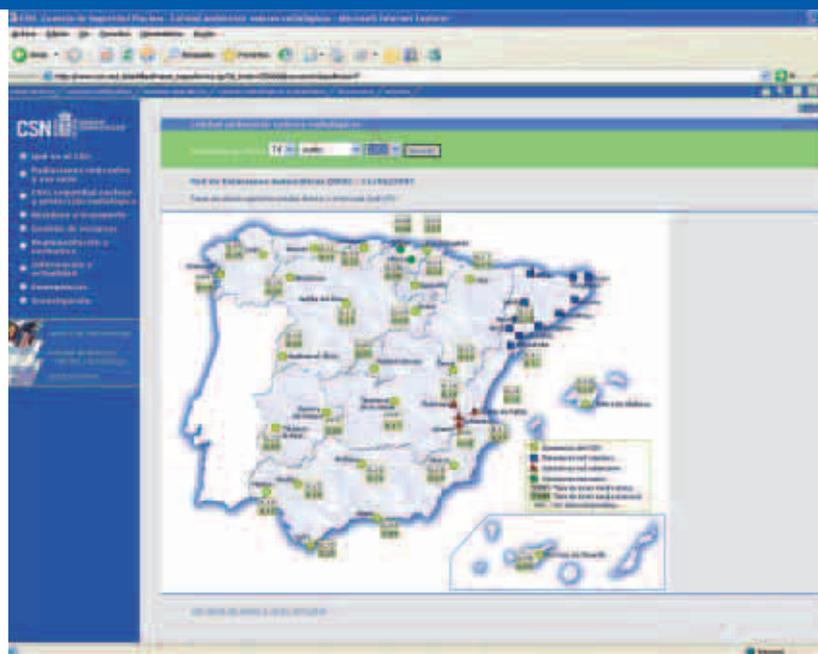


# Red de estaciones automáticas de vigilancia radiológica ambiental (REA) del CSN

Operación y resultados  
Años 2004 y 2005

# CSN



Colección  
Informes Técnicos  
20.2008

Red de estaciones automáticas de vigilancia  
radiológica ambiental (REA) del CSN.  
Operación y resultados.  
Años 2004 y 2005

Colección Informes Técnicos  
Referencia INT. 04-16

© Copyright 2008, Consejo de Seguridad Nuclear

Edita y distribuye:

Consejo de Seguridad Nuclear  
C/ Pedro Justo Dorado Dellmans, 11.  
28040 Madrid. España  
[www.csn.es](http://www.csn.es)  
[peticiones@csn.es](mailto:peticiones@csn.es)

Maquetación: base 12 diseño y comunicación, s.l.  
Impresión: Elecé Industria Gráfica, S.L.

Depósito legal: M-39183-2008

# Red de estaciones automáticas de vigilancia radiológica ambiental (REA) del CSN

Operación y resultados.  
Años 2004 y 2005

Autores: Cristina Parages  
Javier Ramón  
Eugenio Gil

Colección  
Informes Técnicos  
20.2008





## Introducción

La ley 14/1999, de 4 de mayo, de Tasas y Precios Públicos por Servicios Prestados por el Consejo de Seguridad Nuclear modifica en su disposición adicional primera las funciones asignadas al CSN en la Ley 15/1980, de 22 de abril, de Creación del Consejo de Seguridad Nuclear, asignándole, en relación con la vigilancia radiológica ambiental, las funciones siguientes:

- Evaluar el impacto radiológico ambiental de las instalaciones nucleares y radiactivas y de las actividades que impliquen el uso de radiaciones ionizantes, de acuerdo con lo establecido en la legislación aplicable.
- Controlar y vigilar la calidad radiológica del medio ambiente de todo el territorio nacional, en cumplimiento de las obligaciones internacionales del Estado español en la materia, y sin perjuicio de la competencia que las distintas administraciones públicas tengan atribuidas.
- Colaborar con las autoridades competentes en materia de vigilancia radiológica ambiental fuera de las zonas de influencia de las instalaciones nucleares o radiactivas.

El Tratado Euratom en los artículos 35 y 36 establece que los Estados miembros están obligados a crear las instalaciones necesarias a fin de controlar de modo permanente el índice de radiactividad de la atmósfera, de las aguas y del suelo.

En este contexto, el CSN desarrolla su función de vigilancia radiológica ambiental de forma directa con medios propios, mediante acuerdos con otras instituciones y requiriendo, en el marco de su actividad reguladora, a los titulares de las instalaciones el desarrollo y mantenimiento de planes de vigilancia radiológica ambiental en el entorno de éstas.

El CSN dispone desde 1992 de un Programa de Vigilancia de la Radiación Ambiental (programa Revira) de alcance nacional que tiene por objeto vigilar permanentemente la calidad radiológica del medio ambiente y, en su caso, obtener información

Figura 1. El CSN, a través de acuerdos específicos en esta materia, tiene acceso a los datos de estaciones de las redes de las comunidades autónomas de Valencia, Cataluña y País Vasco



adecuada para evaluar las consecuencias de un posible accidente radiológico.

Integran este programa una red de estaciones automáticas de vigilancia en continuo (REA) y una red de estaciones de muestreo (REM) en las que se recogen, para su análisis posterior, muestras de las diferentes vías de exposición del individuo a las radiaciones ionizantes.

Todos los medios de vigilancia empleados en el programa Revira tienen por objeto la medición, bien en continuo o bien por análisis periódicos realizados en laboratorios, de las variables que mejor caracterizan cada una de las vías de exposición del individuo a las radiaciones ionizantes, ya sea por radiación externa o por contaminación interna. Dentro del primer grupo está la medida de tasa de dosis gamma y en el segundo, las medidas de concentración de elementos radiactivos en aire, agua, suelo o alimentos.

La REA está integrada por 25 estaciones automáticas (figura 1) que disponen de instrumentación para medir tasa de dosis gamma y concentraciones de radón, radioyodos y emisores alfa y beta en aire. Por acuerdo entre el Instituto Nacional de Meteorología (INM) y el CSN, las estaciones de la REA se sitúan junto a las estaciones automáticas del INM compartiendo con ellas el sistema de comunicaciones, a excepción de las estaciones situadas en el Ciemat (Madrid) y en Penhas Douradas (Portugal).

La Dirección General de Protección Civil (DGPC) dispone de una red de alerta de la radiactividad (RAR). Esta red está constituida por 907 estaciones automáticas de medida de tasa de dosis gamma distribuidas de manera casi uniforme por el territorio nacional, con una densidad de estaciones mayor en las zonas costeras y fronterizas, así como en el entorno de centrales e instalaciones nucleares. Dentro de la

topología jerarquizada de esta red, en la sala de emergencias (Salem) del CSN está uno de los centros asociados desde el que se tiene acceso a los datos recogidos y almacenados por el centro nacional.

Las comunidades autónomas de Valencia, Cataluña y Extremadura disponen de redes automáticas de vigilancia radiológica ambiental con estaciones distribuidas en el entorno de las centrales nucleares ubicadas en sus respectivos territorios. Durante el año 2001, la comunidad autónoma del País Vasco desarrolló y puso en marcha su propia red automática de vigilancia.

El CSN, mediante acuerdos específicos con las administraciones autonómicas responsables de estas redes, ha ampliado la cobertura de la REA integrando estaciones de la red valenciana, catalana y vasca en el sistema de gestión y operación de la REA.

La recepción, gestión y análisis de los datos de las estaciones de la REA se hace desde el Centro de Supervisión y Control (CSC) situado en la sala de

emergencias (Salem) del CSN. Esto permite el seguimiento permanente, por parte del CSN, de las medidas realizadas por la REA, incluidas las alarmas que se generan. La operación y gestión de la REA es responsabilidad de la Subdirección General de Emergencias del CSN.

En el presente documento se exponen las principales características de la REA y de la operación y gestión de la misma durante los años 2004 y 2005. Se hace un resumen del análisis de los datos obtenidos en dichos años, que incluye el análisis estadístico, la disponibilidad, la representación gráfica y las principales incidencias. Este análisis alcanza a las estaciones de las redes valenciana, catalana y vasca a cuyos datos se tiene acceso desde el CSC de la REA.

Esta publicación se editará periódicamente, con una frecuencia bienal, recogiendo los resultados de la operación y gestión de la REA en los dos años anteriores a su publicación, así como el análisis de los datos obtenidos en estos dos años.



## Sumario

Introducción .....	5
Descripción de la REA .....	11
Operación y gestión de la REA .....	17
Estudios para la optimización de la calidad de la red de estaciones automáticas (REA) del programa Revira .....	27
Mantenimiento de la REA .....	35
Acuerdos de conexión con otras redes automáticas nacionales de vigilancia radiológica ambiental .....	41
Análisis de resultados .....	45
Actividades futuras .....	89
Conclusiones .....	93



DESCRIPCIÓN DE LA REA



1

La REA está integrada por 25 estaciones idénticas, distribuidas según se muestra en el mapa que aparece en la figura 1. Las estaciones de la REA se sitúan, por acuerdo entre el Instituto Nacional de Meteorología (INM) y el CSN, junto a estaciones automáticas del INM compartiendo con ellas la infraestructura (instalaciones, alimentación eléctrica y línea de teléfono) y el sistema de comunicaciones, a excepción de las estacio-

nes situadas en el Ciemat (Madrid) y en Penhas Douradas (Portugal), esta última situada en el mismo emplazamiento que una estación de la red automática de vigilancia radiológica de Portugal.

La recepción y gestión de los datos obtenidos en las estaciones se hace desde el Centro de Supervisión y Control (CSC) de la REA situado en la Salem del CSN.

Tabla 1.1. Estaciones, ubicación y fecha de entrada en servicio

Estación	Ubicación	Entrada en servicio
Agoncillo (Rioja)	Base aérea	2/03/92
Almázcara (León)	Escuela de Capacitación Agraria	2/03/92
Andújar (Jaén)	Centro información FUA	2/03/92
Autilla del Pino (Palencia)	Observatorio meteorológico	19/09/91
Avilés (Asturias)	Dependencias municipales	2/03/92
Herrera del Duque (Badajoz)	Cuartel de bomberos	19/09/91
Huelva	Observatorio meteorológico	2/03/92
Jaca (Huesca)	Cuartel regional de montaña	25/05/92
Lugo	Observatorio meteorológico	25/05/92
Madrid	Ciemat	19/09/91
Motril (Granada)	Club náutico	2/03/92
Murcia	Centro meteorológico territorial	2/03/92
Palma de Mallorca	Centro meteorológico territorial	25/05/92
Penhas Douradas (Portugal)	Observatorio meteorológico	16/07/96
Pontevedra	Observatorio meteorológico	2/03/92
Quintanar de la Orden (Toledo)	Centro de Capacitación Agraria	8/05/92
Saélices (Salamanca)	Mina de uranio de Enusa	19/09/91
San Sebastián (Guipúzcoa)	Centro meteorológico territorial	8/05/92
Santander	Centro meteorológico territorial	2/03/92
Sevilla	Centro meteorológico territorial	2/03/92
Soria	Observatorio meteorológico	25/05/92
Talavera la Real (Badajoz)	Base aérea	8/05/92
Tarifa (Cádiz)	Estación de vigilancia del Estrecho	8/05/92
Tenerife	Centro meteorológico territorial	25/05/92
Teruel	Observatorio meteorológico	19/09/91
<b>Centro de Supervisión y Control: sala de emergencias (Salem)</b>		

## 1. Estaciones de la REA

Cada una de las estaciones que integran la REA del CSN se compone de:

- Una estación radiológica automática (ERA).
- Un discriminador selectivo inteligente de comunicaciones (DSIC).

Además, junto a la ERA está situada una estación meteorológica automática (EMA) de la red automática del INM.

La EMA dispone de instrumentación para medir temperatura, humedad relativa del aire, dirección y velocidad del viento, precipitación y en algunas de ellas presión atmosférica.

La ERA dispone de instrumentación para medir radiación gamma ambiental (tasa de dosis equivalente ambiental) y concentración de aerosoles ambientales: partículas alfa y beta, radón y radioyodos.

La radiación gamma ambiental se mide con una sonda gamma compuesta por dos detectores Geiger-Müller que permiten estimar tasas de dosis equivalente ambiental en el rango  $10 \text{ nSv}\cdot\text{h}^{-1}$ - $10 \text{ Sv}\cdot\text{h}^{-1}$ . El detector de baja tasa mide tasa de dosis hasta  $2 \text{ mSv/h}$  y el detector de alta, hasta  $10 \text{ Sv/h}$ . La sonda está situada en el exterior del edificio o caseta donde se encuentra la ERA.

Los aerosoles se miden aspirando aire del exterior del edificio con una bomba de un caudal aproximado de  $5\text{-}6 \text{ m}^3\cdot\text{h}^{-1}$ ; este aire se hace pasar por un calentador para eliminar la humedad antes de atravesar un filtro de papel continuo y un filtro estático de carbón activo. Dichos filtros están enfrentados a los respectivos detectores de centelleo de ZnS:Ag (partículas alfa y beta) y NaI:Tl (radioyodos). Los resultados de la medida de aerosoles se expresan en *concentraciones de actividad en volumen* ( $\text{Bq}\cdot\text{m}^{-3}$ ) de partículas alfa, partículas beta y radioyodos. La ERA estima la presencia de descendientes de radón a partir de los contajes alfa y beta

Figura 1.1. Estación radiológica automática (ERA) de una estación de la REA



Tabla 1.2. Características de los equipos que integran la REA

Variable	Detector	Rango
Radioyodos	Cristal de centelleo Nal (TI)	0,5 - 10 <sup>7</sup> Bq/m <sup>3</sup>
Alfa ( $\alpha$ )	Plástico de centelleo ZnS (Ag)	0,2/0,5 - 10 <sup>7</sup> Bq/m <sup>3</sup>
Beta ( $\beta$ )	Plástico de centelleo ZnS (Ag)	0,2/0,5 - 10 <sup>7</sup> Bq/m <sup>3</sup>
Tasa de Dosis ( $\gamma$ )	Doble cámara Geiger-Müller	10 <sup>-2</sup> - 10 <sup>7</sup> $\mu$ Sv/h

y mediante un método de pseudocoincidencias basado en la desintegración del <sup>214</sup>Po.

El DSIC tiene como función transmitir los parámetros de control del sistema, almacenar y preparar la información obtenida por la ERA y la EMA para su transmisión al CSC de la REA a través de la red telefónica conmutada o telefonía GSM. Está compuesto por una CPU, una placa de comunicaciones con modem incorporado, una fuente de alimentación y baterías.

El DSIC interroga a las estaciones ERA y EMA cada 10 minutos para obtener los datos y comprobar su estado; almacena los datos de forma cíclica durante 24 horas. Recibe las llamadas telefónicas desde el CSC, a través de un módem interno, las reconoce y contesta enviando la información requerida. Además, desde el DSIC se genera automáticamente una orden de llamada al CSC cuando alguna de las variables medidas alcanza un nivel de alarma prefijado.

## 2. Centro de Supervisión y Control

Situado en la Salem, está compuesto por un terminal informático desde el que se accede al sistema de gestión y comunicaciones de la REA. Este sistema consta

de un conjunto de programas de adquisición y tratamiento de los datos obtenidos en las estaciones automáticas radiológicas y meteorológicas.

