band 14 kHz to 250 kHz and two perpendicular horizontal magnetic dipole sources from 1 kHz to 100 kHz.

Two horizontal electric and three magnetic components are simultaneously measured in the frequency band 1-25 kHz or 10-250 kHz. In the second band in addition to the VLF transmitters, there are more than 30 transmitters (Central Europe) present with a rather uniform distribution of azimuths, that can be identified automatically with the new approach. This allows for stable estimates of the full impedance tensor and the tipper vector. If only radio frequencies are used survey measurements can be taken in a matter of seconds.

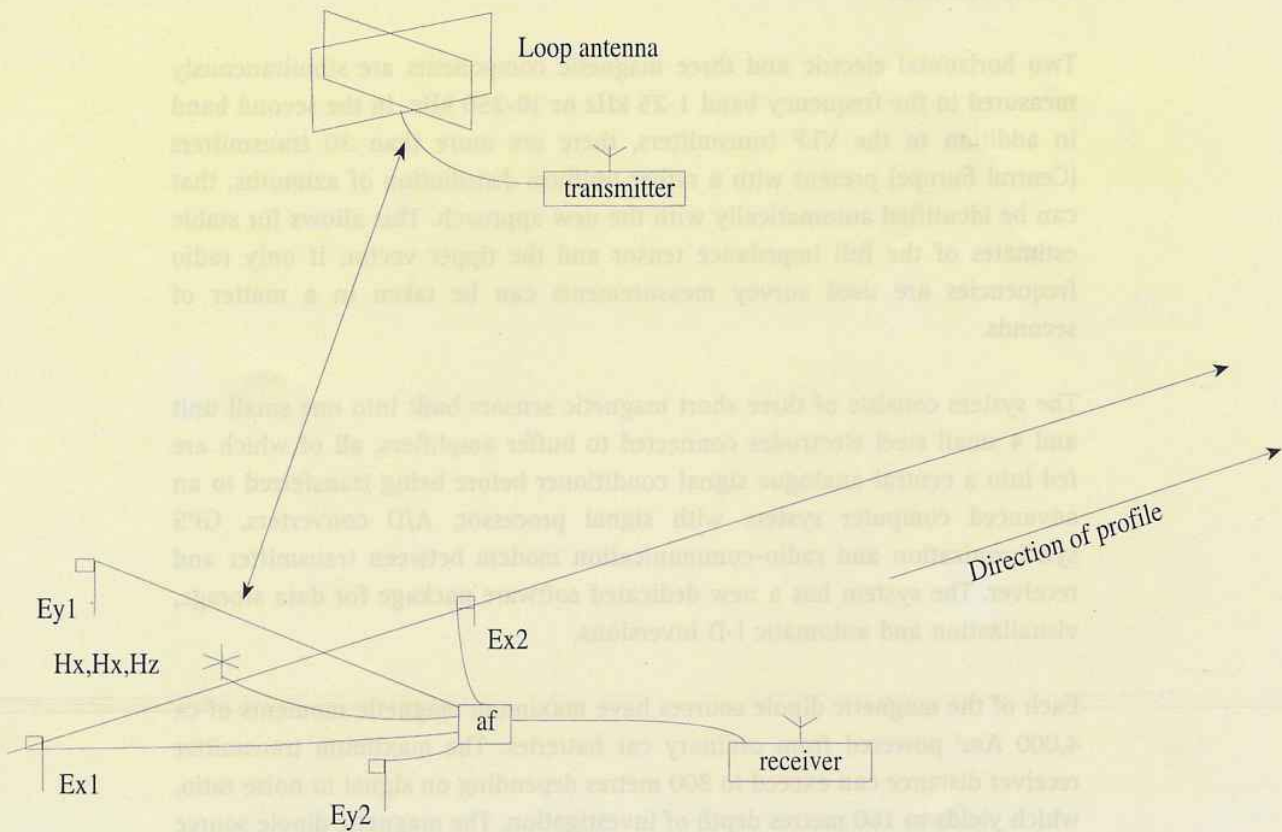
The system consists of three short magnetic sensors built into one small unit and 4 small steel electrodes connected to buffer amplifiers, all of which are fed into a central analogue signal conditioner before being transferred to an advanced computer system with signal processor, A/D converters, GPS synchronization and radio-communication modem between transmitter and receiver. The system has a new dedicated software package for data storage, visualization and automatic 1-D inversions.

