

serie monografías

Máximas lluvias diarias en la España peninsular



Ministerio de Fomento
Secretaría de Estado de Infraestructuras y Transportes
Dirección General de Carreteras

1999

Este documento tiene su origen en un Convenio entre la Dirección Técnica de la Dirección General de Carreteras del Ministerio de Fomento y el Centro de Estudios Hidrográficos del Centro de Estudios y Experimentación de Obras Públicas (CEDEX) del mismo Ministerio.

El equipo que lo ha realizado ha estado constituido por:

Dirección de los trabajos:

Director de los trabajos.....	D. Jesús Santamaría Arias
Ayudante de dirección.....	D. Alvaro Parrilla Alcaide

Equipo Investigador y programación Básica:

Director del equipo investigador.....	D. Manuel Menéndez Prieto
Asesor Técnico.....	D. José Ramón Témez Peláez
	D ^a Liana Ardiles López
	D. Teodoro Estrela Monreal
	D ^a Monserrat Ferrer Juliá
	D. Javier Ferrer Polo

Edición y Montaje:

D. José Ramón Gamó Sastre
D. Álvaro Parrilla Alcaide
D^a M^a Ángeles Pérez González
D. Pedro Rosel Taberna.

Edición y Programación Windows:

D. Carlos Bartolomé Marín
D. Alberto Navarro Rodríguez
D. Jesús Santamaría Arias

La propiedad de todos los elementos que constituyen este trabajo corresponde a la Dirección General de Carreteras del Ministerio de Fomento, sin cuya autorización queda prohibida la comercialización e incluso la reproducción, ya sea parcial o completa y cualquiera que sea el medio utilizado, de la información aquí contenida.

INDICE

1 ANTECEDENTES.....	1
2 OBJETO DEL TRABAJO REALIZADO	1
3 RESUMEN DE RESULTADOS PREVIOS.....	2
3.1 MÉTODO REGIONAL ADOPTADO	2
3.2 ESTIMACIÓN REGIONAL DE CUANTILES.....	3
3.3 DISTRIBUCIÓN ESPACIAL DEL VALOR MEDIO COMO FACTOR DE ESCALA LOCAL.....	6
4 APLICACIÓN DE UN SISTEMA DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA.....	9
5 CONSULTA DE RESULTADOS EN UN ENTORNO SIG MEDIANTE EL EMPLEO DE UNA APLICACIÓN INFORMÁTICA.....	10
6 GUÍA PRÁCTICA DE TRABAJO PARA LA ESTIMACIÓN DE CUANTILES DE MÁXIMAS LLUVIAS DIARIAS EN LA ESPAÑA PENINSULAR	11
7 ESTIMACIÓN DE CUANTILES PARA DISTINTOS PERIODOS DE RETORNO, MEDIANTE EL USO DE MAPAS DE REPRESENTACIÓN DEL COEFICIENTE DE VARIACIÓN C_v Y DEL VALOR MEDIO DE LA MÁXIMA PRECIPITACIÓN DIARIA ANUAL.....	11
7.1 METODOLOGÍA.....	11
7.2 EJEMPLO DE APLICACIÓN	12
8 ESTIMACIÓN DE CUANTILES PARA DISTINTOS PERIODOS DE RETORNO MEDIANTE EL USO DE LA APLICACIÓN MAXPLU	15
8.1 FINALIDAD.....	15
8.2 CARACTERÍSTICAS GENERALES E INSTALACIÓN.....	15
8.3 FORMA DE EJECUCIÓN	17
ANEJOS.....	21
PLANO GUIA	
RESUMEN METODO	

INDICE DE TABLAS Y FIGURAS

REGIONES CON CARACTERÍSTICAS METEOROLÓGICAS COMUNES	4
FUNCIONES DE DISTRIBUCIÓN	5
ISOLÍNEAS DEL VALOR REGIONAL DEL COEFICIENTE DE VARIACIÓN C_V	7
RELACIÓN ENTRE LOS FACTORES DE AMPLIFICACIÓN Y EL PERIODO DE RETORNO T	8
FACTORES DE AMPLIFICACIÓN K_T	13

1 ANTECEDENTES

El dimensionamiento hidráulico de las obras de drenaje que resultan al ser interceptados los cauces naturales por el trazado de las carreteras, tiene su principal soporte en los cálculos hidrometeorológicos que nos proporcionan el caudal máximo a desaguar por las pequeñas cuencas, una vez conocida la escorrentía superficial.

Las directrices, criterios y especificaciones a seguir en el diseño de las obras de drenaje, están contempladas en la normativa vigente a través de la Instrucción 5.2-IC "Drenaje superficial" aprobada por Orden Ministerial de 14 de mayo de 1990 (B.O.E del 23 de mayo). Igualmente el procedimiento a seguir para obtener los caudales máximos, fue puesto al día con la publicación "Cálculo hidrometeorológico de caudales máximos en pequeñas cuencas naturales" en mayo de 1987. Sin embargo el dato básico por excelencia que nos permite conocer dichos caudales máximos, las lluvias máximas previsibles en un día, están contempladas en la publicación de la Dirección General de Carreteras del M.O.P.U, "Isolíneas de precipitaciones máximas previsibles en un día" que data del año 1978, que se apoya en los datos de la red de estaciones pluviométricas existentes hasta 1970.

Tanto esta publicación como el "Mapa para el calculo de máximas precipitaciones diarias en la España Peninsular" (1997), editadas por el Servicio de Geotecnia de la Dirección General de Carreteras con la colaboración del Centro de Estudios Hidrográficos del C.E.D.E.X., tienen por objeto sustituir a la de 1978, introduciendo mejoras en la estimación de las máximas lluvias previsibles en las distintas regiones de la España peninsular, no sólo en la aportación de nuevos datos desde 1970 sino en la aplicación de nuevas tecnologías estadísticas. Todo ello unido al tratamiento informático aprovechando las capacidades de los Sistemas de Información Geográfica (SIG), hace de este documento una herramienta para la redacción de los proyectos de nuevas carreteras o mejoras de drenaje de las ya existentes, permitiendo de una forma rápida obtener las máximas precipitaciones en un determinado lugar de la España peninsular con solo conocer sus coordenadas geográficas o U.T.M en función de los distintos periodos de retorno exigidos en la Instrucción 5.2-IC.

2 OBJETO DEL TRABAJO REALIZADO

La finalidad del presente documento es la de presentar un método operativo que de una manera breve y fiable, nos proporcione un valor de las "Máximas Lluvias Diarias en la España Peninsular" que sirva de base de partida para el cálculo de los caudales a desaguar por los pequeños cauces existentes en las obras de carreteras, supliendo así la ausencia de aforos en los mismos. En este estudio se han distinguido las siguientes fases:

- 1^a Selección de estaciones pluviométricas y recopilación de sus datos correspondientes a las máximas lluvias diarias.

- 2^a Modelación estadística de las series anuales de máximas lluvias diarias realizando una estimación regional de parámetros y cuantiles.
- 3^a Análisis de la distribución del valor medio de las series anuales de máximas lluvias diarias, estimado directamente a partir de las muestras.
- 4^a Resumen y presentación de los resultados alcanzados tanto en la forma tradicional de planos, como en versión informática aprovechando la tecnología de los Sistemas de Información Geográfica (SIG).

Dado el carácter eminentemente práctico de este documento se aborda básicamente lo referido en la 4^a de las fases inmediatamente enunciadas. Para ello, y tras una revisión de los principales resultados obtenidos en las etapas anteriores, se incluyen los planos finalmente elaborados, así como el resumen de las principales características del SIG empleado y de la aplicación informática desarrollada (GISPLU), que permite para los periodos de retorno dados, la consulta de los cuantiles de máximas lluvias diarias en cualquier punto de la geografía peninsular española.

3 RESUMEN DE RESULTADOS PREVIOS

3.1 MÉTODO REGIONAL ADOPTADO

Frente a anteriores trabajos a escala nacional en que se empleaban exclusivamente los datos locales en cada una de las distintas estaciones pluviométricas, se ha optado por un enfoque regional que trata de reducir la varianza de los parámetros estimados con una única muestra, empleando la información de estaciones con similar comportamiento.

El enfoque tradicional de estos métodos asume la existencia de una región homogénea respecto a ciertas características estadísticas, lo que permite aprovechar el conjunto de información disponible en dicha región.

El método regional adoptado, denominado tradicionalmente “índice de avenida”, asume que la variable Y resultante de dividir en cada estación los valores máximos anuales por su media

$$Y = P / \bar{P}$$

sigue idéntica distribución de frecuencia en toda la región considerada. Los parámetros de dicha distribución, una vez seleccionado el modelo de ley, son obtenidos a partir del conjunto de datos de las estaciones de la región, mientras que el valor local de la media \bar{P} se estima exclusivamente a partir de los datos de cada una de las estaciones.

La estimación de los cuantiles locales X_t (P_T en el “Mapa para el Cálculo de Máximas Precipitaciones Diarias en la España Peninsular” de 1997) en un determinado punto se reduce a reescalar los cuantiles regionales Y_t (denominados Factores de Amplificación K_T en la referida publicación) con la media local \bar{P} según la siguiente expresión:

$$X_t = Y_t \cdot \bar{P} \quad (3.1)$$

3.2 ESTIMACIÓN REGIONAL DE CUANTILES

La primera etapa de la estimación regional de cuantiles consistió en agrupar las 1545 estaciones “básicas”, con 30 o más años de registro, en 26 regiones geográficas (fig. 3.1). Las regiones fueron definidas tratando de agrupar zonas del territorio con características meteorológicas comunes y analizando de forma complementaria los C_v (coeficientes de variación) muestrales. Posteriormente la homogeneidad de las regiones fue contrastada mediante un test estadístico de χ^2 .