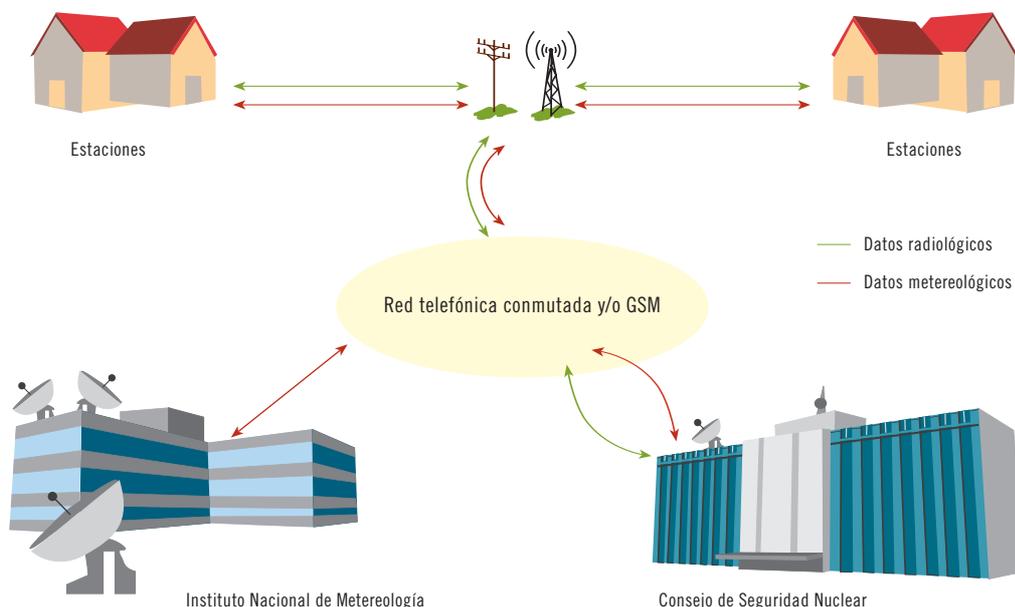
Se trata de un sistema distribuido y orientado a una red de ordenadores con una estructura cliente/servidor, donde el servidor tiene la misión de adquirir y almacenar los datos recibidos y el cliente, por medio de un explorador HTTP (con soporte Java), accede al servidor para realizar las tareas relacionadas con la operación y gestión de la red.

La máquina *servidor* tiene dos funciones: la ejecución de un programa en modo continuo que obtiene los datos de las estaciones de la red, con una temporización programable, a través de un conjunto de modems y con capacidad para recibir llamadas desde las estaciones si se supera alguno de los umbrales de alarma establecidos, y la explotación interactiva de los datos y recursos de la red.

La máquina *cliente* es el terminal informático instalado en el CSC de la red.

Los *datos* obtenidos por las estaciones automáticas radiológicas y meteorológicas, y los parámetros de las

Figura 1.2. Sistema de comunicaciones REA



estaciones (nombre, localización y características) y del sistema se guardan en el servidor en una base de datos Access. Esta característica abierta del sistema permite una gran versatilidad a la hora de acceder a los datos y exportarlos a otras aplicaciones.

Las tareas relacionadas con la operación y gestión de la REA se realizan desde los cuatro programas que integran el sistema: comunicaciones, explotación, gestión y monitor. Entre estas tareas se pueden destacar las siguientes:

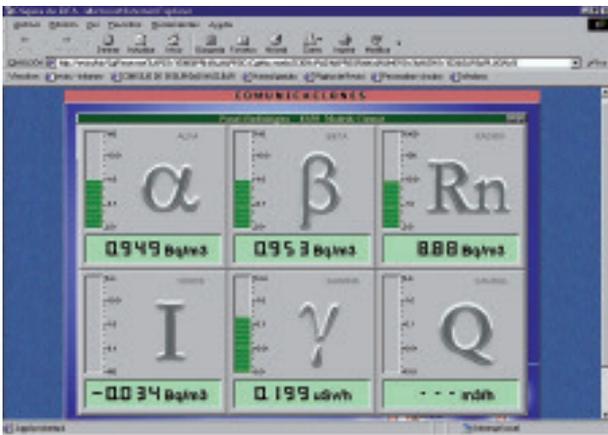
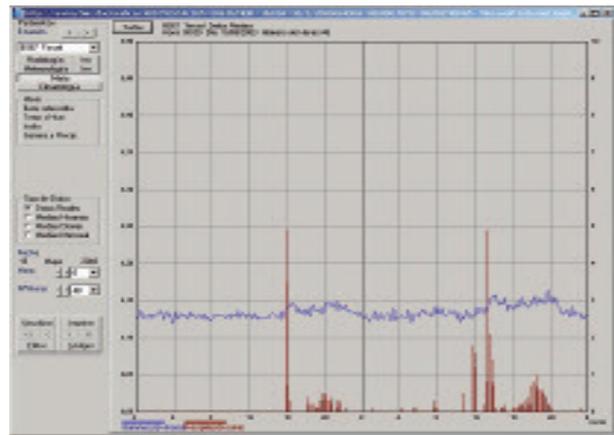
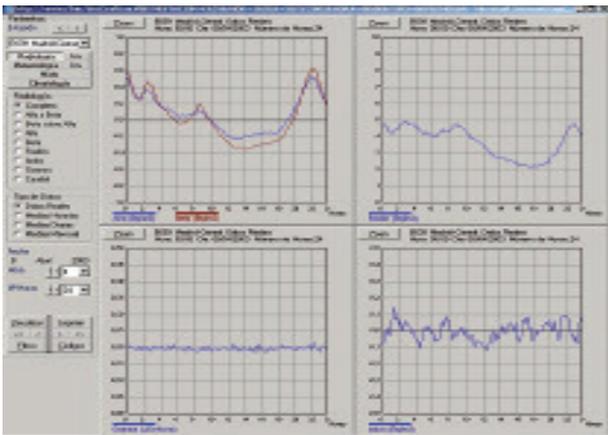
- Comunicación con las estaciones, petición de datos y parámetros, modificación de parámetros de funcionamiento.
- Acceso y consulta de los datos obtenidos por las estaciones a través de gráficas o listados.
- Aviso y reconocimiento de la superación de los umbrales de alarma establecidos en cada estación.
- Acceso y consulta a los ficheros operativos del sistema, como son: parámetros de funcionamiento de las estaciones, características de los emplazamientos, incidencias, fichero de alarmas.

El diseño de estos programas permite una gran flexibilidad en la consulta de los datos pudiendo seleccionar las estaciones, el tipo de dato, el formato y el periodo de tiempo.

Dentro de las opciones que ofrece el diseño de la REA y el sistema de gestión y comunicaciones, se han establecido algunas características particulares y fijado alguno de los parámetros con el fin de facilitar y mejorar la operación de la red. Entre ellos:

- Se han fijado en 10 minutos los tiempos de medida de los equipos de la ERA.
- Están programadas dos llamadas automáticas diarias desde el CSC al DSIC de cada estación para pedir los datos meteorológicos y radiológicos de las últimas 24 horas. Esta petición de datos se completa, cuando es necesario, con llamadas manuales.
- Se ha establecido un modo de operación en emergencia que, entre otras cosas, modifica la frecuencia de llamadas automáticas a una hora y genera, también de forma automática, los ficheros con la información a remitir a la plataforma europea de intercambio de datos de redes automáticas de vigilancia (programa EURDEP).

Figura 1.3. Imágenes del sistema de gestión y comunicaciones de la REA





La gestión de la REA incluye actividades relacionadas con la operación diaria de la red, con compromisos de intercambio de datos y con los acuerdos de colaboración. Además de estas tareas, durante los años 2004 y 2005 se trabajó en la mejora de la gestión de la red y en actividades que responden a situaciones no previstas.

## 1. Operación diaria de la red

Diariamente se revisa la red para hacer un diagnóstico del estado de las estaciones, el volumen y el tipo de datos recibidos. Según los resultados de esta revisión se toman acciones como: petición adicional de datos, orden de reparación a la empresa encargada del mantenimiento, análisis de los valores anómalos, etc.

Esta revisión incluye las estaciones de las redes de las comunidades autónomas de Valencia, Cataluña y País Vasco, aunque las acciones en caso de fallo de alguna de estas estaciones se reducen a informar de ello a los responsables de estas redes, ya que, en este caso, el CSN no es responsable de la ejecución del mantenimiento.

Finalizada la revisión, se elabora un resumen diario con los datos de tasa de dosis gamma media de cada estación que se introducen en la página web del CSN para información general.

## 2. Programa EURDEP

Desde el año 1994 en el que se celebró la primera reunión sobre intercambio de datos radiológicos en tiempo real, organizada por el Joint Research Centre (JRC), el CSN participa en el programa de intercambio de datos de las redes automáticas de vigilancia de la Unión Europea, programa EURDEP (European Union Radiological Data Exchange Platform). Esta participación se materializó durante los años 2004 y 2005 en el envío periódico de datos de la REA y en el intercambio de información con los responsables del programa sobre temas relacionados con la topología de la red de intercambio, el formato, la frecuencia y el modo de envío de los datos.

El sistema de gestión y comunicaciones de la red dispone de un modo de operación de emergencia que, entre otras cosas modifica la frecuencia de llamadas automáticas a una hora y genera, también de forma automática, los ficheros con la información a remitir a EURDEP.

Durante este periodo se ha participado, con resultados satisfactorios, en varios ejercicios EURDEP poniendo en práctica los procedimientos de intercambio de datos en una situación de emergencia.

En octubre de 2004, se participó desde la Salem, en un ejercicio ECURIE nivel 3 organizado por la Unión Europea. Los datos de dosis gamma de las estaciones españolas se enviaron cada dos horas al programa EURDEP. Tras la realización de este ejercicio se decidió modificar la frecuencia de envío de datos a una hora en modo de emergencia.

Durante el año 2005 se automatizó el proceso de generación y envío de datos de la REA al programa EURDEP. Se amplió el número de datos enviados diariamente a la totalidad de datos disponibles.

Durante el año 2005 dentro del sistema de gestión y comunicaciones de la red se modificó el modo de operación de emergencia, ampliando tanto la frecuencia de envío de datos como el número de datos enviados en cada archivo.

Los días 12 y 13 de mayo de 2005 se llevó a cabo un ejercicio internacional de coordinación de respuesta ante emergencia nuclear ConvEx-3, en el que participó el CSN como punto de contacto de la Convención de Pronta Notificación y Asistencia Mutua en caso de emergencia nuclear y del sistema ECURIE de la UE. Se activó el modo de operación de emergencia del sistema de gestión y comunicaciones y se enviaron los datos de las estaciones a EURDEP de manera automática.

### 3. Acuerdo con la DGA

En enero de 1996 se firmó un Protocolo de Colaboración entre el CSN y la Dirección General del Ambiente (DGA) de Portugal en materia de explotación de redes automáticas de vigilancia radiológica ambiental.

Como desarrollo de este protocolo, dos estaciones de la red del CSN y de la red de vigilancia radiológica ambiental de Portugal (RADNET) comparten los emplazamientos de Talavera la Real (Badajoz) y Penhas Douradas (Portugal) desde julio de 1996.

Desde entonces se puso en marcha un programa de intercomparación de datos, que se materializa cada semana con el envío de datos de las estaciones de la REA que comparten emplazamiento a la Dirección General del Ambiente (DGA) de Portugal. Con la misma frecuencia se reciben desde la DGA los datos de las estaciones de la red portuguesa.

### 4. Submarino *Sceptre*

Los datos proporcionados por las estaciones de la REA se incluyeron en el programa de vigilancia radiológica ambiental desarrollado por el CSN con motivo de la presencia en la bahía de Gibraltar del submarino *Sceptre* durante los días del mes de febrero de 2005. Dentro de este programa se realizó un seguimiento especial de las estaciones de la REA situadas en el entorno de Gibraltar: Tarifa, Motril, Huelva y Sevilla.

Este programa incluyó también a las estaciones automáticas de la red de alerta de la radiactividad (RAR) de la DGPC situadas en el entorno de Gibraltar. El CSN tiene acceso a estos datos desde un centro de consulta de esta red situado en la Salem.

El CSN ha informado periódicamente del resultado de esta vigilancia a las autoridades correspondientes. Los datos obtenidos son característicos del fondo radiológico de la zona e indican ausencia de cualquier anomalía radiológica.

### 5. Acuerdo con el Ciemat

El CSN y el Ciemat colaboran desde 1997 en la optimización de la calidad de la explotación de la red de estaciones automáticas de vigilancia ambiental (REA). Uno de los resultados de dicha colaboración fue la instalación en 1997 de la estación REA en Madrid en la estación de referencia para la medida de dosis y radiactividad ambiental (Esmeralda) del Ciemat, estación donde se registran continuamente diversas variables radiológicas y meteorológicas con instrumentación propia del Ciemat.

En septiembre de 1999 se firmó un convenio específico de colaboración entre el CSN y el Ciemat para la optimización de la calidad en la explotación de la REA.

En el año 2004 tras la expiración del citado convenio, se firmó un acuerdo específico entre el CSN y el Ciemat, con vigencia hasta diciembre del 2007 y con prórroga expresa en sucesivos ejercicios presupuestarios. El objeto y alcance técnico del acuerdo se refieren a actividades dedicadas a la ampliación y mejoras de las capacidades de medida de las redes de vigilancia radiológica del CSN.

- Dicho acuerdo específico para la *Colaboración en las redes automáticas de vigilancia radiológica ambiental del CSN* contempla la ejecución de diversos trabajos, en el capítulo 4 de este documento “Estudios para la optimización de la calidad de la Red de Estaciones Automáticas (REA) del programa Revira” se desarrollan los trabajos realizados en el periodo 2004-2005.

En el marco de dicho acuerdo el CSN solicitó en marzo de 2005 al Ciemat la instalación de diversos equipos de medida de la tasa de dosis gamma en la estación de la REA en Motril. El objetivo de esta actividad era investigar las posibles causas de ciertos incrementos en esta variable que se apreciaban a ciertas horas del día en esta estación desde noviembre de 2004, los resultados de este estudio se muestran en el capítulo 4 de este informe.

La programación de los trabajos y el seguimiento del acuerdo se han realizado a través de reuniones periódicas.

Esta colaboración entre CSN y Ciemat está permitiendo en primer lugar obtener información básica sobre las características de funcionamiento de los detectores que conforman la estación radiológica automática de REA. Dicha información a su vez está permitiendo revisar y corregir procedimientos de operación rutinaria, elevando el nivel de calidad y fiabilidad de los datos de la red.

## 6. Ampliación de la REA con equipos automáticos de espectrometría gamma

Está en marcha un proyecto de ampliación y mejora de la capacidad de la REA y de la vigilancia radiológica a través de redes automáticas con la adquisición de sistemas que permiten identificar los emisores gamma presentes en los aerosoles medidos por las estaciones automáticas, de manera similar a la práctica seguida en los países de nuestro entorno.

En España, los niveles de medida; la alerta y la vigilancia radiológica en continuo, corresponderían a la RAR, la REA del CSN y las redes de las comunidades autónomas.

Con objeto de desarrollar un tercer nivel de vigilancia, se puso en funcionamiento en el Ciemat una estación automática de espectrometría gamma en junio del año 2003.

Se eligió el emplazamiento del Ciemat para situar esta estación por la proximidad del mismo al CSN y por la importancia de contar con la colaboración del Ciemat en todo el proceso de puesta en funcionamiento.

Esta mejora forma parte de un programa más amplio que comprende la adquisición en el futuro de nuevos sistemas de espectrometría gamma, a integrar en estaciones de la REA estratégicamente situadas.

En la definición de las características de la estación se ha considerado que debe representar de la manera más

exacta posible las condiciones de funcionamiento que tendrían futuras estaciones de este tipo integradas en la REA. Por esto, aunque el emplazamiento del Ciemat tiene condiciones específicas que hubieran permitido adquirir una estación con un mantenimiento más frecuente y con una operación en local, se ha optado por una estación de bajo mantenimiento y con un sistema de adquisición de datos y control que se puede operar en remoto. Esto ha condicionado, entre otras, la elección de un sistema criogénico para la refrigeración del detector en lugar de un sistema con nitrógeno líquido que implicaba un mantenimiento semanal.

Los componentes y características más significativos de la estación son:

- Un detector de germanio de alta pureza con una eficiencia del 35% para garantizar un límite de detección de 10 mBq/m<sup>3</sup> con un nivel de confianza del 95%.
- Un programa de análisis de espectros, identificación de isótopos y cálculo de actividades.
- Un *software y hardware* que permitan la operación de la estación en local y en remoto.
- Está diseñada para funcionar de forma automática, de manera similar a las estaciones de la REA, siguiendo los mismos principios mecánicos (bombeo de aire del exterior haciéndolo pasar a través de un filtro de papel en continuo que se mueve lentamente).
- El sistema de refrigeración del detector de germanio que la integra es de bajo mantenimiento.

Con la adquisición y puesta en marcha de esta estación de espectrometría gamma, se mejora y amplía la capacidad de la REA y de la vigilancia radiológica a través de redes automáticas.

La capacidad de identificar los emisores gamma en un aerosol medido permite la identificación de los radionucleidos artificiales que están directamente asociados a un accidente nuclear o radiológico y, por lo tanto, la

cualificación del tipo de accidente y la obtención de más información sobre su origen.