Each of the magnetic dipole sources have maximum magnetic moments of ca 4,000 Am² powered from ordinary car batteries. The maximum transmitter receiver distance can exceed to 800 metres depending on signal to noise ratio, which yields to 160 metres depth of investigation. The magnetic dipole source is used to cover the lower frequency band (1-15 kHz) and to fill in frequencies up to 100 kHz at sites with poor coverage of radio frequencies.

Enviro MT™ System

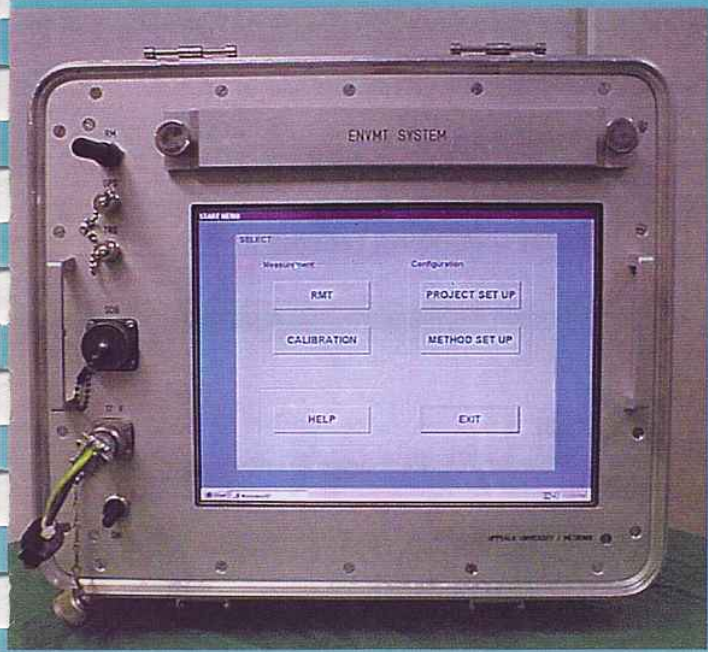
APPLICATIONS

- Geotechnical studies for infrastructure projects: roads and tunnels.
- Ground characterisation studies for municipal and hazardous waste disposal sites.
- Detection and monitoring of contaminated groundwater plumes.
- Assessment and monitoring of coastal salt water intrusion processes.
- Rock characterisation studies for underground storage facilities.
- Groundwater studies.
- Investigations for mine and tailings rehabilitation schemes.



Overview and Field Setup of the ENVIRO-MT™ System

Enviro MT™ System



RECEIVER



MAGNETIC FIELD SENSOR



TRANSMITTER

Sample photographs of the ENVIRO MT™ SYSTEM Components.

Enviro MT™ System

TECHNICAL SPECIFICATION

TRANSMITTER

Frequency range:	1 - 100 kHz.
Maximum antenna moment:	4000 Amp-m*m
Antenna size:	Two perpendicular antennas
Control:	Remote controlled by radio modem communication from receiver.
Power Requirement:	4 Standard 12 V/60 Ah batteries.

RECEIVER

Bandwidth:	1 - 250 kHz.
Resolution:	14 bits.
No. of Channels:	5 (2E, 3H).
Processors:	DSP/ TMS320C32, PC/Lower Pentium 266 Mhz
Hard disk:	2 Gb.
Display:	Colour LCD, VGA, 12" TFT colour Touchscreen
Power:	Standard 12V/60Ah Battery

ANALOG AMPLIFIER/ FILTER BOX

No. of Channels:	5 (2E, 3H).
Amplification:	Preamp fixed gain, postgain adjusted.
Filters:	Bandpass 1 - 25 kHz and 10 - 250 kHz.