La segunda etapa consistió en la estimación regional de los parámetros y cuantiles de los siguientes 4 modelos de función de distribución cuya formulación puede consultarse en la tabla 3.1.:

- a) Valores Extremos Generalizados (GEV)
- b) Log-Pearson III (LP3)
- c) Valores Extremos con dos Componentes (TCEV)
- d) SQRT-ET max

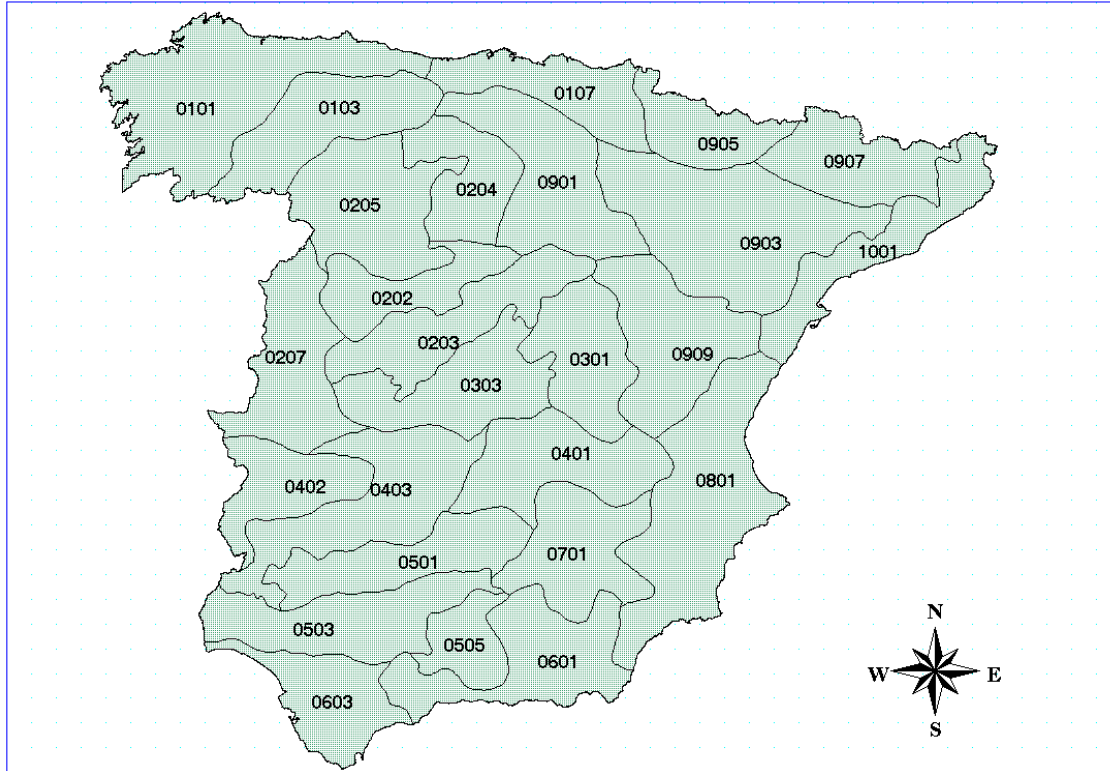


Fig. 3.1 - División de la España Peninsular en 26 regiones geográficas con características meteorológicas comunes.

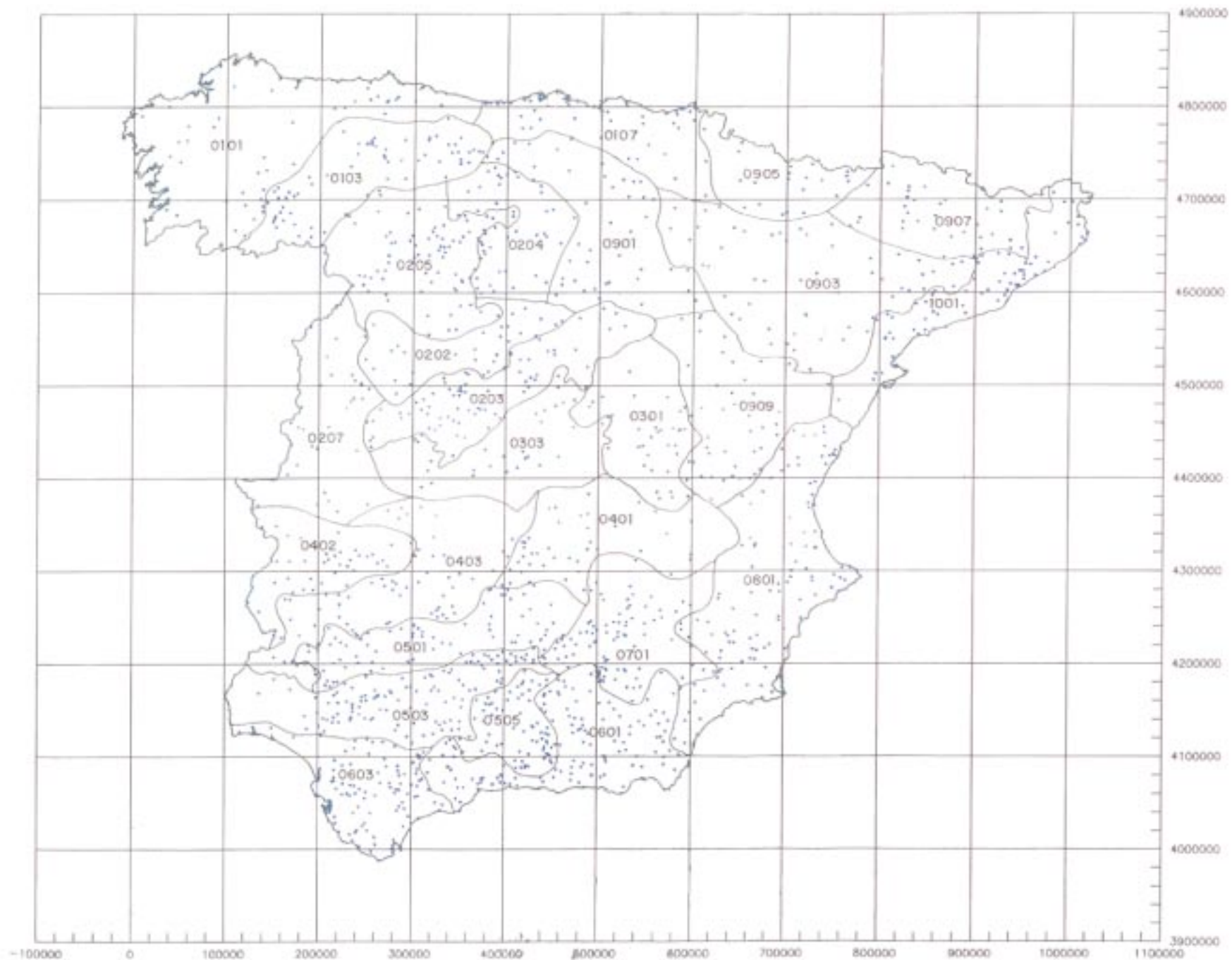


FIGURA 3.1 DELIMITACION DE LAS REGIONES CONSIDERADAS HOMOGENEAS

Distribución	$f(x)$ ó $F(x)$	Parámetros
GEV	$F(x) = \exp \left\{ - \left[1 - k \left(\frac{x-u}{a} \right)^{1/k} \right] \right\}$	u, α, k
LP3	$\frac{\log_{10}^{k-1}}{\Gamma} \exp \left\{ \frac{\log_{10}}{\Gamma} \right\}$	u, α, k
TCEV	$F(x) = \exp(-a_1 e^{-x/q^1} - a_2 e^{-x/q^2})$	$\alpha_j, \theta_j, j = 1, 2$
SQRT-ET max	$F(x) = \exp[-k(1 + \sqrt{ax}) \exp(-\sqrt{ax})]$	α, k

Tabla 3.1. -Funciones de distribución seleccionadas

Un análisis de los cuantiles regionales Y_t estimados, con los cuatro modelos de ley seleccionados en las 26 zonas adoptadas, muestran diferencias prácticamente inexistentes para bajos y medios periodos de retorno (2,5, 10 y 25 años), y sólo cuando los períodos de retorno son mayores, existen ligeras diferencias siempre inferiores al 8% para 500 años.

Este hecho, reduce en cierto modo la transcendencia del proceso de selección del modelo de ley, siendo la ley SQRT-ET max la finalmente seleccionada por las siguientes razones:

- Es el único de los modelos analizados de la ley de distribución, que ha sido propuesto específicamente para la modelación estadística de máximas lluvias diarias.
- Está formulada con sólo dos parámetros lo que conlleva una completa definición de los cuantiles en función exclusivamente del coeficiente de variación con lo que se consigue una mayor facilidad de presentación de resultados.
- Por la propia definición de la ley proporciona resultados más conservadores que la tradicional ley de Gumbel.
- Conduce a valores más conservadores que los otros modelos de ley analizados para las 17 regiones con cuantiles menores, mostrando unos resultados similares en el resto de las regiones.
- Demuestra una buena capacidad para reproducir las propiedades estadísticas observadas en los datos, lo que se comprobó mediante técnicas de simulación de Montecarlo.

<u>Distribución</u>	<u>f(x) ó F(x)</u>	<u>Parámetros</u>
GEV	$F(x) = \exp \left\{ - \left[1 - k \left(\frac{x-u}{a} \right)^{1/k} \right] \right\}$	u, α, k
LP3	$f(x) = \frac{\left(\frac{\log_{10} x - u}{a} \right)^{k-1}}{x a \Gamma(k)} \exp \left\{ - \left(\frac{\log_{10} x - u}{a} \right) \right\}$	u, α, k
TCEV	$F(x) = \exp(-a_1 e^{-x/q^1} - a_2 e^{-x/q^2})$	$\alpha_j, \theta_j, j = 1, 2$
SQRT-ET max	$F(x) = \exp[-k(1 + \sqrt{ax}) \exp(-\sqrt{ax})]$	α, k

Tabla 3.1. -Funciones de distribución seleccionadas

Un análisis de los cuantiles regionales Y_t estimados, con los cuatro modelos de ley seleccionados en las 26 zonas adoptadas, muestran diferencias prácticamente inexistentes para bajos y medios periodos de retorno (2,5, 10 y 25 años), y sólo cuando los periodos de retorno son mayores, existen ligeras diferencias siempre inferiores al 8% para 500 años.