Funcionamiento de la estación:

- La estación mide y guarda los espectros y el análisis de los mismos, cada hora.
- La estación calcula un espectro diario a partir de los espectros horarios. También guarda este espectro y el análisis de datos.
- Hay una base de datos con varias tablas donde se almacenan los datos de cada espectro: estación, espectro, fecha, volumen, isótopo, actividad, error, LID.
- Para esta base de datos se definen diferentes tipos de consulta.
- En la estación se establecerán umbrales de alarmas para algunos parámetros, tanto funcionales como resultados, como el volumen de aire aspirado, movimiento del filtro, actividad medida, etc. Si la estación detecta la activación de una alarma mandará un aviso sonoro y visual al centro de control de la estación en la Salem.

En el modo de operación normal, se recogen y analizan los espectros registrados cada hora. Los resultados de actividad estimados para cada radionucleido detectado se comparan con los valores de referencia correspondientes, de modo que si alguno de estos es superado el sistema entra en modo de alarma.

Hasta el momento la estación está funcionando en modo local, se han celebrado diversas reuniones entre CSN, Ciemat y la empresa suministradora del espectrómetro y se ha acordado y desarrollado un protocolo para el envío de un fichero simplificado de datos de la EGA al CSN que se describe a continuación:

a) El formato de los datos a enviar será el siguiente:

- Estación, DDDMMAAA, HHMM, nucleido, actividad ( $\text{Bq/m}^3$ ), incertidumbre ( $\text{Bq/m}^3$ ), LID

( $\text{Bq/m}^3$ ), volumen aire ( $\text{m}^3$ ), modo (normal/alarma), tiempo de medida (s), códigos error.

b) En cada fichero se enviarán los resultados de las medidas de todos los radionucleidos incluidos en la librería de análisis, que en la actualidad son:

- Serie natural del uranio:  $^{234}\text{Th}$ ,  $^{234}\text{Pa}$  (m),  $^{226}\text{Ra}$ ,  $^{214}\text{Pb}$ ,  $^{214}\text{Bi}$ .
- Serie natural del torio:  $^{228}\text{Ac}$ ,  $^{212}\text{Pb}$ ,  $^{212}\text{Bi}$ ,  $^{208}\text{Tl}$ .
- Otros radionucleidos de origen natural:  $^{40}\text{K}$ ,  $^7\text{Be}$ .
- Radionucleidos artificiales:  $^{54}\text{Mn}$ ,  $^{59}\text{Fe}$ ,  $^{58}\text{Co}$ ,  $^{60}\text{Co}$ ,  $^{65}\text{Zn}$ ,  $^{85}\text{Kr}$ ,  $^{95}\text{Zr}$ ,  $^{95}\text{Nb}$ ,  $^{131}\text{I}$ ,  $^{134}\text{Cs}$ ,  $^{137}\text{Cs}$ ,  $^{140}\text{Ba}$ ,  $^{140}\text{La}$ ,  $^{144}\text{Ce}$ .

c) En el modo normal el envío del fichero se efectuará diariamente a las 00:00 UTC.

El modo de alarma se activará cuando la actividad medida en una hora en cualquier radionucleido artificial supera su correspondiente nivel de alarma (tabla 2.1).

Tabla 2.1. Niveles de alarma considerados en la operación de la EGA

Isótopo	Concentración de actividad en volumen $\text{Bq}\cdot\text{m}^{-3}$
Mn-54	4,0
Fe-59	2,0
Co-58	3,0
Co-60	0,2
Zn-65	2,0
Zr-95	1,0
Nb-95	3,0
I-131	0,4
Cs-134	0,3
Cs-137	0,2
Ba-140	1,0
La-140	4,0
Ce-144	0,1

Si se activa el modo de alarma el fichero se enviará inmediatamente después de efectuada la medida, acortándose el periodo de integración automáticamente en función de la actividad detectada. El fichero tendrá el mismo formato pero sólo incluirá los datos de los nucleidos que hayan superado su correspondiente nivel de alarma. Cuando las medidas indiquen valores por debajo del nivel de alarma, la EGA volverá a modo normal con tiempos de medida de 60 minutos.

Nota: se estudiará la conveniencia de definir niveles de alarma para los radionucleidos naturales.

e) Los ficheros se enviarán vía FTP al servidor que designe el CSN.

El programa de operación de la EGA ya genera estos ficheros de acuerdo al protocolo expuesto. La figura 2.1 presenta un ejemplo del fichero generado y de la información en él contenida.

Figura 2.1. Contenido del fichero simplificado de resultados de la EGA que se enviará automáticamente al servidor de datos del CSN vía FTP

Estación	Fecha	Hora	Nucleido	Actividad	Nivel	Unidad	Estado	Tiempo	Alarma
CIEMAT	22/11/2005	10/59	BE-7			8,63E+00	23,95	Normal	300,22 A
CIEMAT	22/11/2005	10/59	K-40	4,13E+01	3,26E+00	9,79E+00	23,95	Alarma	300,22 A
CIEMAT	22/11/2005	10/59	MN-54			9,79E-01	23,95	Normal	300,22 A
CIEMAT	22/11/2005	10/59	CO-57			1,68E+00	23,95	Normal	300,22 A
CIEMAT	22/11/2005	10/59	CO-58			9,07E-01	23,95	Normal	300,22 A
CIEMAT	22/11/2005	10/59	FE-59			1,55E+00	23,95	Normal	300,22 A
CIEMAT	22/11/2005	10/59	CO-60			5,50E-01	23,95	Normal	300,22 A
CIEMAT	22/11/2005	10/59	ZN-65			1,68E+00	23,95	Normal	300,22 A
CIEMAT	22/11/2005	10/59	KR-81			1,97E+02	23,95	Normal	300,22 A
CIEMAT	22/11/2005	10/59	NB-95			9,79E-01	23,95	Normal	300,22 A
CIEMAT	22/11/2005	10/59	ZR-95			1,98E+00	23,95	Normal	300,22 A
CIEMAT	22/11/2005	10/59	RU-103			8,88E-01	23,95	Normal	300,22 A
CIEMAT	22/11/2005	10/59	RU-106			9,34E+00	23,95	Normal	300,22 A
CIEMAT	22/11/2005	10/59	AG-110M			9,03E-01	23,95	Normal	300,22 A
CIEMAT	22/11/2005	10/59	SB-124			9,34E-01	23,95	Normal	300,22 A
CIEMAT	22/11/2005	10/59	SB-125			2,51E+00	23,95	Normal	300,22 A
CIEMAT	22/11/2005	10/59	TE-132			1,00E+00	23,95	Normal	300,22 A
CIEMAT	22/11/2005	10/59	CS-134			9,25E-01	23,95	Normal	300,22 A
CIEMAT	22/11/2005	10/59	CS-137			1,31E+00	23,95	Normal	300,22 A
CIEMAT	22/11/2005	10/59	CE-144			1,26E+01	23,95	Normal	300,22 A
CIEMAT	22/11/2005	10/59	TL-208	9,86E-01	3,39E-01	1,01E+00	23,95	Normal	300,22 A
CIEMAT	22/11/2005	10/59	BI-212			7,24E+00	23,95	Normal	300,22 A
CIEMAT	22/11/2005	10/59	PB-212	2,17E+00	7,59E-01	2,37E+00	23,95	Alarma	300,22 A
CIEMAT	22/11/2005	10/59	BI-214	7,55E+00	7,81E-01	2,00E+00	23,95	Alarma	300,22 A
CIEMAT	22/11/2005	10/59	PB-214	3,79E+00	8,00E-01	2,69E+00	23,95	Alarma	300,22 A
CIEMAT	22/11/2005	10/59	AC-228			4,09E+00	23,95	Normal	300,22 A
CIEMAT	22/11/2005	10/59	AM-241			8,77E+01	23,95	Normal	300,22 A

### 7. Acuerdo con el Instituto Nacional de Meteorología

Por acuerdo entre el Instituto Nacional de Meteorología (INM) y el CSN, las estaciones de la REA se sitúan junto a estaciones automáticas del INM compartiendo con ellas el sistema de comunicaciones.

El INM realizó un proyecto de modificación de las estaciones automáticas de su red que afectó a 45 observatorios. Esta modificación incluyó el cambio de la instrumentación y del modo de operación, y la parametrización de más variables.

En los nuevos observatorios se obtienen y transmiten las medidas en continuo con independencia de la presencia de observadores en la estación. Este modo de operación implica contar con una línea de teléfono dedicada con exclusividad al nuevo sistema.

El proyecto anterior afectó a once estaciones de la REA que dejaron de compartir la línea de teléfono del INM y se instalaron líneas de telefonía GSM en dichas estaciones.

## 8. Información radiológica

El valor medio diario y mensual de la tasa de dosis gamma medida en cada una de las estaciones automáticas de la red del CSN y de las de las redes valenciana, catalana y vasca se facilita en la página web del CSN. <http://www.csn.es>.

También se dispone de un archivo histórico para consultas de periodos de tiempo más extensos.

El CSN, en los informes anuales que presenta al Congreso de los Diputados y al Senado, incluye información sobre todas las redes de vigilancia y sobre los resultados de los programas que se desarrollan en cada una de ellas. En dichos informes se incluye una tabla donde se recogen los valores medios de tasa de dosis obtenidos en el año en cada una de las estaciones de la red.

Figura 2.2. Mapa de valores radiológicos (Web CSN)

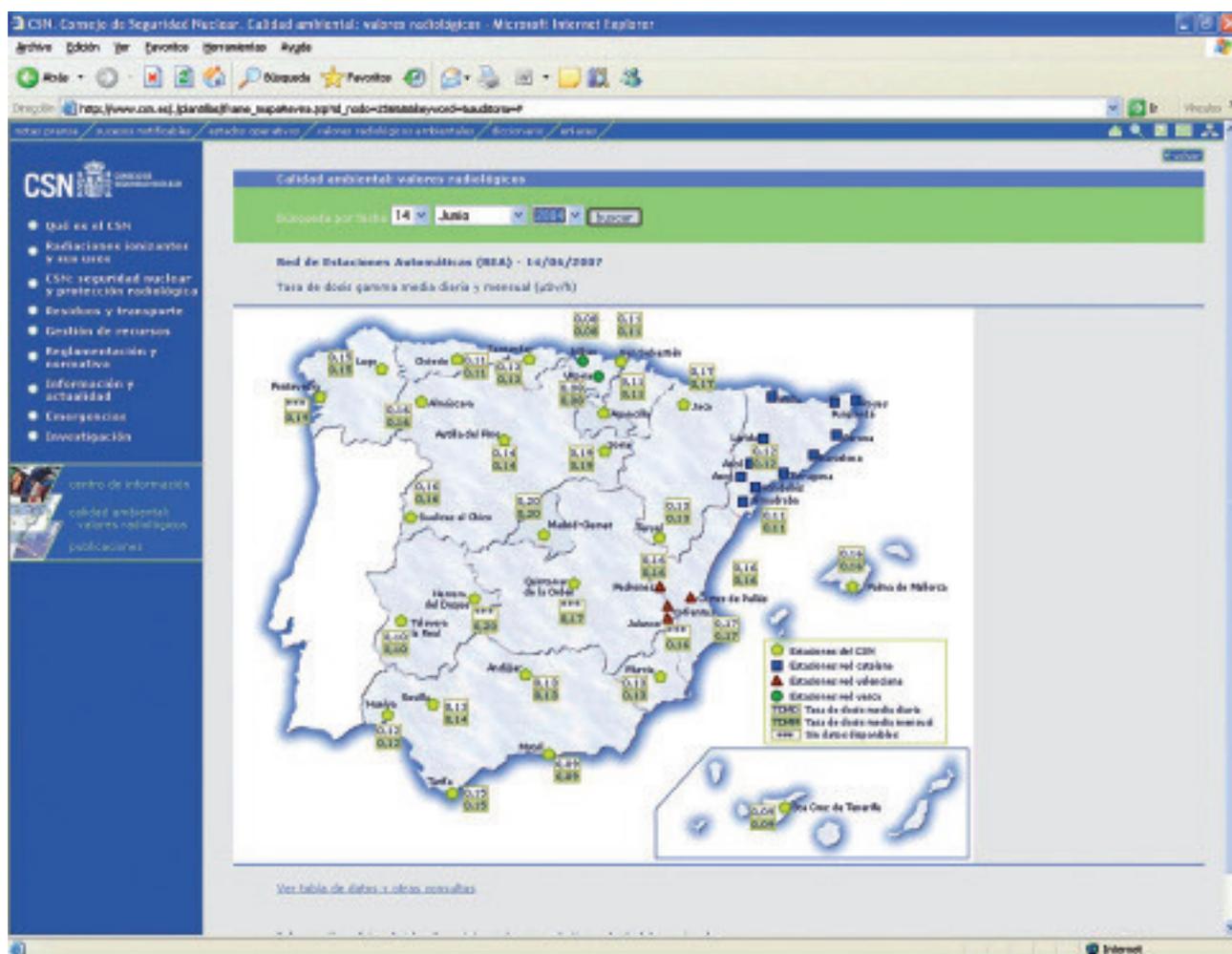


Tabla 2.2. Valores medios de tasa de dosis gamma. Año 2004

Estación	Tasa de dosis (micro Sv/h)
1. Agoncillo (Rioja)	0,10
2. Almazcara (León)	0,21
3. Andújar (Jaén)	0,13
4. Autilla del Pino (Palencia)	0,14
5. Avilés (Asturias)	0,12
6. Herrera del Duque (Badajoz)	0,20
7. Huelva	0,12
8. Jaca (Huesca)	0,17
9. Lugo	0,15
10. Madrid	0,20
11. Motril (Granada)	0,10
12. Murcia	0,13
13. Palma de Mallorca	0,16
14. Penhas Douradas (Portugal)	0,26
15. Pontevedra	0,15
16. Quintanar de la Orden (Toledo)	0,16
17. Saelices (Salamanca)	0,17
18. San Sebastián (Guipúzcoa)	0,11
19. Santander	0,13
20. Sevilla	0,14
21. Soria	0,19
22. Talavera la Real (Badajoz)	0,10
23. Tarifa (Cádiz)	0,14
24. Tenerife	0,09
25. Teruel	0,13
26. Cofrentes (Red Valenciana)	0,16
27. Pedrones (Red Valenciana)	0,16
28. Jalance (Red Valenciana)	0,16
29. Cortes de Pallás (Red Valenciana)	0,16
30. Almadraba (Red Catalana)	0,11
31. Ascó (Red Catalana)	0,12
32. Bilbao (Red Vasca)	0,08
33. Vitoria (Red Vasca)	0,08

Tabla 2.3. Valores medios de tasa de dosis gamma. Año 2005

Estación	Tasa de dosis (micro Sv/h)
1. Agoncillo (Rioja)	0,10
2. Almazcara (León)	0,21
3. Andújar (Jaén)	0,13
4. Autilla del Pino (Palencia)	0,14
5. Avilés (Asturias)	0,12
6. Herrera del Duque (Badajoz)	0,20
7. Huelva	0,12
8. Jaca (Huesca)	0,17
9. Lugo	0,15
10. Madrid	0,20
11. Motril (Granada)	0,09
12. Murcia	0,13
13. Palma de Mallorca	0,16
14. Penhas Douradas (Portugal)	0,26
15. Pontevedra	0,15
16. Quintanar de la Orden (Toledo)	0,17
17. Saelices (Salamanca)	0,17
18. San Sebastián (Guipúzcoa)	0,11
19. Santander	0,13
20. Sevilla	0,14
21. Soria	0,19
22. Talavera la Real (Badajoz)	0,10
23. Tarifa (Cádiz)	0,15
24. Tenerife	0,09
25. Teruel	0,13
26. Cofrentes (Red Valenciana)	0,16
27. Pedrones (Red Valenciana)	0,16
28. Jalance (Red Valenciana)	0,16
29. Cortes de Pallás (Red Valenciana)	0,16
30. Almadraba (Red Catalana)	0,11
31. Ascó (Red Catalana)	0,12
32. Bilbao (Red Vasca)	0,08
33. Vitoria (Red Vasca)	0,08