E-FIELD SENSOR SYSTEM

Frequency range:	1 kHz to 250 kHz.
Electrode type:	Stainless steel stick buffer amplifier integrated in plug.
Gain of buffer amplifier:	5.
Dipole Length:	10m.

MAGNETIC FIELD SENSOR SYSTEM

No. of channels:	3 orthogonal components.
Type of sensor:	Feedback induction coil with ferrite core.
Frequency range:	1 - 250 kHz.
Sensor self noise:	1.9 fT @ 20 kHz.
Preamplification:	2000.
Sensitivity of coil without feedback:	Appr. 12.5 nV/(nT*Hz).
Sensor Length :	30 cm.
Core diameter:	7.5 mm.

ENVIRO MT™ PROJECT PARTNERS:

Metronix GmbH (Germany)
Dept. of Geophysics, Uppsala University (Sweden)
John Barnett & Associates (Ireland)
Netherlands Institute of Applied Geoscience TNO (The Netherlands)
Instituto Tecnológico Geominero de España (Spain)

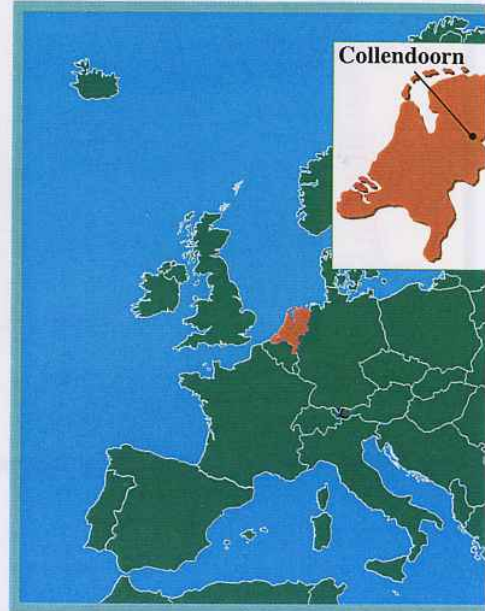
Contact: Dr. B. Friedrichs (Metronix GmbH)
Tel: +49-531-8668270
Fax: +49-531-8668555
e-mail: geo@metronix.de
Web: <http://www.metronix.de>

Enviro MT™ System

CASE STUDY: MUNICIPAL WASTE DISPOSAL SITE, COLLENDOORN, THE NETHERLANDS

APPLICATION

The ENVIRO MT™ system was used to survey lands adjacent to a municipal waste disposal site at Collendoorn in the Netherlands. The objective of the survey was to determine the location and extent of a leachate plume migrating from the waste disposal site.



SURVEY

Four profiles, each approximately 400 metres long were surveyed in November 1998. The measurement spacing was 10 metres along each line. The ENVIRO MT™ system has an innovative, efficient database to store, process and present the recorded survey data. Both pseudo-sections (of apparent resistivity, phase, tipper elements etc) and 1-D inversions of selected impedance combinations (off-diagonal elements, determinant, etc) were plotted in-field to check data quality and to obtain an overview of the data collected along each profile

RESULTS

The apparent resistivity and phase data corresponding to current flow in the NS direction (denoted by subscript XY) are shown in Figure 1. The data show that in the western part of the profile there are four layers and to the east the resistivity increases the most conductive layer at the bottom disappears. The results of the built-in 1D inversion of both polarisations of current flow are shown in Figure 2. The figure shows the extent of a conductor between 25m and 30m depth. This conductor corresponds to a leachate plume from a waste dump to the east of the survey.

Resistivity logs in a borehole on station 17, nanoTEM 2D inversion results and 1D inversion ENVIRO MT™ results shown in Figure 3 are in excellent agreement. Furthermore, the lateral extent of the conductor coincides well with results obtained with nanoTEM. The ENVIRO MT™ gives results that have a higher resolution than TEM or geo-electrical tomography, with a shorter data acquisition time. The vertical resolution at a depth of about 20m is of the order of 2m, which is very good for a resistivity mapping technique.