Este hecho, reduce en cierto modo la transcendencia del proceso de selección del modelo de ley, siendo la ley SQRT-ET max la finalmente seleccionada por las siguientes razones:

- Es el único de los modelos analizados de la ley de distribución, que ha sido propuesto específicamente para la modelación estadística de máximas lluvias diarias.
- Está formulada con sólo dos parámetros lo que conlleva una completa definición de los cuantiles en función exclusivamente del coeficiente de variación con lo que se consigue una mayor facilidad de presentación de resultados.
- Por la propia definición de la ley proporciona resultados más conservadores que la tradicional ley de Gumbel.
- Conduce a valores más conservadores que los otros modelos de ley analizados para las 17 regiones con cuantiles menores, mostrando unos resultados similares en el resto de las regiones.
- Demuestra una buena capacidad para reproducir las propiedades estadísticas observadas en los datos, lo que se comprobó mediante técnicas de simulación de Montecarlo.

El enfoque tradicional de los métodos regionales permite estimar el valor de los cuantiles regionales en un punto simplemente asignándole los valores obtenidos en la región en la que dicho punto está incluido, lo que presenta como principales inconvenientes tanto la incertidumbre existente respecto a los límites considerados en las regiones, como la indeseable discontinuidad que presentan los resultados en dichos límites. Para resolver estos problemas, se optó por presentar los resultados en forma “suavizada” trazando un mapa nacional de Isolíneas del coeficiente de variación (C_v) que se muestra en la fig. 3.2.

El C_v fue seleccionado como parámetro básico debido a su fácil comprensión al estar directamente relacionado con el valor de los cuantiles debido al modelo de ley y al método de estimación de parámetros adoptados.

3.3 DISTRIBUCIÓN ESPACIAL DEL VALOR MEDIO COMO FACTOR DE ESCALA LOCAL

La estimación de cuantiles en un determinado punto es el resultado de aplicar la expresión (3.1), en la que la media \bar{P} de las series analizadas actúa como factor local.

El análisis de la distribución espacial de \bar{P} se abordó mediante interpolación espacial con técnicas de krigado a partir de los valores medios de las series de 2231 estaciones, que incluyen las 1545 “básicas”, ya empleadas en la modelación estadística y otras 686 “complementarias” con series de más de 20 años.

La técnica del krigado presenta como ventaja fundamental, frente a otros métodos de interpolación (como la inversa de la distancia elevada a un exponente), la posibilidad de aprovechar directamente la información sobre correlación espacial existente en los propios datos, que queda reflejada en el denominado variograma muestral.

Para la aplicación del krigado se consideraron 15 zonas geográficas con similar comportamiento de la variable analizada, caracterizado fundamentalmente por unas variaciones “bruscas” en zonas montañosas y “suaves” en el resto. En dichas zonas se calcularon los variogramas muestrales y se ajustaron variogramas teóricos. El proceso de obtención de los variogramas teóricos y de resolución de las ecuaciones básicas del krigado se abordó mediante el software GEO-EAS¹, realizando una estimación de la variable sobre una malla cuadrada de 2500 m de lado.

¹ EPA (1988), GEO-EAS: Geostatistical Environmental Assessment Software. User's Guide U.S. Environmental Protection Agency

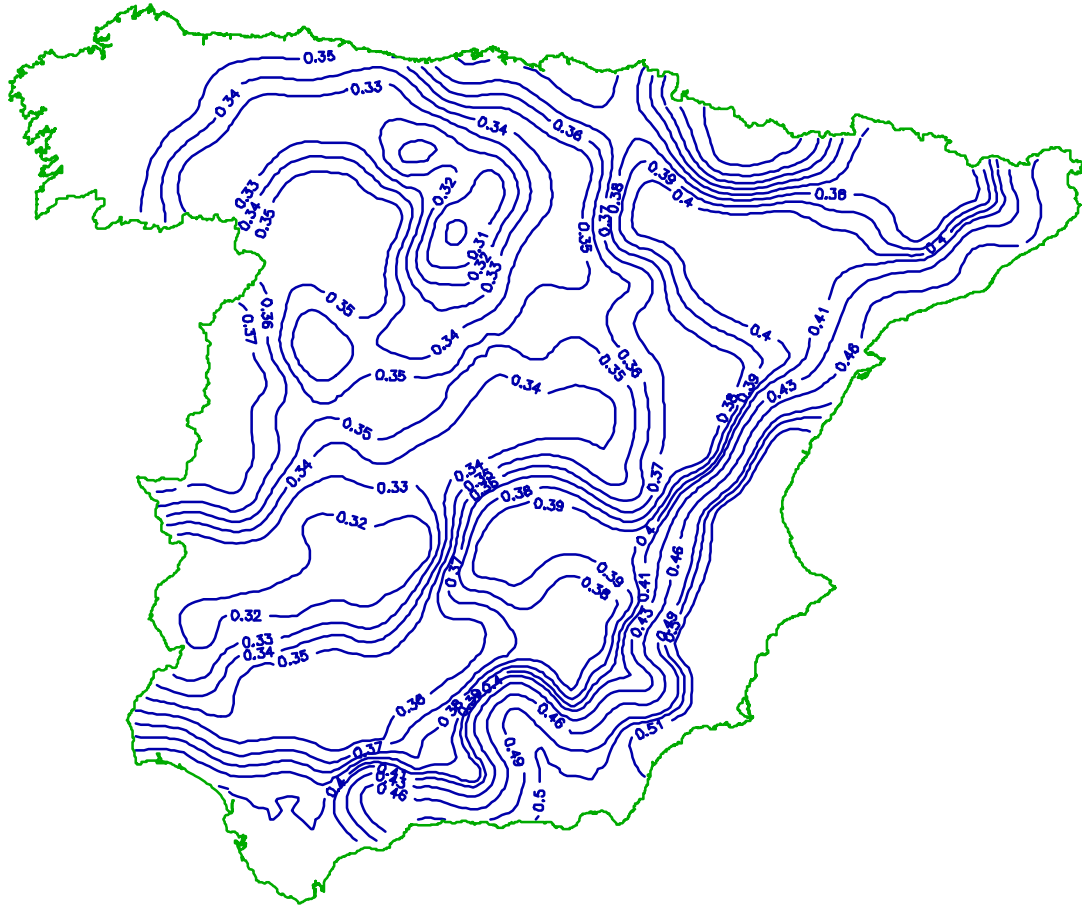


Fig. 3.2 – Isolíneas del valor regional del coeficiente de variación C_v

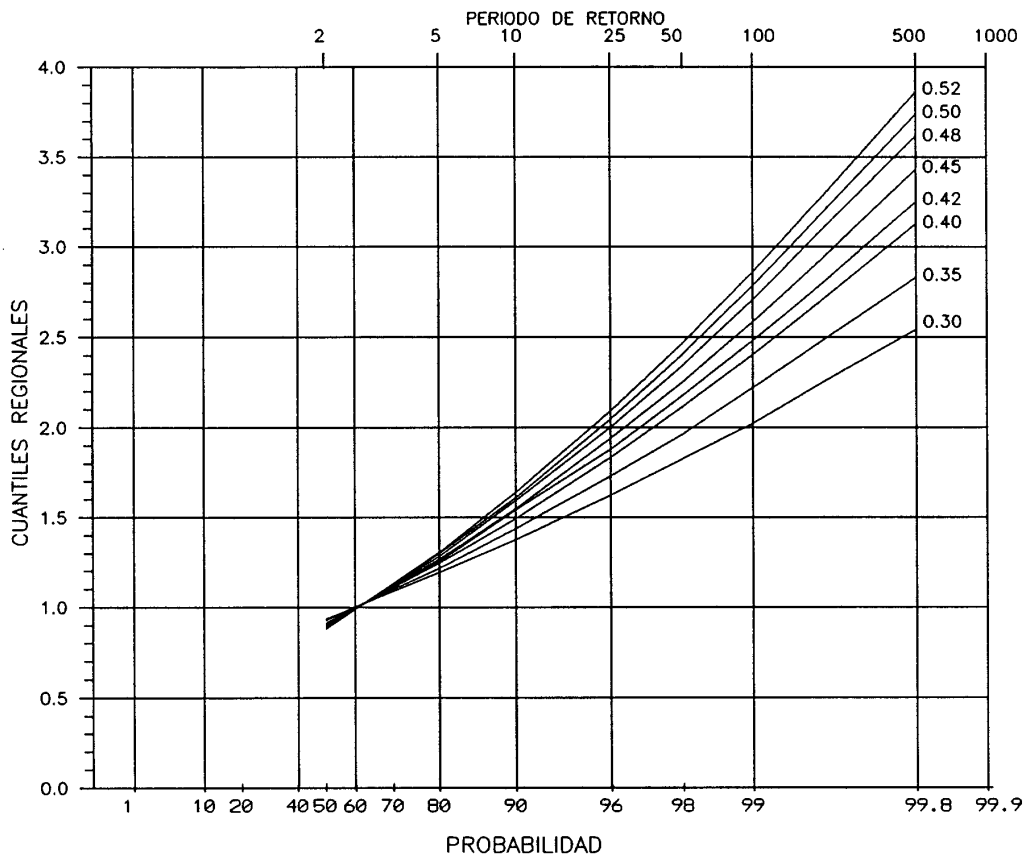


Fig. 3.3.- Relación entre los cuantiles regionales Y_t ⁽²⁾, el periodo de retorno en años T , la probabilidad (%) de no superar el cuantil en un año, y el coeficiente de variación C_v

2 También denominados "Factores de Amplificación K_T en el "Mapa para el Cálculo de Máximas Precipitaciones Diarias en la España Peninsular" de 1997

4 APLICACIÓN DE UN SISTEMA DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA

Un sistema de información geográfico SIG es una base de datos geo-referenciada que permite realizar una serie de operaciones con los datos captados. Estas operaciones son de almacenamiento, catalogación tratamiento o procesado, de análisis y representación gráfica de la información.

En un sistema de información geográfico, la representación de los datos se puede realizar utilizando dos sistemas:

- a) Representación vectorial: una característica queda delimitada gráficamente por la línea que une los puntos que definen su contorno. Cada punto de ese contorno está unívocamente definido por un par de números que indican las coordenadas X e Y en sistemas de representación geodésica universales o en el sistema particular de referencia del usuario.
- b) Representación matricial o raster: en esta representación el área de estudio es subdividida en una fina malla de celdas (la precisión que se obtendrá en las imágenes será función de la resolución que se de a estas celdas) a las cuales se asignan los atributos de la superficie de terreno encerrada por la celda.

La referida en último lugar es la más recomendable para el estudio de datos que varían de forma continua en el espacio, como es el caso de la precipitación, permitiendo un mayor poder analítico aprovechando la potencialidad de las operaciones matriciales.