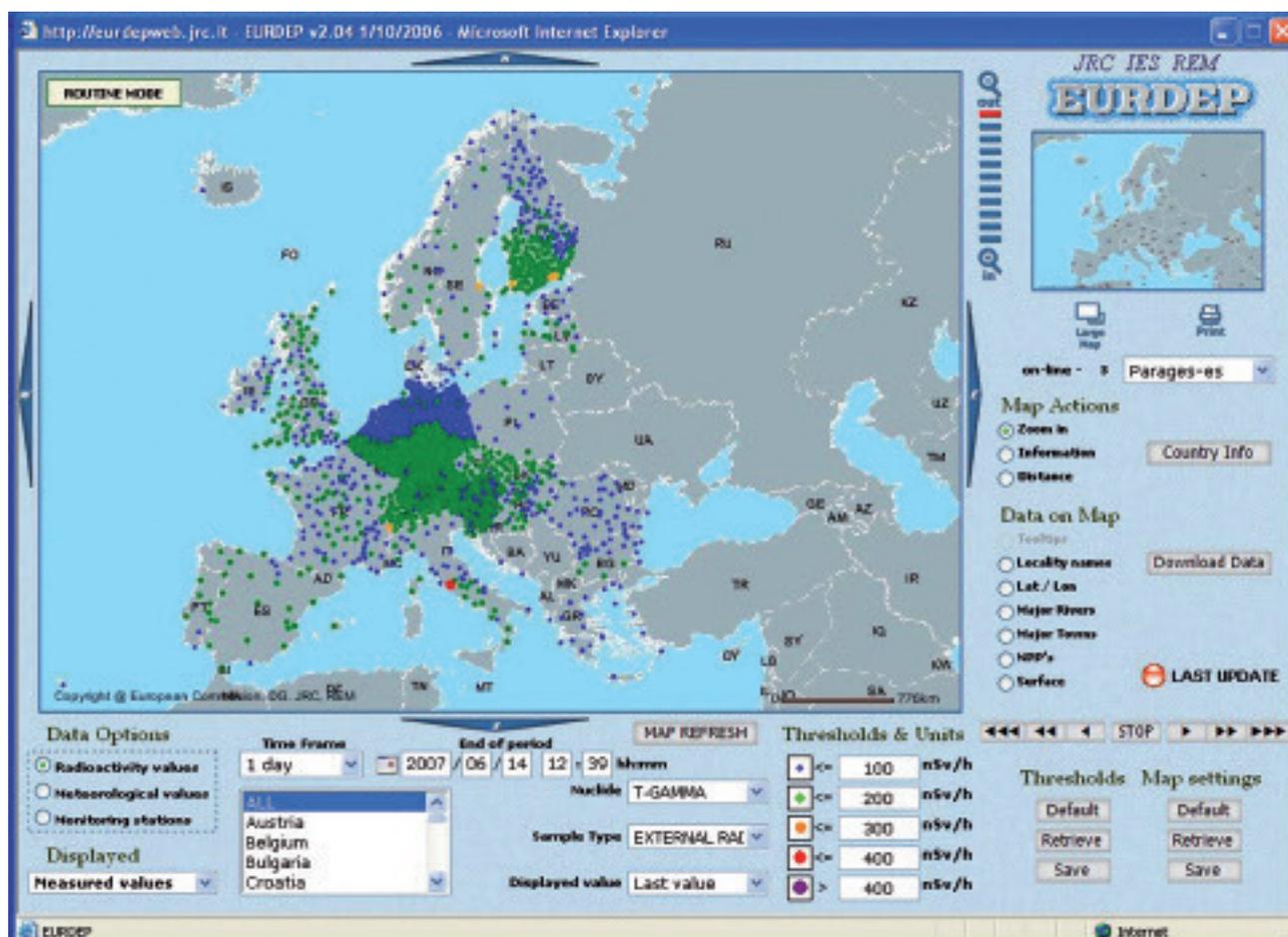
Periódicamente, con una frecuencia bianual se edita esta publicación monográfica en la que se recogen los resultados y la operación de la red de estaciones automáticas de vigilancia radiológica ambiental (REA) en los dos años anteriores a su publicación, así como el correspondiente análisis de los datos.

El CSN participa en el programa de intercambio de datos de las redes automáticas de vigilancia radiológica de la Unión Europea, programa EURDEP (European Unión Radiological Data Exchange Platform).

Participan 29 países europeos en este programa enviando diariamente datos de sus respectivas redes automáticas de vigilancia radiológica: la información se encuentra disponible a través de Internet en la dirección <http://eurdepweb.jrc.cec.eu.int>.

La REA permite la vigilancia en tiempo real de la radiactividad de la atmósfera, en diversas ocasiones, como por ejemplo la presencia en Gibraltar de submarinos nucleares de la armada británica o en algún incidente radiológico, el CSN ha desarrollado programas de vigilancia radiológica ambiental especiales en la

Figura 2.3. Mapa EURDEP



zona. Los datos proporcionados por las estaciones de la REA se han incluido junto con los de la Red de Alerta a la Radioactividad de la DGPC en dichos programas de vigilancia.

## 9. Comunicaciones en congresos

Presentación de la ponencia *Ciemat/CSN Co-operation on the quality assurance of the Spanish automatic early-warning network, REA* en el XI Congreso Internacional de la Asociación Internacional de

Protección Radiológica (IRPA-11), celebrado en mayo de 2004 en Madrid.

En el X Congreso Nacional de la Sociedad Española de Protección Radiológica, celebrado en Huelva en Septiembre de 2005, se presentó en forma de póster la ponencia *Estación piloto del CSN para la medida espectral en continuo de emisores gamma en el aire* en la sesión “Protección radiológica del público y del medio ambiente”. La ponencia ha sido publicada en el CD de ponencias del Congreso.

ESTUDIOS PARA LA OPTIMIZACIÓN DE LA CALIDAD DE LA RED  
DE ESTACIONES AUTOMÁTICAS (REA) DEL PROGRAMA REVIRA



3

El Consejo de Seguridad Nuclear (CSN) y el Centro de Investigaciones Energéticas, Medioambientales y Tecnológicas (Ciemat) suscribieron en abril de 2004 un acuerdo específico para la *Colaboración en las redes automáticas de vigilancia radiológica ambiental del CSN*. El objeto y alcance técnico del acuerdo se refiere a actividades dedicadas a la ampliación y mejora de las capacidades de medida de las redes de vigilancia radiológica del CSN.

Dentro de este acuerdo de colaboración, se especifica la realización por parte del Ciemat de estudios relacionados con las redes automáticas de vigilancia radiológica nacionales e internacionales.

Una parte importante del esfuerzo de esta colaboración se ha dedicado al estudio y análisis de los diversos procedimientos de operación de la ERA de la REA, que junto al análisis histórico de las operaciones de verificación anual ha permitido identificar, explicar y corregir algunas situaciones rutinarias.

Esta colaboración entre CSN y Ciemat está permitiendo obtener información básica sobre las características de funcionamiento de los detectores que conforman la estación radiológica automática de la REA. Dicha información a su vez está permitiendo revisar y corregir procedimientos de operación rutinaria, elevando el nivel de calidad y fiabilidad de los datos de la red.

En el marco de la colaboración anterior entre el CSN y el Ciemat sobre *Optimización de la calidad en la explotación de la Red de Estaciones Automáticas del CSN*, el CSN solicitó la opinión técnica del Ciemat sobre la incorporación de una estación automática para la medida en continuo de emisores gamma en el aire y de la posibilidad de instalar en el Ciemat una estación piloto de la futura Red de Espectrometría Gamma Automática, REGA.

A continuación se detallan algunos de los trabajos desarrollados durante el periodo 2004-2005 en el marco de la colaboración entre el Ciemat y el CSN

en materia de las redes de vigilancia radiológica ambiental:

- Seguimiento de la medida de la tasa de dosis en la estación de la REA de Motril.
- Comparación continúa y análisis de los datos registrados por la estación de la REA instalada en el Ciemat con los obtenidos en la estación Esmeralda con instrumentación propia del Ciemat.
- Instalación y operación de una estación automática de espectrometría de emisores gamma en aire (EGA).

#### 1. Seguimiento de la medida de la tasa de dosis en la estación de la REA de Motril

En marzo de 2005 el CSN solicitó al Ciemat la instalación de diversos equipos para la medida de la tasa de dosis gamma en la estación REA de Motril. El objetivo de esta actividad era investigar las posibles causas de ciertos incrementos en esta variable que se aprecian con alguna frecuencia en esta estación en los últimos meses.

El día 6 de abril de 2005 el Ciemat desplazó a Motril dos equipos de medida de la tasa de dosis: cámara de ionización presurizada Reuter-Stokes (RS-112) y un detector Geiger-Müller Gammatracer (GT) que se instalaron muy cerca de la sonda gamma de la ERA, situada a unos 5 m de altura sobre el suelo. Además, se transportó un sistema de muestreo de aerosoles con el que se tomó una muestra de aire en la noche del 6 al 7 de abril. Finalmente, también se empleó un sistema de espectrometría gamma *in situ* (SEGIS) con el que se tomaron varios espectros en las proximidades de la estación.

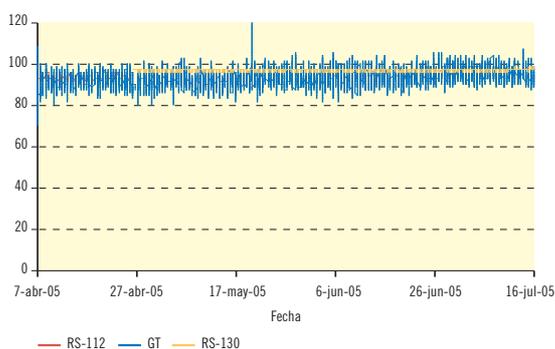
El 27 de abril de 2005 se visitó de nuevo la ERA de Motril para recoger los datos y reemplazar el equipo RS112 por una cámara de ionización presurizada (RS130).

### 1.1. Tasa de dosis equivalente ambiental

La figura 3.1 muestra los promedios horarios de los datos registrados por los equipos RS-112, RS-130 y GT, donde se aprecia la diferencia en la sensibilidad entre las cámaras de ionización y el detector Geiger-Müller. También se aprecia una diferencia del orden

del 2% entre las lecturas de ambas cámaras de ionización (figura 3.2). En todo caso los valores reportados por los instrumentos del Ciemat difieren entre sí en menos de 10%. En los datos de las cámaras de ionización RS-112 y RS-130 se aprecian las pequeñas variaciones diarias de la tasa de dosis que en ningún momento son superiores al 20% del valor promedio.

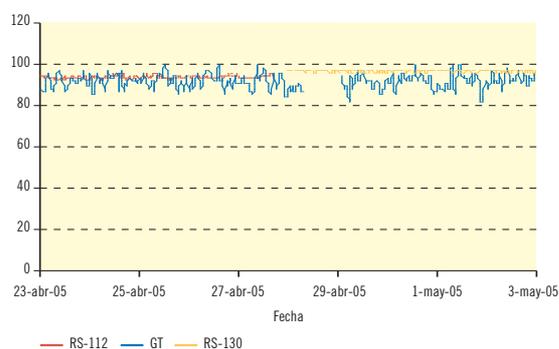
Figura 3.1. Datos registrados en el periodo 07/04/05-27/07/05



Promedio horario de la tasa de dosis equivalente ambiental registrada por los equipos del Ciemat instalados en la ERA de Motril

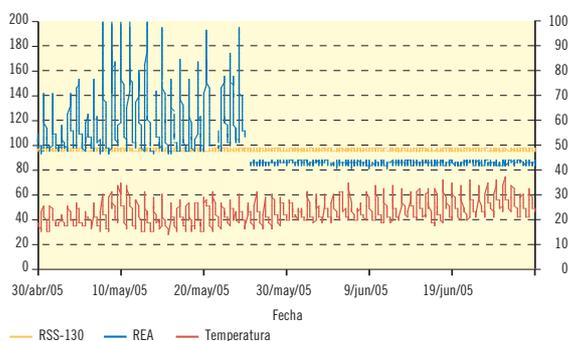
Al finalizar estas medidas, el CSN proporcionó al Ciemat los datos registrados por la estación REA de Motril durante los meses de mayo y junio de 2005 e informó de que se sustituyó la sonda gamma de la estación con fecha 24 de mayo de 2005. Los datos

Figura 3.2. Datos registrados en el periodo 23/04/05-03/05/05 en el cual se sustituyó la cámara RS-112 por la cámara RS-130



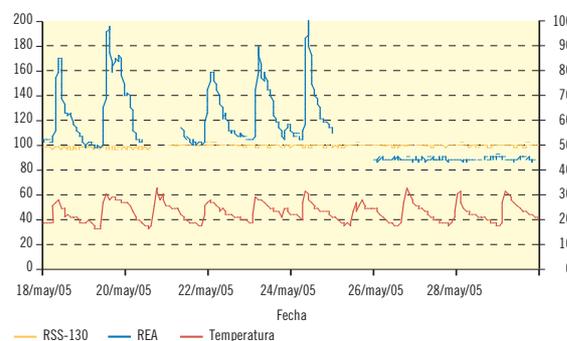
registrados de la tasa de dosis comparados con los obtenidos con la cámara RS-130 del Ciemat se presentan en la figura 3.2, donde también se muestra la temperatura ambiente registrada por la sonda GT.

Figura 3.3. Datos registrados en el periodo 01/05/05-30/06/05



Promedio horario de la tasa de dosis equivalente ambiental registrada por la estación REA y la cámara de ionización RS-130 Ciemat instalados en la ERA de Motril. También se muestra la temperatura ambiente registrada por la sonda GT

Figura 3.4. Datos registrados en el periodo en torno al 24/05/06, en el que se sustituyó la sonda gamma de la ERA



En las figuras 3.3 y 3.4 se aprecia claramente que el problema con la sonda gamma de la ERA de Motril consistía en unas medidas cíclicas con periodicidad diaria que incluso duplicaban la tasa de dosis habitual en la estación. Dichas oscilaciones siguen en forma e intensidad la temperatura ambiente en la ERA, lo que indica que el problema fue que la compensación térmica del detector Geiger-Müller de la ERA estaba fallando y por tanto reportaba valores anómalos e influidos por la temperatura.

Al sustituir la sonda averiada por otra en buenas condiciones, las medidas de la estación REA de Motril ya no mostraron dichas oscilaciones, si bien ofrecían resultados un 10% inferiores a los obtenidos por los equipos del Ciemat, lo que es debido al factor de calibración suministrado por el fabricante de la sonda.

### 1.2. Espectrometría gamma in situ

Se efectuaron medidas con SEGIS en las siguientes ubicaciones: el propio emplazamiento de la sonda gamma de la REA, la terraza de acceso al Club Marítimo y en las proximidades del puerto. En todos los casos las medidas reportaron únicamente la presen-

cia de radionucleidos naturales emisores gamma y en concentraciones incluso por debajo de las habituales en otros entornos de España.

### 1.3. Muestreo de aerosoles

Los filtros de papel y carbón activo, resultado de la muestra de aerosoles, fueron analizados en el Laboratorio de Medidas de Protección Radiológica del Ciemat, obteniéndose los resultados que se muestran en la tabla 3.1, donde también se presentan los resultados de unas muestras similares tomadas en junio de 2002 en el transcurso de una visita del Ciemat a la ERA de Motril en el marco del pasado acuerdo de colaboración Ciemat/CSN sobre “Optimización de la calidad en la explotación de la Red de Estaciones Automáticas del CSN”. Del análisis de los datos se puede concluir que no se aprecian concentraciones notables de emisores alfa, beta o radioyodos en aire en ninguna de las visitas.

Se concluyó que las oscilaciones diarias y sistemáticas en la tasa de dosis reportada por la REA pueden indicar un problema técnico en la sonda, más concretamente en la compensación térmica que debe efectuarse en todo detector Geiger-Müller ambiental.