ENVIRO MT™ PROJECT PARTNERS:

Metronix GmbH (Germany)

Dept. of Geophysics, Uppsala University (Sweden)

John Barnett & Associates (Ireland)

Netherlands Institute of Applied Geoscience TNO (The Netherlands)

Instituto Tecnológico Geominero de España (Spain)

Contact: Dr. B. Friedrichs (Metronix GmbH)

Tel: +49-531-8668270

Fax: +49-531-8668555

e-mail: geo@metronix.de

Web: <http://www.metronix.de>

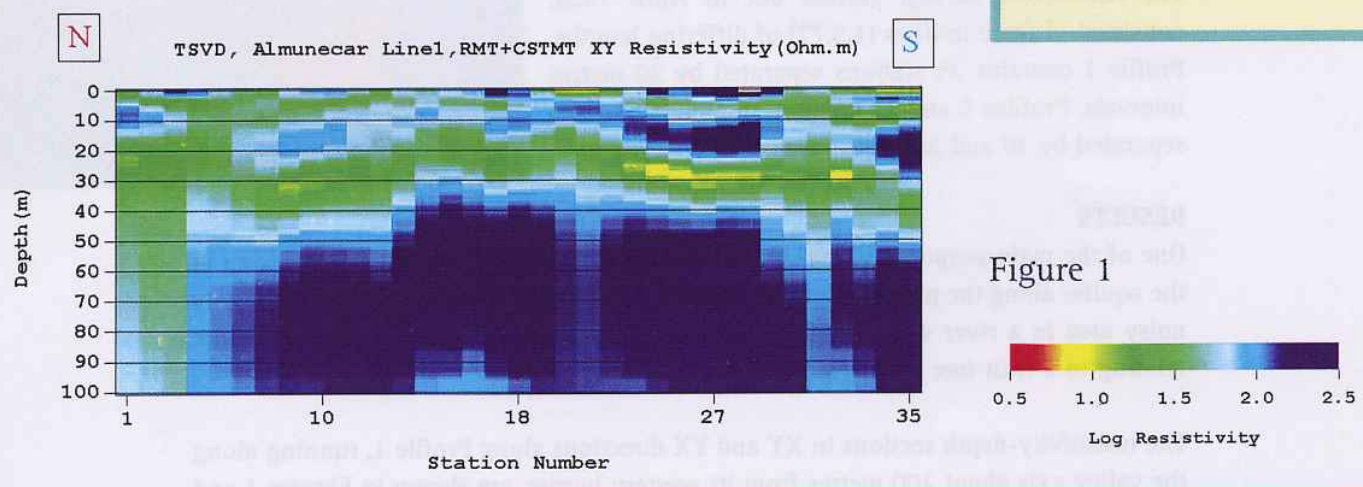
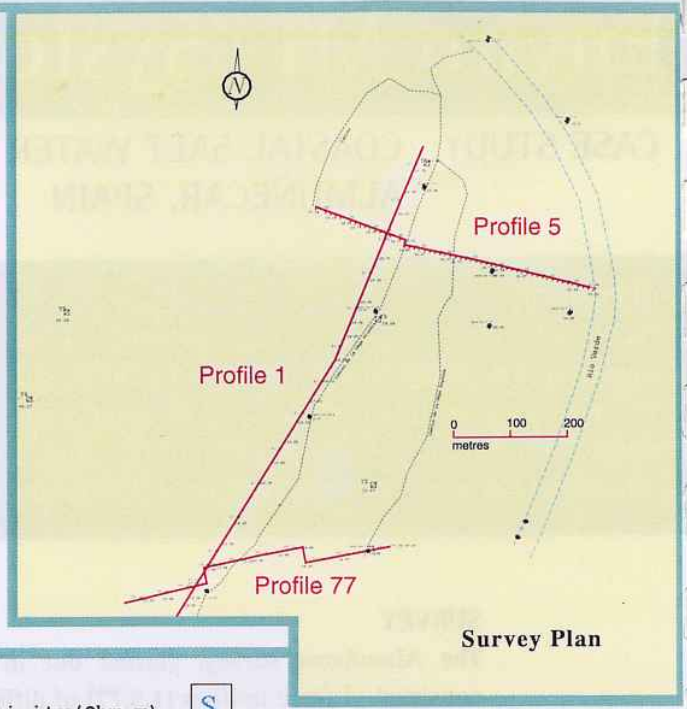