Los SIG matriciales organizan la información existente en capas unitarias, cada una de las cuales contiene los datos de un determinado tipo en todas las celdas del mallado considerado. En el presente estudio, las capas de información de interés corresponden a los valores numéricos de las siguientes características pluviométricas: valor medio \bar{P} , coeficiente de variación C_v , cuantiles regionales Y_t y cuantiles locales X_t .

Este conjunto de información espacial debe geo-referenciarse, es decir localizarse respecto a un sistema conocido de coordenadas. La geo-referenciación adoptada, que cubre la totalidad del territorio peninsular, ha consistido en:

- Sistema de referencia: coordenadas UTM referidas al huso 30
- Unidades de referencia: metros
- Coordenadas de los bordes inferiores (y_{min}), superior (y_{max}), izquierdo (x_{min}) y derecho (x_{max}) de la malla considerada.

$$\begin{array}{ll} x_{\min} = & -116250 & x_{\max} = & 1161250 \\ y_{\min} = & 3893750 & y_{\max} = & 4971250 \end{array}$$

El anterior sistema de referencia, junto con la resolución espacial adoptada de 2500 m x 2500 m, define una matriz de 511 columnas y 431 filas y permite situar geográficamente el valor numérico asignado a cada celda.

Las capas de información pluviométrica obtenidas han sido las siguientes:

a) Valor medio \bar{P}

La metodología para el análisis espacial de la variable \bar{P} ha conducido a su estimación en los puntos de un mallado coincidente con el adoptado y que queda guardado en el archivo CALPM.DIR que acompaña este libro.

b) Coeficiente de variación C_v

El mapa de Isolíneas de C_v fue obtenido mediante una interpolación espacial en una malla por el método del inverso de la distancia al cuadrado. Los datos empleados para la interpolación fueron las 1545 estaciones “básicas” a las que se asigna el C_v regional correspondiente.

Este mismo proceso, pero sobre una malla idéntica a la adoptada en \bar{P} , ha permitido la obtención de la capa de información del C_v . Este campo se suministra en el archivo CALCV.DIR que acompaña esta publicación.

5 CONSULTA DE RESULTADOS MEDIANTE EL EMPLEO DE UNA APLICACIÓN INFORMÁTICA

La obtención de las capas de información anteriores ha permitido emplear fácilmente algunas de las múltiples aplicaciones que ofrecen estas herramientas para desarrollar la aplicación MAXPLU, cuya instalación y utilización se describen más adelante en la guía práctica de este trabajo. En particular se pueden obtener:

a) Cuantiles regionales Y_t (también denominados Factores de Amplificación K_T en el “Mapa para el Cálculo de Máximas Precipitaciones Diarias en la España Peninsular” de 1997)

La relación que la función SQR-ET max establece entre el C_v y los valores Y_t ha sido empleada para obtener, a partir de la capa del C_v , las capas de cuantiles regionales.

b) Cuantiles locales X_t (P_T en el “Mapa para el Cálculo de Máximas Precipitaciones Diarias en la España Peninsular” de 1997)

Una vez obtenidas las capas correspondientes al valor medio \bar{P} y los cuantiles regionales Y_t , sólo resta efectuar el producto para obtener los cuantiles locales X_t .

6 GUÍA PRÁCTICA DE TRABAJO PARA LA ESTIMACIÓN DE CUANTILES DE MÁXIMAS LLUVIAS DIARIAS EN LA ESPAÑA PENINSULAR

Se describe a continuación la metodología a emplear para la obtención de resultados prácticos en el cálculo de cuantiles de lluvia para diferentes periodos de retorno, en puntos de la España peninsular.

El cálculo de estos cuantiles se plantea aquí mediante la utilización de dos métodos:

- A partir de mapas, incluidos en el anejo 1, en los que se representan, para la España peninsular, los valores del coeficiente de variación C_v y del valor medio \bar{P} .
- Mediante la utilización de un programa informático que se incluye también en el presente documento.

7 ESTIMACIÓN DE CUANTILES PARA DISTINTOS PERIODOS DE RETORNO, MEDIANTE EL USO DE MAPAS DE REPRESENTACIÓN DEL COEFICIENTE DE VARIACIÓN C_v Y DEL VALOR MEDIO \bar{P} DE LA MÁXIMA PRECIPITACIÓN DIARIA ANUAL

7.1 METODOLOGÍA

En el anejo 1 se incluyen una serie de mapas en los que se representan tanto las Isolíneas del coeficiente de variación C_v como las del valor medio \bar{P} de la máxima precipitación diaria anual.

La base de representación es la serie 4C del Servicio Geográfico del Ejército (escala original 1:400.000) que ha conducido a 25 planos reducidos a tamaño A-3 (escala real 1:800.000) y referidos a un sistema de coordenadas UTM transformadas al huso 30.

En los planos se ha representado también, y con objeto de servir de ayuda a la localización del punto en el que se va a realizar la obtención de los cuantiles, la red hidrográfica obtenida a partir de la base de datos 1:1.000.000 del Instituto Geográfico Nacional y la red de carreteras y poblaciones.

Parte de la información contenida en estas capas ha sido simplificada con objeto de facilitar la lectura del coeficiente de variación C_v y la del valor medio, \bar{P} buscándose, en todo caso, la presencia de suficientes referencias geográficas que ayuden a la localización en el plano del punto o puntos donde se vayan a realizar los cálculos.

El proceso operativo de obtención de los cuantiles para distintos periodos de retorno a partir de estos mapas es el siguiente:

- 1) Localización en los planos del punto geográfico deseado.
- 2) Estimación mediante las Isolíneas representadas del coeficiente de variación C_v y del valor medio \bar{P} de la máxima precipitación diaria anual.
- 3) Para el periodo de retorno deseado T y el valor de C_v , obtención del cuantil regional Y_t (también denominado “Factor de Amplificación K_T ” en el “Mapa para el Cálculo de Máximas Precipitaciones Diarias en la España Peninsular” de 1997), mediante la figura 3.3 o el uso de la tabla 7.1.
- 4) Realizar (según se recoge en la expresión 3.1) el producto del cuantil regional Y_t por el valor medio \bar{P} obteniéndose X_t , es decir, el cuantil local buscado (también denominado P_T en el “Mapa para el Cálculo de Máximas Precipitaciones Diarias en la España Peninsular” de 1997)

7.2 EJEMPLO DE APLICACIÓN

Determinación de las precipitaciones diarias máximas en las localidades que se citan, para los periodos de retorno especificados.

LOCALIDAD	PERIODO DE RETORNO (T) EN AÑOS
• MADRID	25
• BARCELONA	100
• A CORUÑA	50

C_v	PERIODO DE RETORNO EN AÑOS (T)							
	2	5	10	25	50	100	200	500
0.30	0.935	1.194	1.377	1.625	1.823	2.022	2.251	2.541
0.31	0.932	1.198	1.385	1.640	1.854	2.068	2.296	2.602
0.32	0.929	1.202	1.400	1.671	1.884	2.098	2.342	2.663
0.33	0.927	1.209	1.415	1.686	1.915	2.144	2.388	2.724
0.34	0.924	1.213	1.423	1.717	1.930	2.174	2.434	2.785
0.35	0.921	1.217	1.438	1.732	1.961	2.220	2.480	2.831
0.36	0.919	1.225	1.446	1.747	1.991	2.251	2.525	2.892
0.37	0.917	1.232	1.461	1.778	2.022	2.281	2.571	2.953
0.38	0.914	1.240	1.469	1.793	2.052	2.327	2.617	3.014
0.39	0.912	1.243	1.484	1.808	2.083	2.357	2.663	3.067
0.40	0.909	1.247	1.492	1.839	2.113	2.403	2.708	3.128
0.41	0.906	1.255	1.507	1.854	2.144	2.434	2.754	3.189
0.42	0.904	1.259	1.514	1.884	2.174	2.480	2.800	3.250
0.43	0.901	1.263	1.534	1.900	2.205	2.510	2.846	3.311
0.44	0.898	1.270	1.541	1.915	2.220	2.556	2.892	3.372
0.45	0.896	1.274	1.549	1.945	2.251	2.586	2.937	3.433
0.46	0.894	1.278	1.564	1.961	2.281	2.632	2.983	3.494
0.47	0.892	1.286	1.579	1.991	2.312	2.663	3.044	3.555
0.48	0.890	1.289	1.595	2.007	2.342	2.708	3.098	3.616
0.49	0.887	1.293	1.603	2.022	2.373	2.739	3.128	3.677
0.50	0.885	1.297	1.610	2.052	2.403	2.785	3.189	3.738
0.51	0.883	1.301	1.625	2.068	2.434	2.815	3.220	3.799
0.52	0.881	1.308	1.640	2.098	2.464	2.861	3.281	3.860

Tabla 7.1 - Cuantiles Y_t , de la Ley SQRT-ET max, también denominados Factores de Amplificación K_T , en el "Mapa para el Cálculo de Máximas Precipitaciones Diarias en la España Peninsular" (1997).

Para la obtención de los cuantiles para un determinado punto utilizando los planos de representación, se deben de seguir los pasos inmediatamente referidos.

1) Localización en los planos del punto geográfico deseado

Con las coordenadas del punto se identifica en el plano director la hoja de la serie 4C, donde se efectuará la consulta de los valores de media \bar{P} y coeficiente de variación C_v .

PUNTO DESEADO	HORA SERIE 4C
• MADRID	3-3
• BARCELONA	5-2
• A CORUÑA	1-1

2) Estimación del valor medio \bar{P} de la máxima precipitación diaria anual y del coeficiente de variación C_v mediante las isólineas representadas

Con las coordenadas de los puntos podemos definir los valores \bar{P} y C_v , obteniéndose éstos por interpolación entre curvas en caso necesario

PUNTO	\bar{P} (mm/día)	C_v
• MADRID	36	0,34
• BARCELONA	68	0,46
• A CORUÑA	45	0,35

3) Obtención del cuantil regional Y_t mediante la figura 3.3, o la tabla 7.1.

A partir del valor C_v y para el periodo de retorno buscado (T) se obtiene el cuantil adimensional regional usando la tabla 7.1, o bien consultando la figura 3.3.