Tabla 3.1. Resultados de los análisis de los filtros de aerosoles (abril 2005)

	Mayo 2005		Junio 2002	
	Resultado	Límite de detección (LD)	Resultado	Límite de detección (LD)
Actividad alfa total (referida a $^{241}\text{Am}$ )	$400 \pm 160 \mu\text{Bq}\cdot\text{m}^{-3}$	$< 170 \mu\text{Bq}\cdot\text{m}^{-3}$	$< \text{LD}$	$< 33 \mu\text{Bq}/\text{m}^3$
Actividad beta total (referida a $^{90}\text{Sr}$ )	$480 \pm 160 \mu\text{Bq}\cdot\text{m}^{-3}$	$< 200 \mu\text{Bq}\cdot\text{m}^{-3}$	$302 \pm 43 \mu\text{Bq}/\text{m}^3$	$< 61 \mu\text{Bq}/\text{m}^3$
Actividad isotópico gamma ( $^{131}\text{I}$ )	$< \text{LD}$	$< 5,5 \text{mBq}\cdot\text{m}^{-3}$	$< \text{LD}$	$< 144 \mu\text{Bq}/\text{m}^3$

## 2. Comparación continua y análisis de los datos registrados por la estación de la REA instalada en el Ciemat con los obtenidos en la estación Esmeralda con instrumentación propia del Ciemat

En el periodo 2004-2005 el Ciemat ha registrado cada 10 minutos los datos de las siguientes variables radiológicas y meteorológicas obtenidas con los equipos instalados en la estación Esmeralda para la medida de dosis y radiactividad ambientales:

- Tasa de dosis ambiental equivalente ( $\mu\text{Sv}\cdot\text{h}^{-1}$ ): obtenida con una cámara de ionización presurizada Reuter Stokes RSS112 y dos detectores Geiger-Müller GammaTracer de Genitron.
- Concentración de gas radón ( $\text{Bq}\cdot\text{m}^{-3}$ ): obtenida con una cámara de ionización AlphaGuard PQ20000 de Genitron.
- Temperatura del aire ( $^{\circ}\text{C}$ ): obtenida con los equipos AlphaGuard PQ20000 y GammaTracer.
- Presión atmosférica (mbar o hPa): obtenida con el equipo AlphaGuard PQ20000.
- Humedad relativa (%): obtenida con el equipo AlphaGuard PQ20000.

En dicho periodo el CSN ha enviado al Ciemat los ficheros con los datos registrados cada 10 minutos en la estación REA de Madrid de las siguientes variables radiológicas y meteorológicas:

- Tasa de dosis ambiental equivalente ( $\mu\text{Sv}\cdot\text{h}^{-1}$ ).
- Concentración equivalente de descendientes de radón en equilibrio, CEDE ( $\text{Bq}\cdot\text{m}^{-3}$ ).
- Concentración en aire de emisores alfa ( $\text{Bq}\cdot\text{m}^{-3}$ ).
- Concentración en aire de emisores beta ( $\text{Bq}\cdot\text{m}^{-3}$ ).

- Concentración en aire de radioyodos ( $\text{Bq}\cdot\text{m}^{-3}$ ).
- Temperatura del aire ( $^{\circ}\text{C}$ ).
- Presión atmosférica (mbar o hPa).
- Humedad relativa (%).
- Irradiación solar ( $\text{kJ}\cdot\text{m}^{-2}$ ).
- Precipitación ( $\text{l}\cdot\text{m}^{-2}$ ).
- Velocidad media del viento ( $\text{km}\cdot\text{h}^{-1}$ ).
- Dirección media del viento.
- Recorrido medio del viento.
- Velocidad máxima del viento (expresada en  $\text{km}\cdot\text{h}^{-1}$ ).
- Dirección de la racha de viento de máxima velocidad.
- Recorrido de la racha de viento de máxima velocidad.

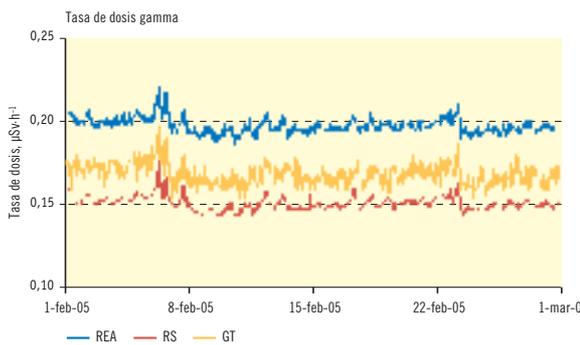
Todos los datos registrados en Esmeralda y la estación REA se integran en una base de datos Excel mediante un conjunto de macros que permiten la sincronización, tratamiento, análisis y visualización de los datos.

La instalación de una estación de la REA en la estación Esmeralda del Ciemat está posibilitando la realización de medidas paralelas de un número importante de variables radiológicas y meteorológicas. La recopilación ordenada, análisis e interpretación de toda esta información permite establecer correlaciones entre las distintas variables y explicar ciertos comportamientos que se observan también en otras estaciones de la REA.

Respecto a la tasa de dosis, la figura 3.5 muestra una excelente correlación entre los datos de los tres instrumentos (REA, RSS112 y GT), observándose claramente los ciclos diarios debidos a la exhalación de radón y

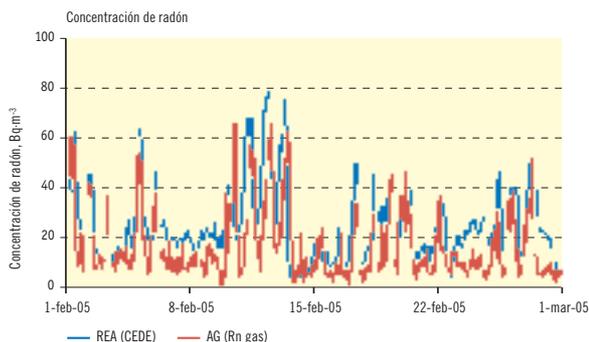
los episodios debidos a las precipitaciones que se caracterizan con incrementos de hasta un 20% en la tasa de dosis en cortos periodos de tiempo para luego presentar una tasa de dosis ligeramente inferior al valor previo a la lluvia.

Figura 3.5



La figura 3.6 también muestra la correlación entre la concentración de gas radón medida con el equipo Alphaguard de Esmeralda y la concentración de descendientes en equilibrio obtenida en la ERA, apreciándose claramente el ciclo diario debido a la exhalación de radón y las variaciones en las concentraciones en función de las precipitaciones y condiciones del viento.

Figura 3.6



### 3. Instalación y operación de una estación automática de espectrometría de emisores gamma en aire (EGA)

Desde la llegada de la estación de espectrometría gamma en aire EGA al Ciemat en enero de 2003, la EGA se ha sometido a diversos procesos de puesta a punto de los componentes y del programa informático de operación.

El programa de operación permite configurar los controles del analizador de espectros y monitoriza continuamente un gran número de parámetros de funcionamiento. El programa contempla dos modos de funcionamiento (normal y alarma), habiendo sido desarrollado el método diferencial específico para la evaluación de la actividad en el modo de alarma. Las configuraciones iniciales de la librería de identificación de isótopos y de los valores de los niveles de alarma se han basado en los niveles de notificación requeridos por el CSN a las centrales nucleares españolas.

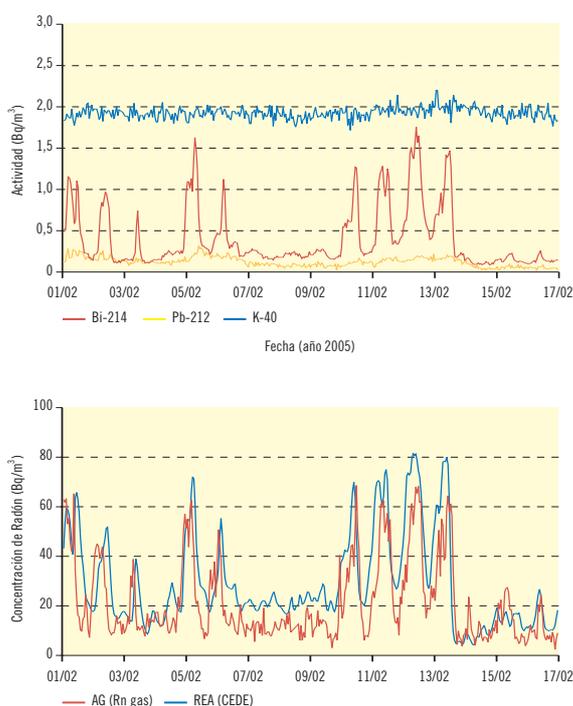
Aunque se dispone de datos espectrométricos regulares desde abril de 2003, las continuas modificaciones y experiencias encaminadas a conocer y optimizar la estación e incluso dos averías en el verano de 2004 han causado que sólo a partir de octubre de 2004 se pueda considerar que la EGA funciona regularmente.

En el periodo que cubre este informe la estación EGA ha funcionado en periodo de pruebas, alternando el funcionamiento en modo normal con interrupciones para diversas pruebas y estudios del equipo.

En el modo de operación normal, se recogen y analizan los espectros registrados cada hora (tiempo real de conteo: 60 min) pero en la evaluación se considerará que el papel al alcance del detector corresponde al muestreo efectuado en las últimas 24 horas. Los resultados de actividad estimados para cada radionucleido detectado se comparan con los valores de referencia correspondientes, de modo que si alguno de estos es superado el sistema entra en el modo de alarma.

La figura 3.7 muestra un ejemplo de los resultados obtenidos en el análisis de los datos horarios de la EGA para varios de los radionucleidos naturales más significativos:  $^{40}\text{K}$ ,  $^{214}\text{Bi}$  (serie del uranio) y  $^{212}\text{Pb}$  (serie del torio). En la figura, estos resultados se comparan con las medidas de radón (gas y descendientes) registrados de manera completamente independiente en Esmeralda por el Ciemat y la estación REA. En la misma se aprecia la excelente correlación entre las medidas de radón ( $^{222}\text{Rn}$ ) y la concentración de  $^{214}\text{Bi}$  en el aire, a pesar de ser ésta inferior a  $2\text{ Bq}\cdot\text{m}^{-3}$ , observándose claramente en ambas los ciclos diarios típicos del radón. También se observan los comportamientos esperados para el  $^{40}\text{K}$  (valor aproximadamente constante en torno a  $2\text{ Bq}\cdot\text{m}^{-3}$ ) y los ciclos diarios debidos al torón ( $^{220}\text{Rn}$ ).

**Figura 3.7. Resultados de emisores gamma naturales obtenidos en la EGA a partir de los espectros horarios (arriba) y su comparación con las medidas de radón efectuadas en Esmeralda por el Ciemat y la estación REA del CSN (abajo)**

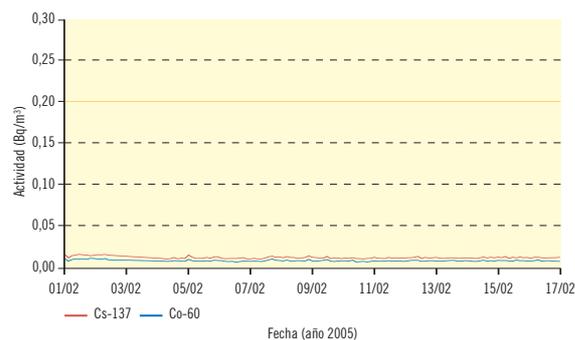


La figura 3.8 muestra los resultados obtenidos en el mismo periodo mediante el análisis de los datos horarios de la EGA para dos de los radionucleidos artificiales

más significativos ( $^{60}\text{Co}$  y  $^{137}\text{Cs}$ ). En ninguna medida se obtuvieron resultados superiores a la Actividad Mínima Detectable (AMD), por lo que la figura 3.8 en realidad muestra la pequeñísima variación de este parámetro en condiciones muy variables de concentración de radón. En ambos casos, el AMD obtenido en las medidas horarias es al menos 10 veces inferior al nivel de alarma fijado en la EGA para estos radionucleidos ( $0.2\text{ Bq}\cdot\text{m}^{-3}$ ).

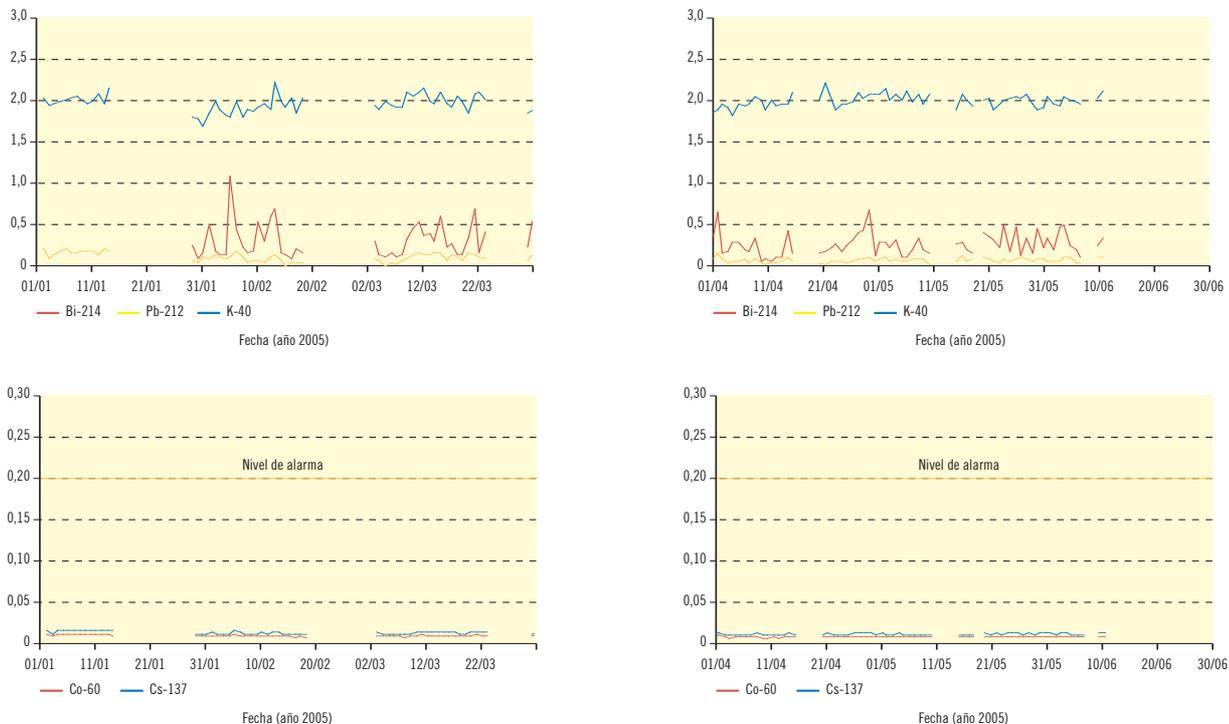
Este valor de alarma fijado se encuentra por debajo de al valor de concentración derivada en aire para el  $^{137}\text{Cs}$  ( $3\text{ Bq}\cdot\text{m}^{-3}$ ) y el  $^{60}\text{Co}$  ( $11\text{ Bq}\cdot\text{m}^{-3}$ ) establecida en el Reglamento de Protección Sanitaria contra las Radiaciones Ionizantes (RPSRI).

**Figura 3.8. Resultados de AMD para dos emisores gamma artificiales obtenidos en la EGA a partir de los espectros horarios. Todas las medidas fueron inferiores a la AMD.**



En el modo de operación normal se puede considerar que el espectro horario que se recoge a medianoche, es representativo de las actividades habidas en el día, ya que aproximadamente en ese momento el detector está midiendo la porción de papel, donde se han depositado todas las partículas de dicha jornada. Por esa razón se denomina a dicha medida espectro diario y su estudio permite identificar rápidamente las posibles incidencias ocurridas día a día. La figura 3.9 presenta ejemplos de los resultados obtenidos durante el periodo del informe en los análisis de los espectros diarios tanto de radionucleidos naturales como artificiales. En el último caso, de nuevo no se registraron valores de actividad superiores a la AMD.

Figura 3.9. Ejemplos de resultados del análisis de los espectros diarios. En el caso de los radionucleidos artificiales se muestra la AMD, ya que todas las medidas fueron inferiores a la AMD



A pesar de ser la fase inicial de la operación en continuo, la disponibilidad de la estación ha sido superior al 75%. En la figura 3.9 se aprecian varias interrupciones en la continuidad de las medidas que se debieron a diversas razones:

- Interrupciones intencionadas para el ajuste de la estación y la realización de medidas de calibración o diversas pruebas (10%).
- Interrupciones no deseadas debidas a fallos de funcionamiento: errores en el programa de explotación (5%), corte de suministro de electricidad (5%), otras (5%).