Figure 1

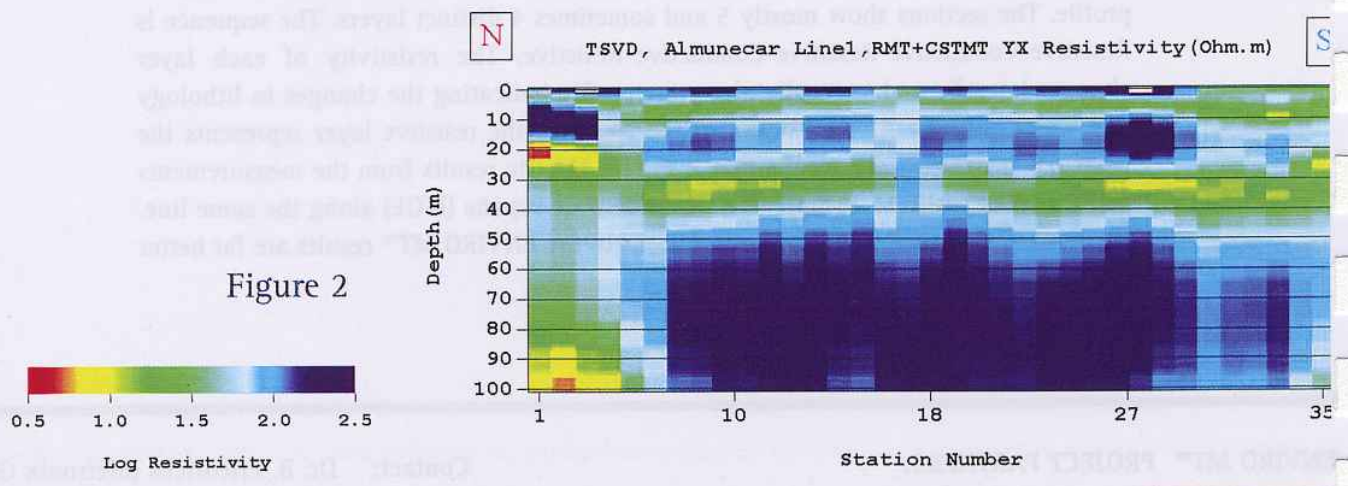


Figure 2

Reference:

*Pedersen, L.B; Dynesius, L., Bastani, M., Gharibi, M. & Matzander, U.
 "ENVIRO MT™ : A new radio controlled source system".
 Paper presented to the EAGE, Helsinki, June 1999 and EEGS, Budapest, Sept. 1999.*

Enviro MT™ System

CASE STUDY: COASTAL SALT WATER INTRUSION, ALMUÑECAR, SPAIN

APPLICATION

The ENVIRO MT™ system was used to survey a coastal aquifer at Almuñecar, Spain. The objective of the survey was to determine the morphology of the aquifer and to detect the sea water intrusion zone resulting from extraction of groundwater from wells located in the area.

SURVEY

The Almuñecar survey, carried out in April 1999, consisted of three profiles (1,5,77) of differing lengths. Profile 1 contains 35 stations separated by 30 metres intervals. Profiles 5 and 77 contain 55 and 26 stations separated by 10 and 20 metres respectively.

RESULTS

One of the main purposes of the survey was the determination of the morphology of the aquifer along the proposed profiles. The measurements were taken in an extremely noisy area in a river valley with power lines, pump houses and other infrastructure relating to a fruit tree plantation.