PUNTO DESEADO	C_v	T (años)	Y_t
• MADRID	0,34	25	1,717
• BARCELONA	0,46	100	2,632
• A CORUÑA	0,35	50	1,961

4) Obtención del cuantil local X_t

Con los valores del cuantil regional Y_t y el valor medio \bar{P} , se obtiene el cuantil local como producto de ambos (según la expresión 3.1):

$$X_t = Y_t \cdot \bar{P}$$

PUNTO DESEADO	\bar{P} (mm/día)	Y_t	T (años)	$X_t = Y_t \cdot \bar{P}$ (mm/día)
• MADRID	36	1,717	25	62
• BARCELONA	68	2,632	100	179
• A CORUÑA	45	1,961	50	88

8 ESTIMACIÓN DE CUANTILES PARA DISTINTOS PERIODOS DE RETORNO MEDIANTE EL USO DE LA APLICACIÓN MAXPLU

8.1 FINALIDAD

La aplicación MAXPLU dispone de las siguientes posibilidades generales para el análisis de máximas lluvias diarias en la España peninsular:

- Obtención del valor medio de la máxima precipitación diaria anual \bar{P} y del Coeficiente de Variación C_v
- Estimación de la precipitación diaria máxima correspondiente a diferentes periodos de retorno, partiendo del valor de su media y su coeficiente de variación, asumiendo una distribución SQRT-ET max.

Para ambas posibilidades se parte de coordenadas geográficas o coordenadas UTM referidas a los husos 29, 30 ó 31.

8.2 CARACTERÍSTICAS GENERALES E INSTALACIÓN

En el presente documento se adjunta un CD en donde se suministra esta publicación, en formato digital, y la aplicación MAXPLU, dentro de los subdirectorios DISK1 y DISK2 del directorio SUMINISTRO. A continuación se indica como instalarla.

INSTALACIÓN

Para proceder a la instalación propiamente dicha, habrá de lanzarse el comando de instalación **SETUP.EXE**, ubicado en \SUMINISTRO\DISK1, el proceso solicitará del usuario la elección del directorio destino. Se aconseja usar los valores por defecto.

Los elementos básicos contenidos en la aplicación, son los ficheros y programas que a continuación se indican

PROGRAMAS:

- MAXPLUWIN.EXE:** Programa ejecutable en entorno Windows, que proporciona para cada punto geográfico de la España peninsular el valor medio de la precipitación diaria máxima anual, el del coeficiente de variación y el de la precipitación diaria máxima correspondiente al periodo de retorno solicitado.
- MAXPLU.EXE:** Programa ejecutable que controla la interface de la aplicación y las distintas opciones de la misma.
- LLUVIA.BAT:** Permite la ejecución del proceso completo MAXPLU.EXE desde una aplicación Windows.
- PLUMAX.EXE:** Programa ejecutable para la obtención del valor medio de la precipitación diaria máxima anual y del coeficiente de variación que gestiona las llamadas a las rutinas/programas de transformación de coordenadas, y del cálculo de la precipitación diaria pedida.
- UTM30L.EXE:** Programa ejecutable que realiza la transformación de coordenadas geográficas referidas al meridiano de Greenwich en coordenadas U.T.M del huso 30.
- UTMGEO.L.EXE:** Programa ejecutable que transforma coordenadas U.T.M en coordenadas geográficas referidas al meridiano de Greenwich.
- CALXL.EXE:** Programa ejecutable que obtiene la precipitación diaria máxima para un periodo de retorno dado, partiendo del valor medio de la precipitación diaria máxima anual y del coeficiente de variación correspondientes a un punto dado. Asume una ley de frecuencias SQRT-ET max.

Ficheros;

- CALCV.DIR:** Fichero binario que contiene los valores de los coeficientes de variación C_v para los distintos puntos de la España peninsular.

- CALCV.DOC: Fichero ASCII de documentación del fichero CALCV.DIR.
- CALPM.DIR: Fichero binario que contiene los valores medios de la precipitación diaria máxima anual \bar{P} para los distintos puntos de la España peninsular.
- CALPM.DOC: Fichero ASCII de documentación del fichero CALPM.DIR
- LEAME.TXT: Contiene comentarios e instrucciones sobre el uso de la aplicación.

8.3 FORMA DE EJECUCIÓN

Para ejecutar la aplicación, una vez situados en el directorio elegido por el usuario, se dispone de las siguientes opciones:

OPCIÓN Nº 1: VERSIÓN INTERACTIVA POR PANTALLA EN ENTORNO WINDOWS

Para su utilización deberá lanzarse la aplicación MAXPLUWIN.EXE, por el mismo procedimiento que cualquier aplicación Windows. Una vez en funcionamiento deberá elegirse el sistema de coordenadas a emplear, tecleándose a continuación, con el formato especificado en la propia pantalla, las coordenadas del punto requerido. Acto seguido deberá introducirse el periodo de retorno, y pulsar la opción "Calcular", tras de lo cuál la aplicación devolverá el valor medio de la máxima precipitación diaria anual, el coeficiente de variación y la precipitación diaria máxima para el periodo de retorno requerido.

Copia de los valores consultados y obtenidos en una misma sesión quedará guardada en el archivo SESSION.TXT. Como el archivo es borrado cada vez que se abre una nueva sesión, si se desea guardar dichos valores habrá que cambiar de nombre el antiguo archivo SESSION.TXT antes de comenzar una nueva sesión.

OPCIÓN Nº 2: MAXPLU<Fichero de salida>

Esta opción se activa de dos modos diferentes:

- a) Desde Windows, seleccionando en el directorio creado tras la instalación de la aplicación, el ejecutable MAXPLU.EXE
- b) Seleccionando dicho programa directamente desde DOS

Se introducen los datos requeridos por el programa, de tantos puntos como se desee, unos inmediatamente a continuación de otros, sin obtenerse resultados

directamente por pantalla. Se genera un fichero de salida con las respuestas requeridas, denominado por defecto CUANTIL, cuyo contenido se interpreta conforme a lo especificado al desarrollar la denominada opción 4 del presente apartado.

Para leer los datos del fichero CUANTIL, deberá utilizarse, un editor de textos tal como el EDIT del DOS, o el bloc de notas del Windows.

OPCIÓN Nº 3: MAXPLU <Coor1><Coor2><Huso><Período de Retorno>

Esta tercera opción al igual que las anteriores, obtiene los valores de Media \bar{P} , Coeficiente de variación C_v y precipitación máxima anual para los diferentes periodos de retorno, asumiendo una ley de frecuencia SQRT-ET max, con la diferencia de hacerlo para un sólo punto y presentándose el resultado en pantalla. La estructura de entrada del dato será la misma que la definida para el fichero de entrada de la opción 4 del presente apartado, es decir: Coordenada geográfica o UTM (en cuyo caso deberá especificarse el huso correspondiente), y Período de Retorno deseado, que si se deja en blanco da lugar a obtener los cuantiles para los periodos fijados por la aplicación.

OPCIÓN Nº 4: MAXPLU <Fichero de entrada><Fichero de salida>

Lanzable desde DOS, o desde cualquier aplicación que pueda llamar a programas externos. Permite obtener los valores de la media \bar{P} , el Coeficiente de variación C_v y los valores de precipitación para los diferentes periodos de retorno, asumiendo una ley de frecuencia SQRT-ET max para una serie de puntos definidos en un fichero de entrada que será generado por el usuario. Los resultados obtenidos se almacenarán en un fichero de salida cuyo nombre debe así mismo, ser definido por el usuario.

La estructura de estos ficheros es la siguiente:

Fichero de entrada:

Es un fichero ASCII que contiene tantos registros (líneas) como se desee, en cada una de ellas se definirá un punto, - bien sea en coordenadas geográficas o UTM, (en este último caso habrá de especificarse el huso) -, del que se pretende obtener el valor medio de la precipitación diaria máxima anual, el coeficiente de variación y el valor máximo de la precipitación diaria para el periodo de retorno dado. También es posible definir líneas de comentario precedidas por los caracteres: * ó ´ en cualquier registro. El contenido de los campos de cada línea es el siguiente:

Coordenada 1: coordenada X del huso correspondiente, o coordenada geográfica longitud, referida al meridiano de Greenwich, en grados minutos y segundos. Se advierte a este respecto que las coordenadas geográficas al Oeste de Greenwich, se especifican como negativas, y las situadas al Este como positivas.

- Coordenada 2:** coordenada Y del huso correspondiente, o en el caso de coordenada geográfica, latitud, en grados, minutos y segundos.
- Huso:** huso al que estén referidas las coordenadas UTM, precedido por la letra H. En el caso de coordenadas geográficas este campo estará en blanco.
- Período de retorno:** período de retorno, precedido de la letra "T", para la obtención de los cuantiles. Si este campo está en blanco los cuantiles obtenidos corresponden a los períodos fijados por la aplicación T2, T5, T10, T25, T50, T100, T200 Y T500,

Fichero de salida:

El programa genera un fichero de salida, (denominado CUANTIL por defecto), en formato ASCII en que cada registro o línea consta de los siguientes campos:

- Longitud:** coordenada geográfica referida al meridiano de Greenwich en grados, minutos y segundos (ggmmss), del punto definido en el fichero de entrada.
- Latitud:** coordenada geográfica en grados, minutos y segundos (ggmmss), del punto definido en el fichero de entrada.
- Media:** valor medio de la precipitación \bar{P} diaria máxima anual
- C_v:** valor del coeficiente de variación C_v.
- P_T:** cuantiles para los distintos períodos de retorno indicados en el fichero de entrada.