MANTENIMIENTO DE LA REA



4

Los trabajos de mantenimiento de la REA fueron realizados por una empresa externa según lo previsto en el contrato suscrito entre el CSN y esta empresa para el mantenimiento de las instalaciones de la Red de Estaciones Automáticas (REA) de la Red de Vigilancia Radiológica Ambiental para los años 2003 y 2004 y prorrogado para el año 2005.

Dadas las características de diseño de la REA, son necesarios dos tipos de operaciones de mantenimiento:

- Mantenimiento preventivo, cuyo objeto es garantizar que cada equipo mantiene las condiciones necesarias para operar correctamente de acuerdo con su diseño. Se trata de trabajos realizados con cierta periodicidad y planificación, encaminados a conseguir la máxima disponibilidad de los equipos. Este

mantenimiento incluye todas las operaciones de revisión de equipos, cambios de filtros, pruebas funcionales y verificación con fuentes. Estas operaciones de mantenimiento preventivo se realizan también sobre los equipos de la EMA según el “Acuerdo de colaboración entre el Instituto Nacional de Meteorología (INM) y el Consejo de Seguridad Nuclear sobre el mantenimiento de sus redes de estaciones automáticas” firmado en febrero de 1992, por el que el CSN se hace cargo de las operaciones de mantenimiento preventivo de las EMA ubicadas junto a las ERA.

- Mantenimiento correctivo, cuyo objeto es reparar los equipos cuando se han detectado fallos durante su funcionamiento. El alcance de estos trabajos es variable y depende del tipo de fallo.

Tabla 4.1. Intervenciones de mantenimiento de la REA durante el año 2004

Mes	Correctivo	Preventivo	Verificación con fuente	Filtro papel	Filtro carbón
Enero	2	9	1	10	25
Febrero	1	6	4	10	25
Marzo	2	4	2	6	25
Abril	3	3	2	5	25
Mayo	4	2	2	4	25
Junio	6	6	2	8	25
Julio	2	5	3	8	25
Agosto	3	1	1	2	25
Septiembre	4	3	—	3	25
Octubre	2	6	6	12	25
Noviembre	3	5	1	6	25
Diciembre	6	1	2	3	25
Total	38	51	26	77	300

Tabla 4.2. Intervenciones de mantenimiento de la REA durante el año 2005

Mes	Correctivo	Preventivo	Verificación con fuente	Filtro papel	Filtro carbón
Enero	3	3	1	4	25
Febrero	—	5	1	6	25
Marzo	2	5	3	8	25
Abril	6	4	—	4	25
Mayo	2	2	2	4	25
Junio	3	7	2	9	25
Julio	4	4	2	6	25
Agosto	2	3	1	4	25
Septiembre	9	1	2	3	25
Octubre	1	6	3	9	25
Noviembre	5	6	5	11	25
Diciembre	5	5	3	8	25
Total	42	51	25	76	300

Tabla 4.3. Intervenciones de mantenimiento de la REA por estaciones durante el año 20004

Estación	Correctivo	Preventivo	Verificación con fuente	Cambio filtro de papel	Cambio filtro de carbono
Andújar	2	2	1	3	12
Huelva	2	2	1	3	12
Motril	4	2	1	3	12
Sevilla	—	2	1	3	12
Tarifa	1	2	1	3	12
Jaca	3	2	1	3	12
Teruel	1	2	1	3	12
Avilés	1	2	1	3	12
Mallorca	—	2	1	3	12
Tenerife	1	1	1	2	12
Santander	4	2	1	3	12
Quintanar	3	2	1	3	12
Almázcara	1	3	1	4	12
Autilla	1	2	1	3	12
Saelices	2	2	1	3	12
Soria	2	2	1	3	12
Talavera la Real	—	2	1	3	12
Herrera del Duque	5	2	1	3	12
Lugo	2	2	2	4	12
Pontevedra	—	3	1	4	12
Madrid	—	2	1	3	12
Murcia	—	2	1	3	12
San Sebastián	1	2	1	3	12
Agoncillo	2	2	1	3	12
Penhas Douradas	—	2	1	3	12
Total	38	51	26	77	300

Tabla 4.4. Intervenciones de mantenimiento de la REA por estaciones durante el año 2005

Estación	Correctivo	Preventivo	Verificación con fuente	Cambio filtro de papel	Cambio filtro de carbono
Andújar	2	2	1	3	12
Huelva	4	2	1	3	12
Motril	3	2	1	3	12
Sevilla	1	2	1	3	12
Tarifa	5	2	1	3	12
Jaca	1	2	1	3	12
Teruel	1	2	1	3	12
Avilés	1	2	1	3	12
Mallorca	1	2	1	3	12
Tenerife	—	2	1	3	12
Santander	—	2	1	3	12
Quintanar	6	2	1	3	12
Almázcara	—	2	1	3	12
Autilla	—	2	1	3	12
Saelices	1	2	1	3	12
Soria	1	2	1	3	12
Talavera la Real	2	2	1	3	12
Herrera del Duque	7	2	1	3	12
Lugo	2	2	1	3	12
Pontevedra	—	2	1	3	12
Madrid	1	3	1	4	12
Murcia	—	2	1	3	12
San Sebastián	1	2	1	3	12
Agoncillo	—	2	1	3	12
Penhas Douradas	2	2	1	3	12
Total	42	51	25	76	300



ACUERDOS DE CONEXIÓN CON OTRAS REDES  
AUTOMÁTICAS NACIONALES DE  
VIGILANCIA RADIOLÓGICA AMBIENTAL



Con la REA, el CSN dispone en la SALEM de datos de medidas radiológicas ambientales en 25 emplazamientos distribuidos de una forma uniforme por el territorio nacional.

Las comunidades autónomas de Valencia, Cataluña y Extremadura disponen de redes automáticas de vigilancia radiológica ambiental con estaciones distribuidas en el entorno de las centrales nucleares ubicadas en sus respectivos territorios. La comunidad autónoma del País Vasco ha desarrollado su propia red de vigilancia. Estas redes tienen características específicas, tanto en el diseño como en la operación, y proporcionan datos de vigilancia radiológica ambiental en continuo de zonas de interés por su proximidad a centrales nucleares, a núcleos de población importantes y a zonas costeras.

El CSN, mediante acuerdos específicos con las administraciones autonómicas responsables de estas redes, ha integrado estaciones de las redes valenciana, catalana y vasca en el sistema de gestión y operación de la REA.

En la gestión y operación diaria de la REA no se distingue entre estaciones de la REA y de otras redes, con la excepción de que, al no ser el CSN responsable del mantenimiento de las redes autonómicas, en caso de fallo de alguna de ellas las acciones se reducen a avisar al responsable.

Los aspectos relacionados con la gestión conjunta, como la notificación de anomalías, modificaciones, incidencias radiológicas y divulgación de datos están recogidos en procedimientos específicos.

### 1. Red de la Generalidad Valenciana

El 24 de septiembre de 1994 se firmó un acuerdo específico de colaboración entre el Consejo de Seguridad Nuclear y la Comunidad Valenciana sobre el uso conjunto de la red automática de vigilancia radiológica ambiental instalada por esta comunidad. En ese momento se iniciaron los trabajos orientados a

conseguir la integración de las estaciones de la red valenciana en el sistema de gestión y comunicaciones de la REA.

Finalizados los trabajos de conexión y pruebas, se inició la recepción de datos a principios de 1997. Desde entonces el acuerdo de colaboración se ha desarrollado de forma satisfactoria.

La red valenciana está integrada por cinco estaciones radiológicas. Desde el CSC de la REA se tiene acceso a los datos de cuatro de estas estaciones, con características similares a las estaciones de la REA: Cofrentes, Cortes de Pallás, Jalance y Pedrones.

### 2. Red de la Generalidad de Cataluña

El 20 de diciembre de 1996 se firmó un acuerdo de colaboración entre el Consejo de Seguridad Nuclear y la Generalidad de Cataluña sobre cesión de datos de la red automática de vigilancia radiológica ambiental instalada por la Generalidad.

En el año 1998 se puso en marcha la conexión entre ambas redes. Finalizados los trabajos de conexión y pruebas, a principios de 1999 se inició la recepción de datos y, desde entonces, el acuerdo se ha desarrollado de forma satisfactoria.

La red catalana está estructurada en dos redes con características distintas, una red en el entorno de las centrales nucleares con medidores de tasa de dosis gamma y una densidad de estaciones mayor, y una red, menos densa, extendida por toda Cataluña con medidores de concentración en aire de partículas alfa y beta, radón y radioyodos.

Desde el CSC de la REA se tiene acceso a dos estaciones de la primera red y nueve estaciones de la segunda red.

Las estaciones de Almadraba y Ascó (gamma) corresponden a la primera red y miden tasa de dosis gamma.

Las estaciones de Ascó, Barcelona, Gerona, Lérida, Puigcerdá, Rosas, Tarragona, Vandellós y Viella, corresponden a la segunda red, tienen los mismos datos radiológicos de concentración en aire que las estaciones de la REA y no miden tasa de dosis gamma.

Los tiempos de contaje fijados y de actualización de datos no son los mismos que los utilizados en la REA.

### 3. Red de la comunidad autónoma del País Vasco

En diciembre del año 2000 se firmó un acuerdo de colaboración entre el CSN, la comunidad autónoma y la Universidad del País Vasco para la operación, gestión e intercambio de datos de la estación de la REA en San Sebastián y las estaciones del Gobierno Vasco en Bilbao y Vitoria.

Desde diciembre de 2001 se tiene acceso desde el CSC de la REA a los datos de las estaciones vascas en Vitoria y Bilbao. Estas estaciones, al igual que las de la red valenciana y catalana, están integradas en el sistema de gestión de la REA. También en diciembre de 2001 comenzó la recepción en el centro de control de la red vasca de los datos de la estación de la REA situada en San Sebastián.

Desde entonces se ha desarrollado de forma satisfactoria, el acuerdo de colaboración entre el CSN y la Universidad del País Vasco para la operación, gestión e intercambio de datos de la estación de la REA en San Sebastián y las estaciones del Gobierno Vasco en Bilbao y Vitoria.

En el mes de marzo de 2005 se instalaron estaciones meteorológicas junto a las estaciones de Bilbao y Vitoria.

### 4. Red de la Junta de Extremadura

La Junta de Extremadura tiene una red de alerta radiológica medioambiental gestionada desde el Departamento de Física Aplicada de la Facultad de Veterinaria de la Universidad de Extremadura.

Esta red está estructurada en dos redes con características distintas, una red en el entorno de la central nuclear de Almaraz con una densidad de estaciones mayor y una red, menos densa, extendida por la comunidad autónoma de Extremadura y una unidad móvil.

La red en el entorno de la central nuclear de Almaraz está compuesta por:

- Dos estaciones de medida en continuo de la concentración en aire para I-131, radón-222, índices de actividad alfa y beta total que se encuentran localizadas en las poblaciones de Saucedilla y Serrejón (Cáceres).
- Siete monitores de tasa de dosis gamma en aire integrado por dos detectores Geiger- Müller (uno de baja y otro de alta dosis) acoplados, situados en las poblaciones de: Almaraz, Casas de Miravete, Navalmoral, Román Gordo, Saucedilla, Serrejón y Talayuela (Cáceres).
- Dos monitores de medida en continuo de la actividad en agua para los radionucleidos: I-131 y Cs-137.

La red territorial de la comunidad autónoma de Extremadura está compuesta por:

- Dos estaciones de medida en continuo de la concentración en aire para I-131, radón- 222, índices de actividad alfa y beta total que se encuentran localizadas en las poblaciones de: Fregenal de la Sierra y Malcocinado (Badajoz).
- Un monitor de tasa de dosis en aire integrado por dos detectores Geiger- Müller (uno de baja y otro de alta dosis) acoplados, situado en Cáceres.

La unidad móvil está integrada por una furgoneta equipada con un espectrómetro gamma, dotado de un detector de germanio portátil, con un monitor de tasa de dosis, dotado de un contador

proporcional de alto volumen y una bomba de alto flujo, dispone a su vez de sistemas autónomos de suministro de corriente, de posicionamiento GPS y de transmisión de la información mediante telefonía GSM.

Durante los años 2004-2005 se han mantenido reuniones para ultimar los trámites para establecer con la Junta de Extremadura un acuerdo similar a los existentes con las comunidades autónomas de Cataluña, Valencia y País Vasco.



Las actividades de operación de la red incluyen el análisis de los datos recibidos. Del resultado de esta revisión y de los estudios realizados sobre estaciones y datos concretos se concluye que las medidas realizadas durante los años 2004 y 2005 en las estaciones de la REA del CSN y en las estaciones de las redes de la Generalidad de Valencia, de la Generalidad de Cataluña y del País Vasco son características del fondo radiológico ambiental e indican la ausencia de riesgo radiológico para la población y el medio ambiente.

El análisis estadístico de los datos, el cálculo de disponibilidad y la representación gráfica se han hecho a partir de los datos de las redes previamente tratados. Este tratamiento consiste en filtrar los datos considerados no válidos por estar asociados a un mal funcionamiento de los equipos que integran cada estación. Para hacer este tratamiento se ha utilizado una utilidad de codificación de errores integrada en el nuevo sistema de gestión y comunicaciones de la red y una aplicación informática comercial para el tratamiento estadístico de datos.

## 1. Análisis estadístico de los datos

**Tabla 6.1. Análisis estadístico de los datos de la REA**  
Año 2004

<b>Agoncillo</b>					
Variable	N	Media	Std Dev*	Mínimo	Máximo
Alfa	49091	0,208	0,391	-0,778	2,39
Beta	49086	0,309	0,560	-1,120	3,12
Gamma	49070	0,098	0,004	0,084	0,127
Yodo	49083	1,96E-5	0,054	-0,324	0,254
Radón	49081	3,020	2,603	0,138	21,3

<b>Almázcara</b>					
Variable	N	Media	Std Dev	Mínimo	Máximo
Alfa	48148	-0,021	0,459	-2,53	2,12
Beta	48147	0,256	0,806	-2,27	3,66
Gamma	48362	0,211	0,025	0,156	0,428
Yodo	48369	2,63E-4	0,058	-0,326	0,257
Radón	48145	12,353	12,235	0,000	70,5

<b>Andújar</b>					
Variable	N	Media	Std Dev	Mínimo	Máximo
Alfa	33950	0,704	1,327	-3,39	7,39
Beta	33909	0,035	1,184	-6,78	7,08
Gamma	33848	0,132	0,005	0,112	0,167
Yodo	33901	-1,11E-4	0,051	-0,226	0,243
Radón	33915	8,047	10,69	0,193	80,7

<b>Autilla</b>					
Variable	N	Media	Std Dev	Mínimo	Máximo
Alfa	50683	0,0064	0,218	-1,89	1,83
Beta	51737	-0,133	0,337	-3,41	2,20
Gamma	51735	0,139	0,005	0,122	0,178
Yodo	51734	2,6E-5	0,061	-0,337	0,308
Radón	51735	5,296	3,904	0,275	41,6

<b>Avilés</b>					
Variable	N	Media	Std Dev	Mínimo	Máximo
Alfa	41875	0,334	0,546	-0,479	3,04
Beta	41873	0,508	0,809	-0,64	4,87
Gamma	47192	0,119	0,004	0,103	0,187
Yodo	47049	2,6E-6	0,055	-0,328	0,372
Radón	42082	1,951	2,052	0,000	16,2

<b>Herrera del Duque</b>					
Variable	N	Media	Std Dev	Mínimo	Máximo
Alfa	47329	0,038	0,247	-1,35	1,75
Beta	47321	0,055	0,479	-2,72	3,52
Gamma	47771	0,203	0,006	0,180	0,234
Yodo	47784	-9,0E-7	0,045	-0,223	0,207
Radón	47318	5,861	5,554	0,003	36,1

\* Desviación estándar.