The resistivity-depth sections in XY and YX directions along Profile 1, running along the valley axis about 200 metres from its western border, are shown in Figures 1 and 2. The sections are the results of the built-in ID inversion routine called Least Singular Values Inversion (LSVI). The data used are the RMT+CSTMT measurements along the profile. The sections show mostly 5 and sometimes 4 distinct layers. The sequence is Resistive-Conductive-Resistive-Conductive-Resistive. The resistivity of each layer changes laterally and vertically along the profile indicating the changes in lithology and water content. At the bottom of the sections, the resistive layer represents the palaeozoic basement. The results match the DC electric results from the measurements performed by Instituto Tecnológico GeoMinero de España (ITGE) along the same line. However, the vertical and lateral resolutions of the ENVIRO MT™ results are far better than the DC geoelectric results.



ENVIRO MT™ PROJECT PARTNERS:

Metronix GmbH (Germany)

Dept. of Geophysics, Uppsala University (Sweden)

John Barnett & Associates (Ireland)

Netherlands Institute of Applied Geoscience TNO (The Netherlands)

Instituto Tecnológico Geominero de España (Spain)

Contact: Dr. B. Friedrichs (Metronix GmbH)

Tel: +49-531-8668270

Fax: +49-531-8668555

e-mail: geo@metronix.de

Web: <http://www.metronix.de>

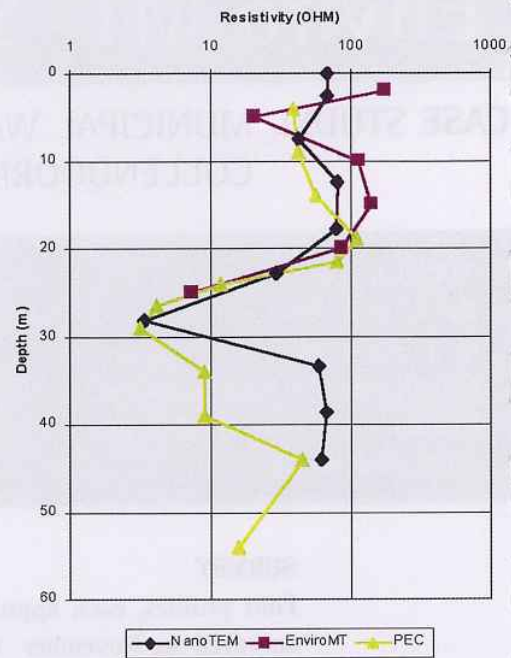
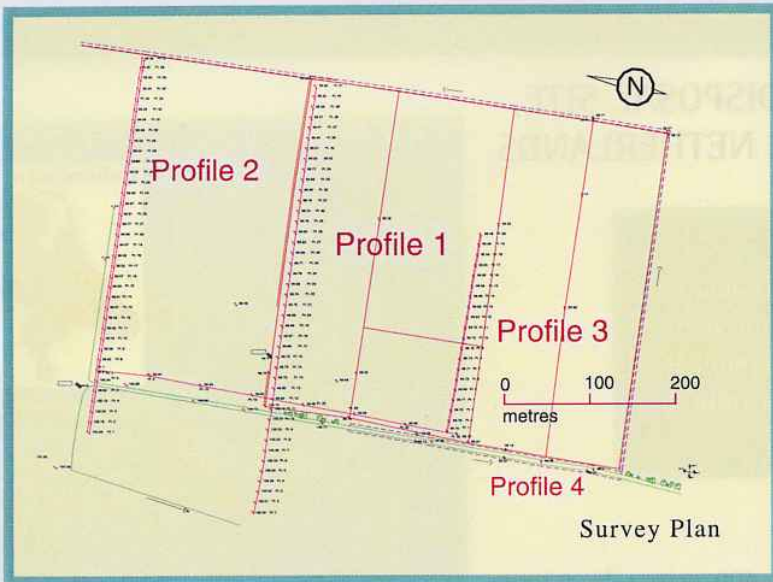