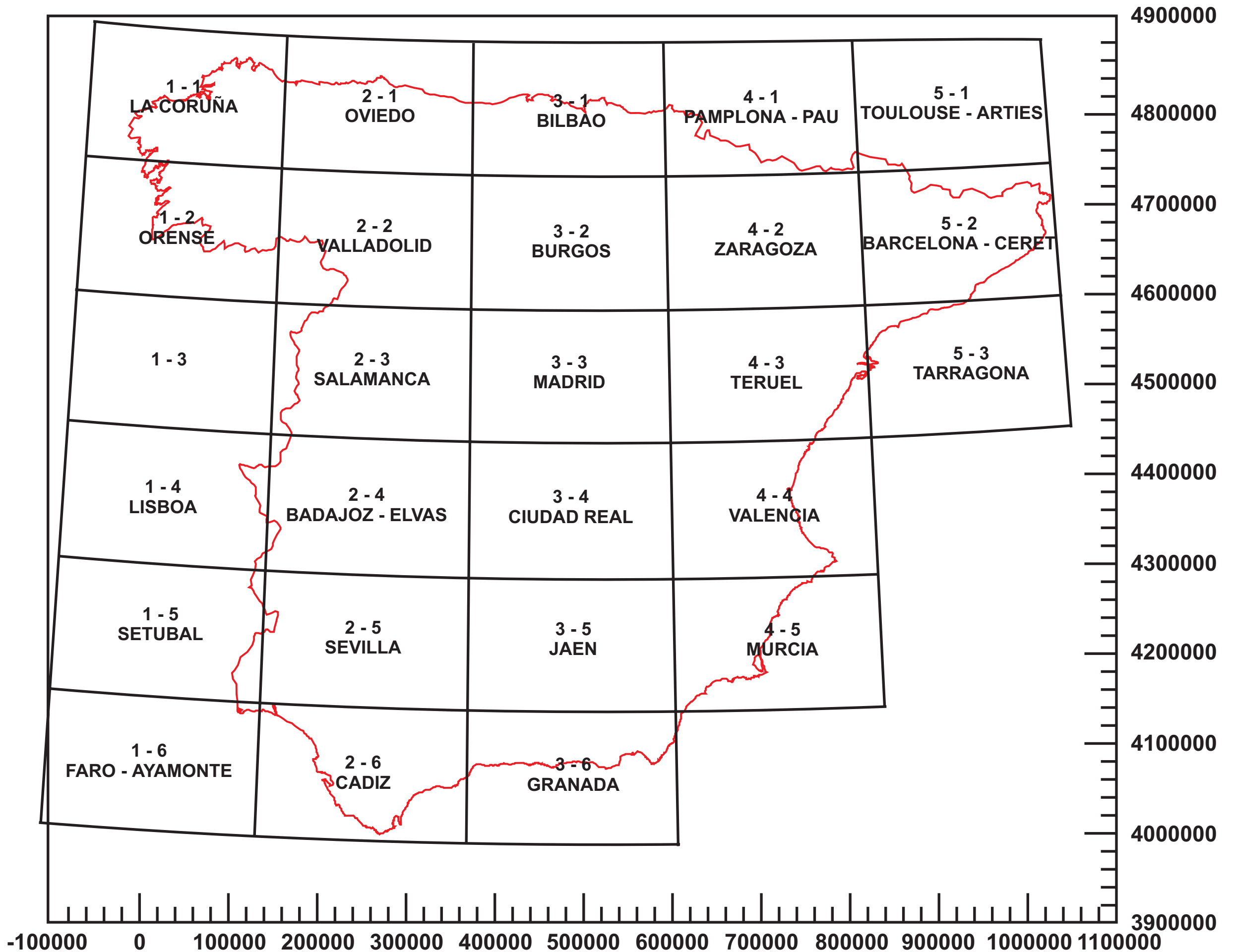
OBSERVACIÓN

Si debido a las características del ordenador empleado no pudiera hacerse uso de todas las opciones hasta aquí referidas, puede usarse la versión DOS del programa, para lo cual deberán copiarse en el ordenador los siguientes programas y archivos:

MAXPLU.EXE, PLUMAX.EXE, UTM30L.EXE, UTMGEOL.EXE, CALXL.EXE, CALCV.DIR, CALCV.DOC, CALPM.DIR, CALPM.DOC

podiendo utilizarse en este caso únicamente las opciones 2,3 y 4.