<b>Huelva</b>					
Variable	N	Media	Std Dev	Mínimo	Máximo
Alfa	41787	0,028	1,704	-37,2	3,54
Beta	41817	-0,460	2,483	-53,1	7,28
Gamma	46730	0,118	0,004	0,101	0,163
Yodo	46730	-5,8E-5	0,052	-0,407	0,467
Radón	41786	10,746	12,12	0,006	122

<b>Jaca</b>					
Variable	N	Media	Std Dev	Mínimo	Máximo
Alfa	44402	0,029	0,205	-0,574	0,839
Beta	44401	0,037	0,423	-1,64	1,94
Gamma	44834	0,169	0,005	0,146	0,209
Yodo	44834	1,1E-4	0,055	-0,375	0,335
Radón	44401	2,978	2,162	0,000	13,5

<b>Lugo</b>					
Variable	N	Media	Std Dev	Mínimo	Máximo
Alfa	39219	3,661	301	-4,52	17900
Beta	39219	0,690	68,19	-7,37	1890
Gamma	45765	0,150	0,009	0,00	0,224
Yodo	45768	-1,1E-4	0,068	-0,405	0,393
Radón	40082	7,240	8,815	0,000	67

<b>Madrid</b>					
Variable	N	Media	Std Dev	Mínimo	Máximo
Alfa	46104	-0,268	1,089	-13,1	6,53
Beta	46104	0,006	0,997	-11,6	6,79
Gamma	46302	0,198	0,007	0,171	0,256
Yodo	46302	-9,3E-5	0,065	-0,352	0,430
Radón	46014	12,39	13,88	0,550	91,3

<b>Mallorca</b>					
Variable	N	Media	Std Dev	Mínimo	Máximo
Alfa	49676	0,311	0,307	-0,342	1,94
Beta	49676	0,476	0,457	-0,474	3,12
Gamma	49677	0,157	0,006	0,130	0,194
Yodo	49677	2,4E-4	0,047	-0,20	0,449
Radón	49677	1,828	0,970	0,041	7,49

<b>Motril</b>					
Variable	N	Media	Std Dev	Mínimo	Máximo
Alfa	45174	0,204	0,372	-0,488	3,66
Beta	45173	0,245	0,603	-0,865	5,69
Gamma	45377	0,096	0,010	0,079	0,232
Yodo	45390	2,9E-4	0,047	-0,481	0,266
Radón	45173	3,078	2,039	0,000	12,8

<b>Murcia</b>					
Variable	N	Media	Std Dev	Mínimo	Máximo
Alfa	44854	0,583	0,578	-0,589	3,75
Beta	45390	0,961	0,917	-1,03	5,57
Gamma	46573	0,128	0,004	0,111	0,159
Yodo	46598	0,00033	0,047	-0,298	0,241
Radón	44845	2,411	1,955	0,000	14,4

<b>Penhas Douradas</b>					
Variable	N	Media	Std Dev	Mínimo	Máximo
Alfa	49954	0,114	0,402	-1,03	9,13
Beta	49944	-0,624	1,124	-9,79	14,9
Gamma	50425	0,260	0,011	0,192	0,361
Yodo	50430	6,1E-5	0,078	-3,71	3,80
Radón	49947	4,568	4,734	0,000	50,6

<b>Pontevedra</b>					
Variable	N	Media	Std Dev	Mínimo	Máximo
Alfa	49034	0,515	0,792	-4,38	7,99
Beta	49034	0,422	1,523	-15,8	12,9
Gamma	49014	0,147	0,007	0,000	0,197
Yodo	49030	-5,7E-4	0,129	-2,55	4,75
Radón	49026	16,52	24,45	0,00	194

<b>Quintanar de la Orden</b>					
Variable	N	Media	Std Dev	Mínimo	Máximo
Alfa	48441	0,279	0,603	-1,01	3,47
Beta	48440	0,286	0,669	-1,31	4,77
Gamma	48702	0,165	0,005	0,111	0,202
Yodo	48684	-0,00024	0,084	-2,28	0,629
Radón	48440	4,188	4,088	0,00	34,0

<b>Saelices el Chico</b>					
Variable	N	Media	Std Dev	Mínimo	Máximo
Alfa	46021	0,569	3,308	-54,8	36,7
Beta	46019	1,263	4,802	-66,9	61,1
Gamma	46018	0,164	0,164	0,136	0,31
Yodo	46018	-0,0055	0,263	-13,4	1,70
Radón	46018	24,76	37,23	0,114	440

<b>San Sebastián</b>					
Variable	N	Media	Std Dev	Mínimo	Máximo
Alfa	48243	0,139	0,089	-0,56	1,64
Beta	48243	0,186	0,193	-0,67	2,67
Gamma	48727	0,111	0,005	0,091	0,159
Yodo	48717	0,00025	0,037	-0,361	0,23
Radón	48242	5,588	3,64	0,138	30,6

Santander					
Variable	N	Media	Std Dev	Mínimo	Máximo
Alfa	44972	0,013	0,278	-0,763	2,06
Beta	44972	0,049	0,410	-1,09	3,11
Gamma	45337	0,129	0,005	0,112	0,23
Yodo	45337	-5,4E-5	0,038	-0,17	0,229
Radón	44971	2,383	2,08	0,019	12,4

Tarifa					
Variable	N	Media	Std Dev	Mínimo	Máximo
Alfa	50630	0,0299	0,242	-1,02	1,97
Beta	50629	0,0633	0,449	-0,984	9,30
Gamma	51531	0,146	0,005	0,126	0,188
Yodo	51218	1,8E-5	0,032	-0,135	0,305
Radón	50628	1,166	1,082	0,0094	9,88

Sevilla					
Variable	N	Media	Std Dev	Mínimo	Máximo
Alfa	48054	0,085	0,564	-1,37	3,87
Beta	48026	0,287	0,672	-1,21	8,43
Gamma	47996	0,140	0,006	0,106	0,174
Yodo	48091	2,2E-4	0,043	-0,218	0,254
Radón	48048	5,302	34,83	0,000	29,5

Tenerife					
Variable	N	Media	Std Dev	Mínimo	Máximo
Alfa	45901	-0,003	0,255	-0,851	1,58
Beta	45900	-0,048	0,386	-1,37	2,37
Gamma	47809	0,088	0,003	0,076	0,109
Yodo	47808	3,16E-4	0,058	-0,33	0,515
Radón	45900	1,88	1,935	0,075	15,4

Soria					
Variable	N	Media	Std Dev	Mínimo	Máximo
Alfa	48324	-0,044	0,285	-1,62	1,70
Beta	48273	-0,029	0,415	-2,27	2,21
Gamma	48579	0,187	0,006	0,164	0,218
Yodo	48585	4,9E-5	0,084	-1,61	3,48
Radón	48319	3,574	3,41	0,000	26,7

Teruel					
Variable	N	Media	Std Dev	Mínimo	Máximo
Alfa	47973	0,112	0,467	-0,874	2,37
Beta	47973	0,084	0,935	-1,46	20,1
Gamma	49236	0,131	0,0047	0,114	0,158
Yodo	48452	-2,0E-4	0,069	-1,07	1,53
Radón	47968	4,541	5,20	0,0012	34,2

Talavera la Real					
Variable	N	Media	Std Dev	Mínimo	Máximo
Alfa	49940	0,065	0,435	-4,14	4,15
Beta	49940	0,244	0,654	-4,12	6,84
Gamma	49894	0,103	0,004	0,088	0,143
Yodo	49935	5,2E-5	0,053	-0,298	0,298
Radón	49938	8,159	8,68	0,268	75,0

Tabla 6.2. Análisis estadístico de los datos de la Red de la Generalidad de Valencia  
Año 2004

Cofrentes					
Variable	N	Media	Std Dev	Mínimo	Máximo
Alfa	39603	-0,040	0,302	-0,818	1,73
Beta	39602	-0,043	0,476	-1,27	2,70
Gamma	40170	0,164	0,005	0,142	0,187
Yodo	40171	0,0007	0,062	-0,314	0,287
Radón	39601	2,861	2,477	0,153	18,9

Cortes de Pallás					
Variable	N	Media	Std Dev	Mínimo	Máximo
Alfa	45301	-0,010	0,227	-1,19	2,07
Beta	45301	0,0133	0,368	-1,69	2,85
Gamma	45935	0,157	0,004	0,136	0,184
Yodo	45935	5,5E-5	0,047	-0,182	0,217
Radón	45300	3,796	2,401	0,250	16,2

Jalance					
Variable	N	Media	Std Dev	Mínimo	Máximo
Alfa	47782	-0,062	0,389	-1,75	1,67
Beta	47782	0,192	0,614	-1,69	2,85
Gamma	48216	0,158	0,004	0,138	0,179
Yodo	48216	-0,00014	0,070	-0,342	0,527
Radón	47781	4,934	4,626	0,000	30,8

Pedrones					
Variable	N	Media	Std Dev	Mínimo	Máximo
Alfa	50422	-0,034	0,272	-0,953	1,14
Beta	50422	-0,095	0,401	-1,57	1,67
Gamma	50422	0,156	0,005	0,136	0,187
Yodo	50423	1,0E-5	0,052	-0,215	0,202
Radón	50424	3,463	2,46	0,000	15,4

Tabla 6.3. Análisis estadístico de los datos de la Red de la Generalidad de Cataluña  
Año 2004

Almadraba					
Variable	N	Media	Std. Dev	Mínimo	Máximo
Gamma	50684	0,112	0,005	0,099	0,231

Ascó					
Variable	N	Media	Std. Dev	Mínimo	Máximo
Gamma	50603	0,119	0,0039	0,103	0,216

Ascó					
Variable	N	Media	Std Dev	Mínimo	Máximo
Alfa	50462	0,0179	0,063	-0,315	0,355
Beta	50247	-0,010	0,059	-0,524	0,296
Yodo	52872	1,88E-8	5,3E-7	0,0	2,0E-5
Radón	50205	4,032	3,977	0,207	23,2

Barcelona					
Variable	N	Media	Std Dev	Mínimo	Máximo
Alfa	34429	0,0169	0,094	-0,722	0,469
Beta	34429	0,0259	0,082	-0,615	0,597
Yodo	43422	-4,8E-8	4,11	-3,5E-4	0,0
Radón	43487	4,986	4,409	0,00	54,7

Gerona					
Variable	N	Media	Std Dev	Mínimo	Máximo
Alfa	50860	0,0032	0,046	-0,277	0,353
Beta	50906	-0,0148	0,412	-1,17	35,9
Yodo	50101	-2,8E-5	5,9E-4	-0,0238	0,00001
Radón	50923	10,55	9,56	0,031	79,5

Lérida					
Variable	N	Media	Std Dev	Mínimo	Máximo
Alfa	50881	0,0249	0,075	-0,365	1,25
Beta	50880	-0,0087	0,130	-1,85	2,24
Yodo	52149	0,00	0,00	0,00	0,00
Radón	50886	7,002	7,539	0,143	62,4

Puigcerdá					
Variable	N	Media	Std Dev	Mínimo	Máximo
Alfa	50220	-0,021	0,057	-0,358	0,674
Beta	50220	-5,1E-4	0,100	-0,768	1,43
Yodo	51407	1,0E-8	9,1E-7	-1,0E-5	2,0E-5
Radón	50202	8,55	8,972	0,0016	60,1

Rosas					
Variable	N	Media	Std Dev	Mínimo	Máximo
Alfa	49423	0,016	0,037	-0,125	0,375
Beta	49376	-0,052	0,087	-1,02	0,317
Yodo	50204	0,00039	0,010	-1,0E-5	0,510
Radón	49370	5,293	4,027	0,00	40,8

Tarragona					
Variable	N	Media	Std Dev	Mínimo	Máximo
Alfa	16632	0,038	0,038	-0,122	0,964
Beta	16632	0,030	0,056	-0,122	0,964
Yodo	16872	7,1E-8	8,4E-7	0,00	1,0E-5
Radón	16632	2,35	1,40	0,0158	9,56

Vandellós					
Variable	N	Media	Std Dev	Mínimo	Máximo
Alfa	50401	0,0109	0,137	-0,307	11,9
Beta	49098	-0,0039	0,129	-1,82	8,12
Yodo	51991	0,00	0,0	0,0	0,0
Radón	50401	4,196	2,827	0,011	22,5

Viella					
Variable	N	Media	Std Dev	Mínimo	Máximo
Alfa	51065	0,028	0,046	-0,228	43,1
Beta	50813	-0,004	0,507	-0,945	33,4
Yodo	51928	0,00081	0,016	0,00	0,497
Radón	51077	2,744	2,635	0,00	23,6

**Tabla 6.4. Análisis estadístico de los datos de la Red del País Vasco**

Año 2004

<b>Bilbao</b>					
Variable	N	Media	Std Dev	Mínimo	Máximo
Alfa	48048	0,012	0,048	0,0	0,857
Beta	48048	0,034	0,069	0,0	1,050
Gamma	48053	0,076	0,003	0,0675	0,123
Yodo	48033	0,034	0,050	0,0	0,428
Radón	48048	7,348	6,484	0,180	37,4

<b>Vitoria</b>					
Variable	N	Media	Std Dev	Mínimo	Máximo
Alfa	45426	0,0186	0,170	-1,66	3,64
Beta	45471	0,0182	0,282	-1,91	5,33
Gamma	45471	0,0783	0,003	0,068	0,135
Yodo	45446	-6,9E-5	0,087	0,358	0,469
Radón	45471	1,727	1,596	0,048	10,3

**Tabla 6.5. Análisis estadístico de los datos de la REA**

Año 2005

<b>Agoncillo</b>					
Variable	N	Media	Std Dev	Mínimo	Máximo
Alfa	47319	1,275	1,796	-0,573	20
Beta	47317	2,127	3,087	-0,883	32,8
Gamma	47293	0,101	0,006	0,0847	0,185
Yodo	47317	1,96E-5	0,054	-0,324	0,254
Radón	47317	5,663	6,614	0,046	71,8

<b>Avilés</b>					
Variable	N	Media	Std Dev	Mínimo	Máximo
Alfa	45153	0,427	0,750	-1,86	3,83
Beta	45143	0,407	0,968	-3,63	4,82
Gamma	48744	0,119	0,005	0,101	0,303
Yodo	48752	1,3E-5	0,088	-0,883	0,250
Radón	45146	4,502	5,190	0,000	37,8

<b>Almázcara</b>					
Variable	N	Media	Std Dev	Mínimo	Máximo
Alfa	51026	0,05	0,434	-1,41	4,77
Beta	51025	-0,034	0,685	-3,49	6,69
Gamma	51755	0,209	0,025	0,156	0,351
Yodo	51755	-1,2E-5	0,053	-0,324	0,277
Radón	50954	12,234	17,60	0,000	62,7

<b>Herrera del Duque</b>					
Variable	N	Media	Std Dev	Mínimo	Máximo
Alfa	47918	0,104	0,314	-2,30	2,34
Beta	47893	0,092	0,460	-3,99	2,98
Gamma	48433	0,204	0,005	0,180	0,231
Yodo	48493	7,2E-5	0,052	-0,381	0,254
Radón	47890	6,478	5,894	0,000	41,7

<b>Andújar</b>					
Variable	N	Media	Std Dev	Mínimo	Máximo
Alfa	32509	2,801	3,28	-1,65	18,8
Beta	32463	-0,301	1,02	-4,66	6,93
Gamma	32805	0,133	0,005	0,116	0,168
Yodo	32907	2,5E-4	0,061	-0,463	0,361
Radón	32444	5,4203	7,122	0,101	46,4

<b>Huelva</b>					
Variable	N	Media	Std Dev	Mínimo	Máximo
Alfa	40873	0,309	0,949	-31,1	5,06
Beta	40872	0,550	1,339	-45,2	5,95
Gamma	40930	0,119	0,004	0,100	0,149
Yodo	40929	-2,4E-4	0,059	-0,356	0,379
Radón	40872	9,566	8,719	0,00	91,9

<b>Autilla</b>					
Variable	N	Media	Std Dev	Mínimo	Máximo
Alfa	52377	-0,176	0,273	-1,81	1,25
Beta	52377	-0,235	0,340	-2,72	2,20
Gamma	52377	0,139	0,005	0,118	0,187
Yodo	52377	1,3E-4	0,059	-0,284	0,270
Radón	52377	4,918	3,82	0,084	28,7

<b>Jaca</b>					
Variable	N	Media	Std Dev	Mínimo	Máximo
Alfa	48807	0,034	0,238	-1,19	3,19
Beta	48806	0,073	0,564	-2,21	8,56
Gamma	48806	0,170	0,005	0,149	0,218
Yodo	48807	4,4E-4	0,079	-0,547	0,570
Radón	48806	5,264	6,666	0,072	62,9