Figure 3

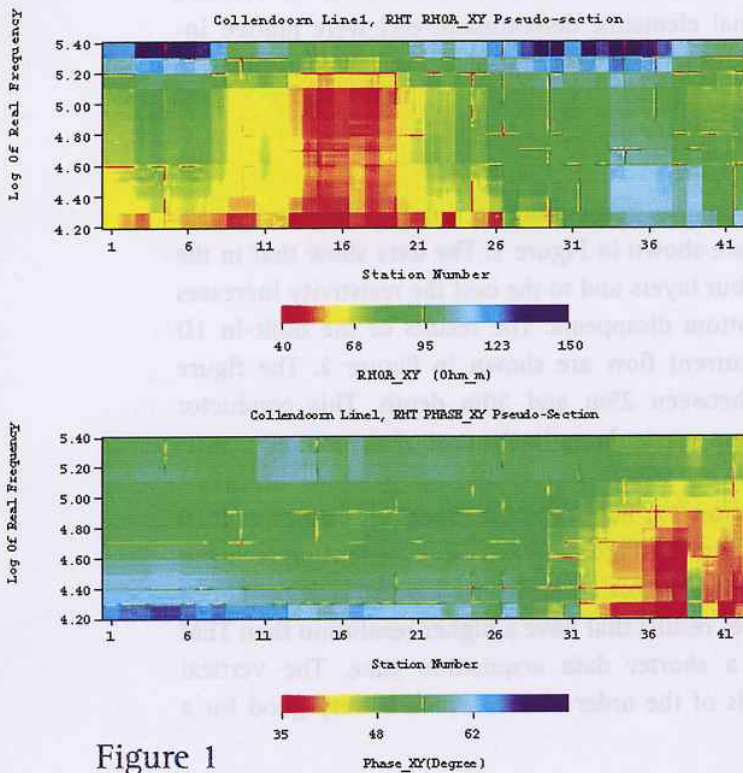


Figure 1

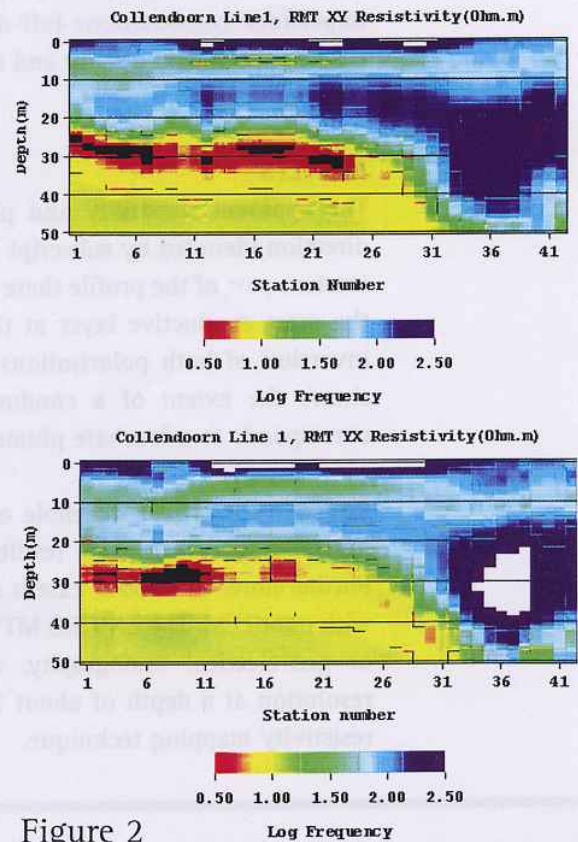


Figure 2

REFERENCE:

Pedersen, L.B; Dynesius, L., Bastani, M., Gharibi, M. & Matzander, U.
 "ENVIRO MT™ : A new radio controlled source system".

Paper presented to the EAGE, Helsinki, June 1999 and EEGS, Budapest, Sept. 1999.