ANEJOS



COORDENADAS U.T.M. REFERIDAS AL HUSO 30

4887500

4807500

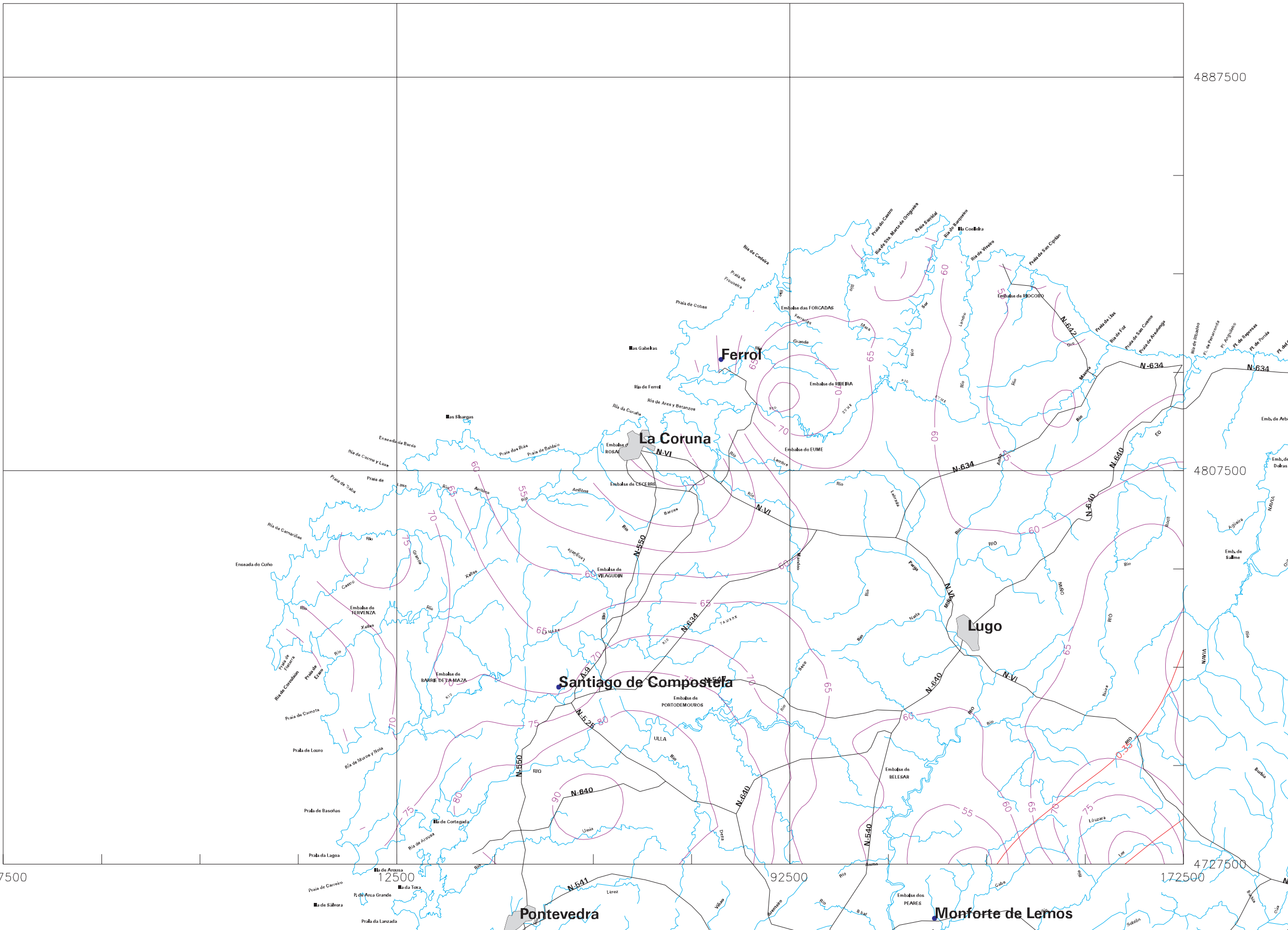
4727500

-67500

12500

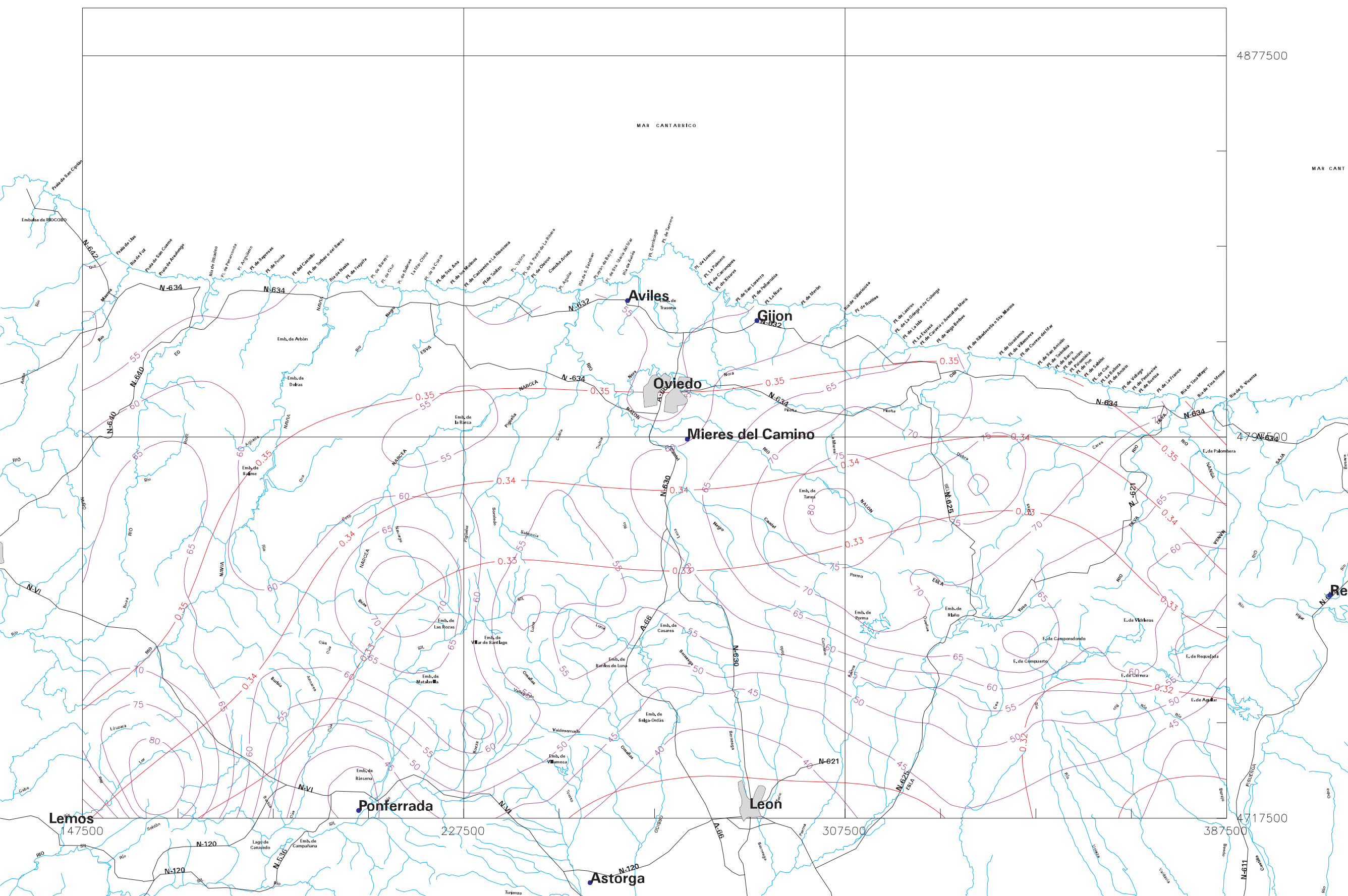
92500

172500



4877500

MAR CANTABRICO



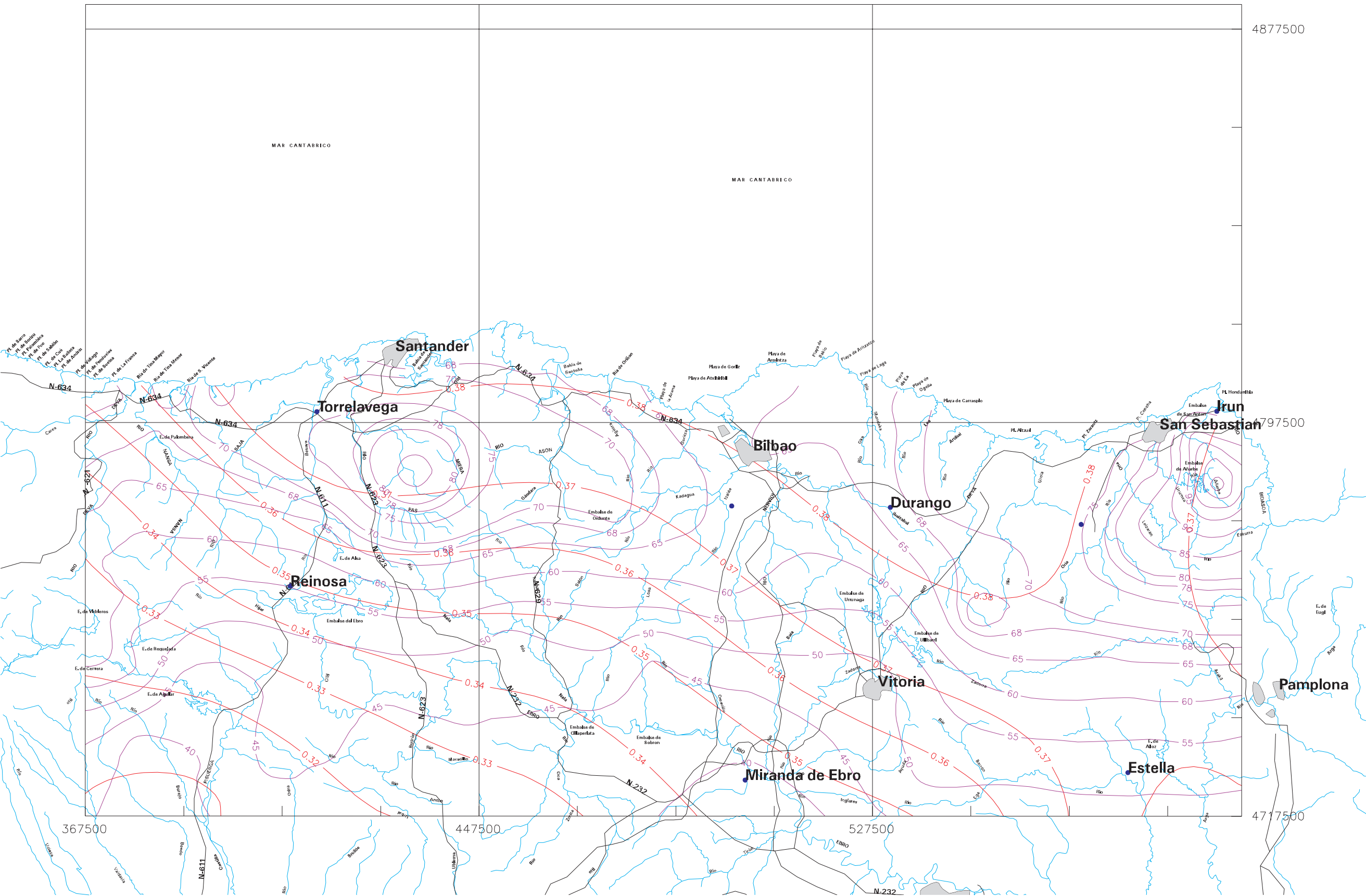
MAR CANT

4797500

MAR CANT