Lugo					
Variable	N	Media	Std Dev	Mínimo	Máximo
Alfa	45633	0,022	0,485	-4,18	4,78
Beta	45711	0,082	0,589	-4,80	6,25
Gamma	47298	0,152	0,007	0,130	0,234
Yodo	47299	1,7E-6	0,048	-0,27	0,259
Radón	45711	6,306	7,85	0,044	60,8

Madrid					
Variable	N	Media	Std Dev	Mínimo	Máximo
Alfa	45571	-0,46	1,266	-14,3	5,95
Beta	45571	-0,117	1,148	-14	8,36
Gamma	45849	0,202	0,007	0,177	0,246
Yodo	45850	1,8E-5	0,065	-0,8	1,74
Radón	45570	15,66	17,43	0,488	118

Mallorca					
Variable	N	Media	Std Dev	Mínimo	Máximo
Alfa	49579	0,306	0,350	-0,503	2,50
Beta	50661	0,463	0,525	-0,865	3,81
Gamma	51242	0,157	0,007	0,125	0,189
Yodo	5110	-1,9E-4	0,051	-0,528	0,342
Radón	49500	1,98	1,163	0,000	9,77

Motril					
Variable	N	Media	Std Dev	Mínimo	Máximo
Alfa	44929	0,210	0,236	-0,689	2,47
Beta	44923	0,293	0,383	-1,42	4,27
Gamma	46278	0,095	0,014	0,045	0,323
Yodo	46278	1,5E-3	0,040	-1,22	0,222
Radón	44933	2,273	1,505	0,000	9,86

Murcia					
Variable	N	Media	Std Dev	Mínimo	Máximo
Alfa	49214	0,463	0,548	-0,453	3,12
Beta	49213	0,852	1,035	-0,825	37,3
Gamma	49558	0,128	0,004	0,111	0,168
Yodo	49556	1,0E-4	0,050	-0,314	0,312
Radón	49206	2,514	2,00	0,000	13,7

Penhas Douradas					
Variable	N	Media	Std Dev	Mínimo	Máximo
Alfa	45387	0,063	0,373	0,898	3,14
Beta	45387	-0,517	0,898	-7,48	3,56
Gamma	45920	0,259	0,015	0,18	0,345
Yodo	45920	1,2E-4	0,059	-0,683	2,45
Radón	45385	5,091	4,186	0,000	35,7

Pontevedra					
Variable	N	Media	Std Dev	Mínimo	Máximo
Alfa	49365	0,318	0,791	-7,35	10,3
Beta	49365	-0,468	2,261	-26,4	20,9
Gamma	49470	0,148	0,006	0,128	0,196
Yodo	49470	-7,3E-5	0,207	-3,04	4,83
Radón	49365	19,75	25,23	0,030	199

Quintanar de la Orden					
Variable	N	Media	Std Dev	Mínimo	Máximo
Alfa	44772	0,131	0,333	-1,27	2,13
Beta	44770	0,057	0,486	-1,81	3,18
Gamma	45388	0,166	0,005	0,145	0,194
Yodo	45397	0,0001	0,084	-0,54	0,368
Radón	44770	4,513	3,616	0,00	30,5

Saelices el Chico					
Variable	N	Media	Std Dev	Mínimo	Máximo
Alfa	50059	0,751	2,877	-31,5	44,6
Beta	50054	0,998	5,41	-69	90,1
Gamma	50825	0,914	38,67	0,141	2100
Yodo	50498	-1,3E-4	0,155	-8,5	6,5
Radón	50056	24,32	39,37	0,004	583

San Sebastián					
Variable	N	Media	Std Dev	Mínimo	Máximo
Alfa	46373	0,168	0,278	-1,24	4,94
Beta	46372	0,164	0,346	-1,94	7,94
Gamma	49428	0,111	0,005	0,091	0,164
Yodo	49376	0,00055	0,042	-0,823	0,783
Radón	46373	6,330	4,586	0,00	34,8

Santander					
Variable	N	Media	Std Dev	Mínimo	Máximo
Alfa	47132	0,066	0,321	-0,731	2,88
Beta	47132	0,041	0,44	-1,11	3,92
Gamma	47484	0,130	0,005	0,108	0,197
Yodo	47485	0,00013	0,039	-0,151	0,174
Radón	47132	2,987	2,972	0,003	25,4

Sevilla					
Variable	N	Media	Std Dev	Mínimo	Máximo
Alfa	50349	0,442	4,78	-637	29,9
Beta	50011	1,119	7,604	-1,35	724
Gamma	51015	0,141	0,006	0,116	0,25
Yodo	51032	4,9E-5	0,073	-1,45	0,58
Radón	50146	5,141	18,87	0,0014	2030

Soria					
Variable	N	Media	Std Dev	Mínimo	Máximo
Alfa	50571	0,056	0,433	-2	5,51
Beta	50569	0,039	0,543	-3,23	8,45
Gamma	51490	0,188	0,006	0,165	0,233
Yodo	51317	3,2E-5	0,161	-2,51	3,98
Radón	50568	4,609	4,94	0,0006	35,8

Tenerife					
Variable	N	Media	Std Dev	Mínimo	Máximo
Alfa	45231	0,023	0,245	-0,861	1,98
Beta	45231	0,018	0,348	-1,19	3,12
Gamma	45896	0,095	0,018	0,072	0,277
Yodo	46064	-6,8E-5	0,067	-0,621	0,665
Radón	45370	1,324	1,35	0,0009	12,2

Talavera la Real					
Variable	N	Media	Std Dev	Mínimo	Máximo
Alfa	46561	0,079	0,423	-5,30	4,69
Beta	46563	0,202	0,630	-0,592	7,20
Gamma	46558	0,103	0,004	0,088	0,133
Yodo	46557	1,7E-4	0,053	-0,257	0,245
Radón	46560	8,11	8,95	0,00	79,2

Teruel					
Variable	N	Media	Std Dev	Mínimo	Máximo
Alfa	48011	-0,194	0,559	-4,34	5,34
Beta	48002	0,004	1,425	-3,35	65,9
Gamma	49955	0,131	0,005	0,112	0,172
Yodo	48551	5,7E-4	0,073	-2,43	2,26
Radón	48010	5,538	5,69	0,052	36,2

Tarifa					
Variable	N	Media	Std Dev	Mínimo	Máximo
Alfa	46477	0,0126	0,280	-1,16	1,96
Beta	46477	0,151	0,387	-0,984	2,87
Gamma	47727	0,146	0,005	0,125	0,199
Yodo	47729	-5,7E-5	0,038	-0,301	0,368
Radón	46473	1,093	1,112	0,00	8,83

Tabla 6.6. Análisis estadístico de los datos de la Red de la Generalidad de Valencia  
Año 2005

Cofrentes					
Variable	N	Media	Std Dev	Mínimo	Máximo
Alfa	43425	0,024	0,321	-0,811	1,53
Beta	42400	0,012	0,458	-1,24	2,32
Gamma	43694	0,165	0,005	0,143	0,194
Yodo	43697	2,6E-4	-0,026	-0,277	0,294
Radón	42388	2,668	2,45	0,00	18,2

Jalance					
Variable	N	Media	Std Dev	Mínimo	Máximo
Alfa	38579	-0,025	0,381	-1,92	3,22
Beta	38576	0,042	0,52	-1,59	4,79
Gamma	39035	0,158	0,004	0,140	0,185
Yodo	38355	5,8E-4	0,103	-0,499	1,15
Radón	38572	4,124	4,141	0,000	32,0

Cortes de Pallás					
Variable	N	Media	Std Dev	Mínimo	Máximo
Alfa	51011	0,0024	0,207	-0,625	0,820
Beta	51009	0,0094	0,340	-0,925	1,42
Gamma	51008	0,157	0,005	0,134	0,210
Yodo	50413	5,6E-4	0,065	-0,2	0,467
Radón	51009	3,364	2,249	0,349	18,4

Pedrones					
Variable	N	Media	Std Dev	Mínimo	Máximo
Alfa	51528	0,024	0,271	-0,669	1,54
Beta	51527	-0,038	0,381	-1,06	1,88
Gamma	51525	0,156	0,005	0,136	0,208
Yodo	50504	1,4E-4	0,079	-0,384	0,414
Radón	51528	3,364	2,35	0,221	16,1

Tabla 6.7. Análisis estadístico de los datos de la Red de la Generalidad de Cataluña

Año 2005

<b>Almadraba</b>					
Variable	N	Media	Std. Dev	Mínimo	Máximo
Gamma	47772	0,112	0,0038	0,097	0,155

<b>Ascó</b>					
Variable	N	Media	Std. Dev	Mínimo	Máximo
Gamma	48180	0,119	0,004	0,103	0,199

<b>Ascó</b>					
Variable	N	Media	Std Dev	Mínimo	Máximo
Alfa	45229	0,022	0,033	-0,21	0,253
Beta	45177	0,0149	0,097	-0,656	0,637
Yodo	46105	2,08E-8	5,5E-7	0,0	2,0E-5
Radón	45106	4,668	5,102	0,0425	32,9

<b>Barcelona</b>					
Variable	N	Media	Std Dev	Mínimo	Máximo
Alfa	44316	0,093	0,081	-0,16	1,07
Beta	44323	-0,117	0,121	-0,972	2,84
Yodo	46302	-3,2E-8	5,5E-6	-5E-5	3,4E-4
Radón	43789	3,607	2,41	0,00	24,3

<b>Gerona</b>					
Variable	N	Media	Std Dev	Mínimo	Máximo
Alfa	41816	0,0116	0,262	-0,667	7,22
Beta	41976	0,064	0,379	-0,758	15
Yodo	43188	7,1E-8	2,5E-6	-0,00004	0,00005
Radón	41962	10,55	9,525	0,0173	70,4

<b>Lérida</b>					
Variable	N	Media	Std Dev	Mínimo	Máximo
Alfa	41319	0,0123	0,097	-0,712	1,07
Beta	41292	0,0081	0,103	-0,697	3,9
Yodo	43034	8,7E-8	1,6E-6	-2E-5	3E-5
Radón	41250	6,119	6,786	0,039	50,4

<b>Puigcerdá</b>					
Variable	N	Media	Std Dev	Mínimo	Máximo
Alfa	43888	0,0358	0,060	-0,237	0,345
Beta	43888	-0,023	0,119	-0,754	0,423
Yodo	45889	2,09E-8	7,4E-7	-1,0E-4	2,0E-4
Radón	43936	10,45	8,357	0,0148	49,5

<b>Rosas</b>					
Variable	N	Media	Std Dev	Mínimo	Máximo
Alfa	43912	0,0062	0,048	-0,239	0,370
Beta	43880	0,0225	0,071	-0,395	0,62
Yodo	44544	4,8E-4	0,034	0,000	2,92
Radón	43808	6,997	5,014	0,00	44,2

<b>Tarragona</b>					
Variable	N	Media	Std Dev	Mínimo	Máximo
Alfa	36152	0,0153	0,148	-0,125	0,814
Beta	36093	-0,118	0,034	-2,41	4,20
Yodo	38476	1,01E-7	1,4E-6	-0,0001	0,00018
Radón	36097	5,496	4,610	0,00	40,1

<b>Vandellós</b>					
Variable	N	Media	Std Dev	Mínimo	Máximo
Alfa	41054	0,0171	0,045	-0,314	0,527
Beta	41100	-0,012	0,063	-1,32	0,796
Yodo	45632	0,00	0,0	0,0	0,0
Radón	41125	2,495	2,53	0,00	23,6

<b>Viella</b>					
Variable	N	Media	Std Dev	Mínimo	Máximo
Alfa	38662	-0,009	0,038	-0,23	0,218
Beta	38651	0,010	0,075	-0,344	1,12
Yodo	39552	7,3E-8	6,5E-6	0,00	5,8E-4
Radón	38645	3,658	2,932	0,00	27,5

Tabla 6.8. Análisis estadístico de los datos de la Red del País Vasco

Año 2005

<b>Bilbao</b>					
Variable	N	Media	Std Dev	Mínimo	Máximo
Alfa	48048	0,012	0,048	0,0	0,857
Beta	48048	0,034	0,069	0,0	1,050
Gamma	48053	0,076	0,003	0,0675	0,123
Yodo	48033	0,034	0,050	0,0	0,428
Radón	48048	7,348	6,484	0,180	37,4

<b>Vitoria</b>					
Variable	N	Media	Std Dev	Mínimo	Máximo
Alfa	45426	0,0186	0,170	-1,66	3,64
Beta	45471	0,0182	0,282	-1,91	5,33
Gamma	45471	0,0783	0,003	0,068	0,135
Yodo	45446	-6,9E-5	0,087	0,358	0,469
Radón	45471	1,727	1,596	0,048	10,3

## 2. Representación gráfica de los datos

En este capítulo se incluyen las gráficas de cada estación con los datos de los años 2004 y 2005. Ante la dificultad de representar gráficamente todos los datos obtenidos, es decir un dato cada 10 minutos lo que hace un total de 52.704 datos en el año 2004 y de 52.560 datos en el año 2005 por variable y estación, se ha optado por representar los valores medios diarios de las variables radiológicas.

Para la interpretación correcta de las gráficas es importante considerar las incidencias que se comentan en el apartado 4 de este capítulo, el comportamiento de las variables radiológicas medidas y las características de los equipos que integran las estaciones que se comentan a continuación:

- Valores negativos en las medidas de alfa, beta y yodos. Cuando se observan las gráficas de las estaciones, se pueden apreciar valores negativos en las gráficas de alfa, beta y yodos. Estos valores negativos están relacionados con el método de medida empleado por los equipos de la estación:
  - Los valores que aparecen en las gráficas alfa y beta no corresponden a la concentración de actividad total en aire, ya que se efectúa una corrección en la que se sustrae la contribución correspondiente a la actividad natural, siendo la principal fuente de ésta la que proviene de la desintegración del radón y sus descendientes. Debido a que la actividad del radón y sus descendientes se estima suponiendo unas condiciones de equilibrio en la cadena de desintegraciones que se originan a partir del radón, el resultado que aparece en estos canales puede originar valores negativos, siendo este efecto más acusado en las fechas en donde los valores de concentración de radón son más elevados, lo que corresponde a una falta de equilibrio más acusada. La cancelación de la componente natural es, en estos casos más complicada, debido a las fluctuaciones estadísticas de cantidades mayores. La ausencia de alteraciones radiológicas se hace patente por la clara correlación entre los canales alfa, beta y radón.
    - La medida de la concentración de actividad de I-131 se basa en la comparación del número de cuentas obtenido en dos regiones energéticas del espectro, una de ellas centrada en la región de máxima intensidad de emisión del I-131, 360 KeV. En condiciones de ausencia de I-131 el número de cuentas que se obtienen en estas ventanas es igual, salvo fluctuaciones estadísticas, lo cual hace que el valor que se muestra en este canal sea una señal oscilatoria alrededor de un valor promedio cero. En caso de existir I-131 la señal dejaría de tener un comportamiento oscilatorio y pasaría a tomar valores positivos en función de la concentración de actividad existente.
- Influencia en las medidas radiológicas de las condiciones meteorológicas. En la revisión diaria de los datos obtenidos se apreciaron incrementos en las medidas de tasa de dosis gamma coincidentes con las precipitaciones.
- En las gráficas diarias y anuales se aprecia la relación entre los niveles de radón y el momento del día y la época del año. En concreto, se aprecia el aumento de la concentración de radón durante las horas centrales del día y en los meses de enero y diciembre. Estas variaciones son debidas a la fuerte influencia que tienen los fenómenos meteorológicos en los procesos de filtración de radón a través del suelo y su posterior dispersión en la atmósfera.
- Emplazamiento de Saelices el Chico. En esta estación se observaron, como en otros años, incrementos significativos en los valores de tasa de dosis gamma y de la concentración de emisores alfa, beta y radón. Se trata de aumentos temporales, después la estación retorna a valores normales. Estos incrementos en los valores están relacionados con las características del terreno donde se encuentra ubicada la estación (una mina de uranio) y con condiciones atmosféricas.
- También se ha observado que, en situaciones de concentraciones de radón elevadas, la medida de yodos se ve afectada.

Figura 6.1. Representación gráfica de los datos de la REA. Valores medios diarios (Años 2004-2005)