4717500

Astorga

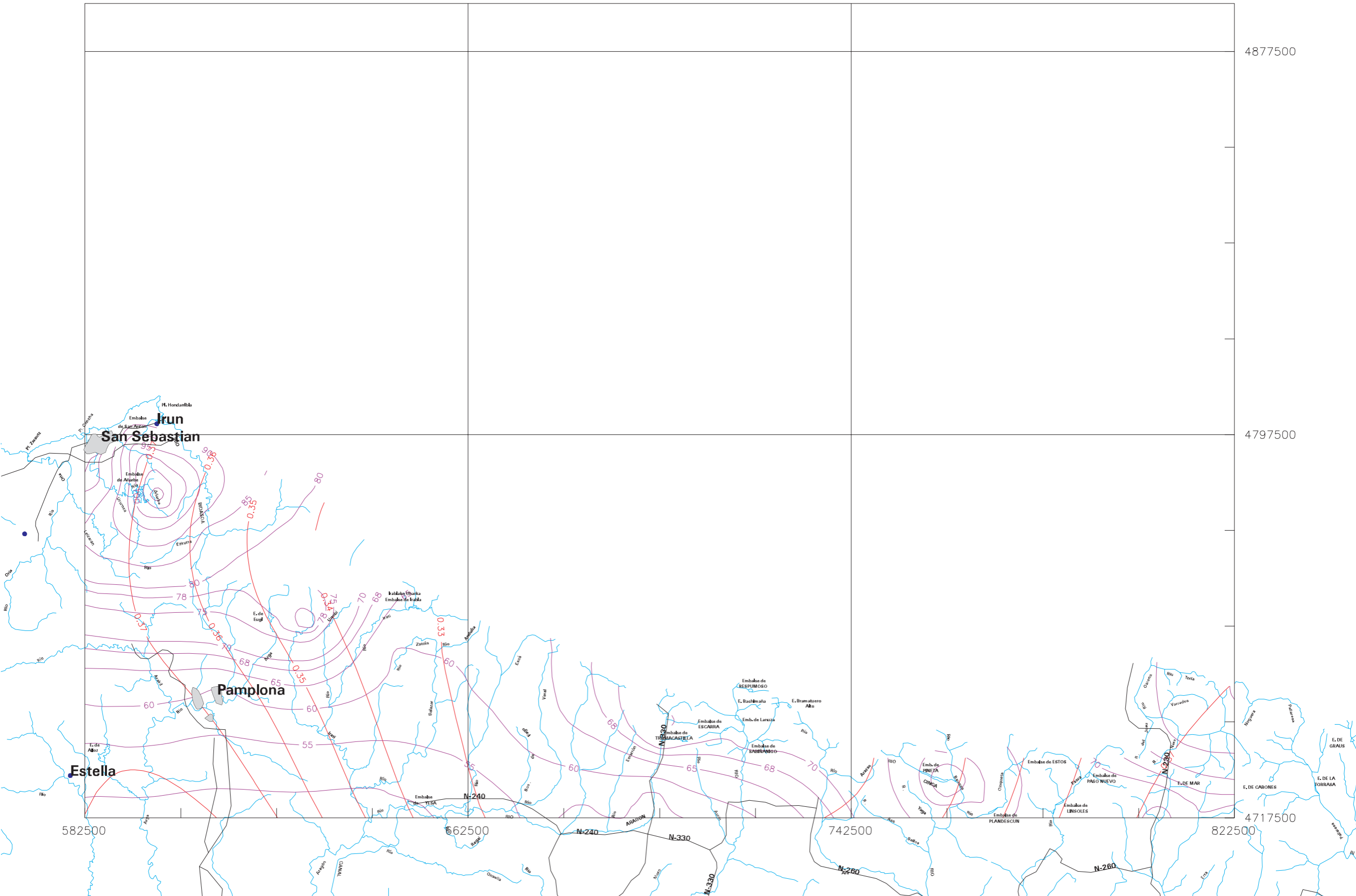


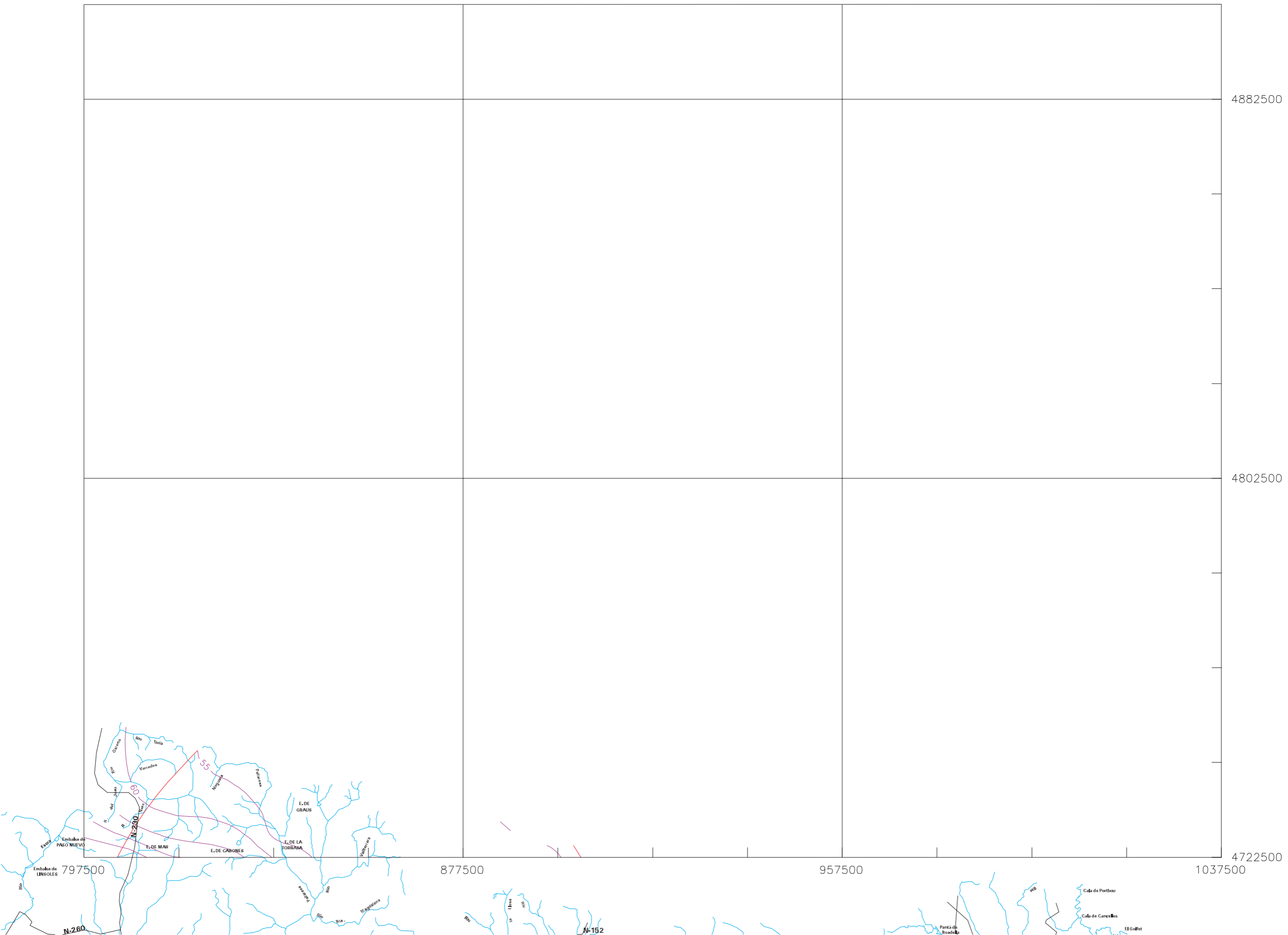
367500

447500

527500

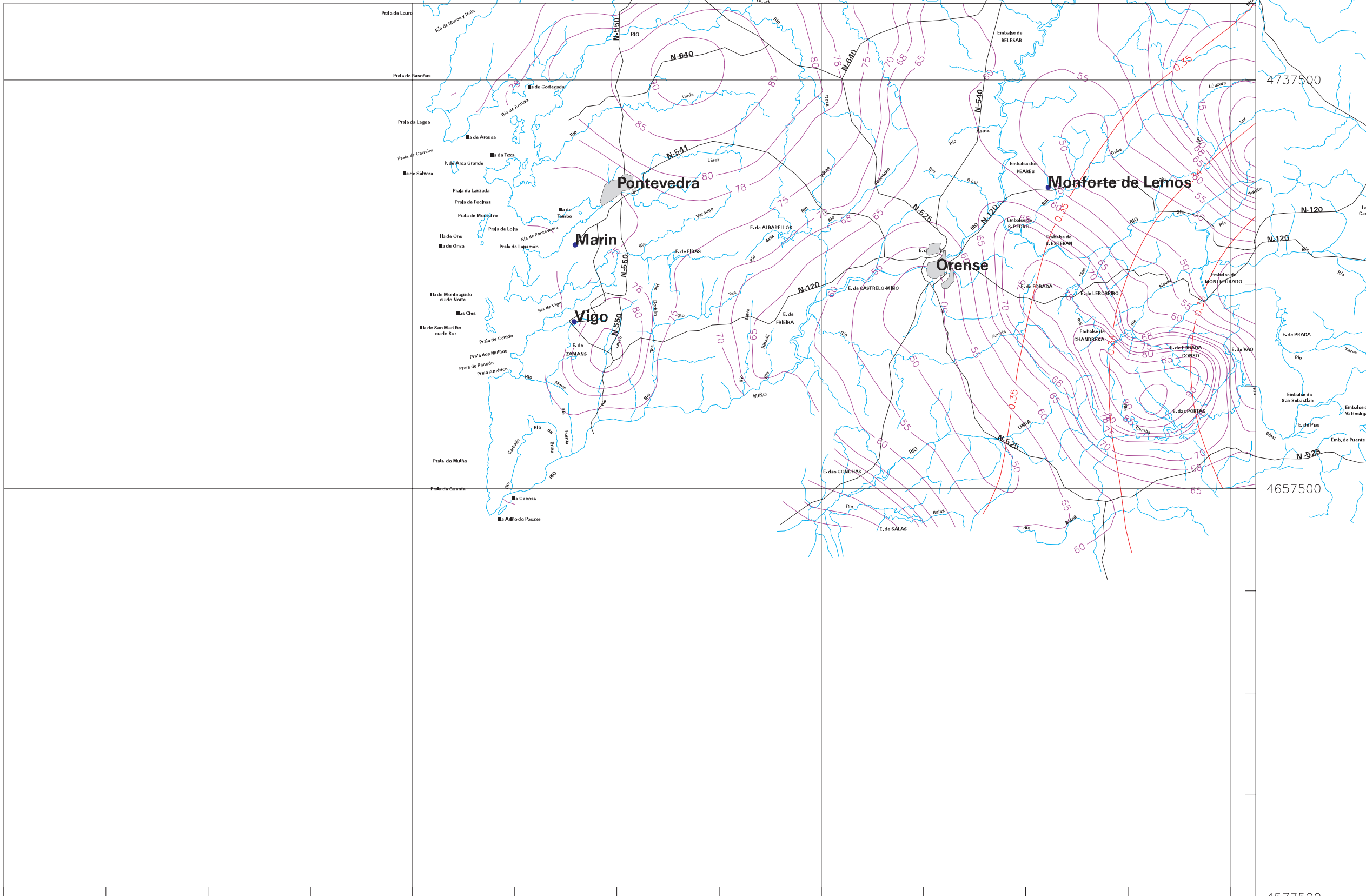
4717500



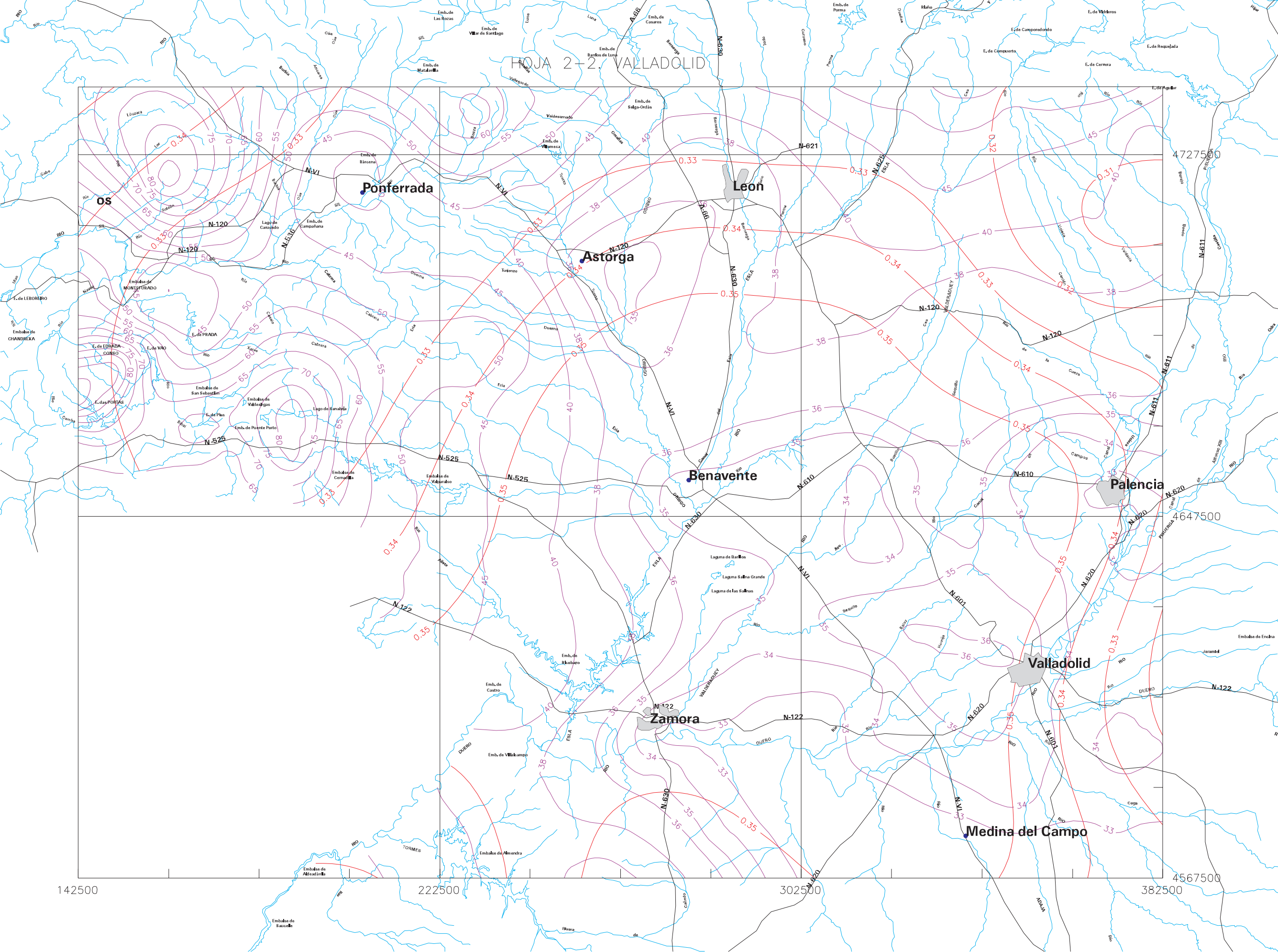


Santiago de Compostela

HOJA 1-2. ORENSE



HOJA 2+2 VALLADOLID



142500

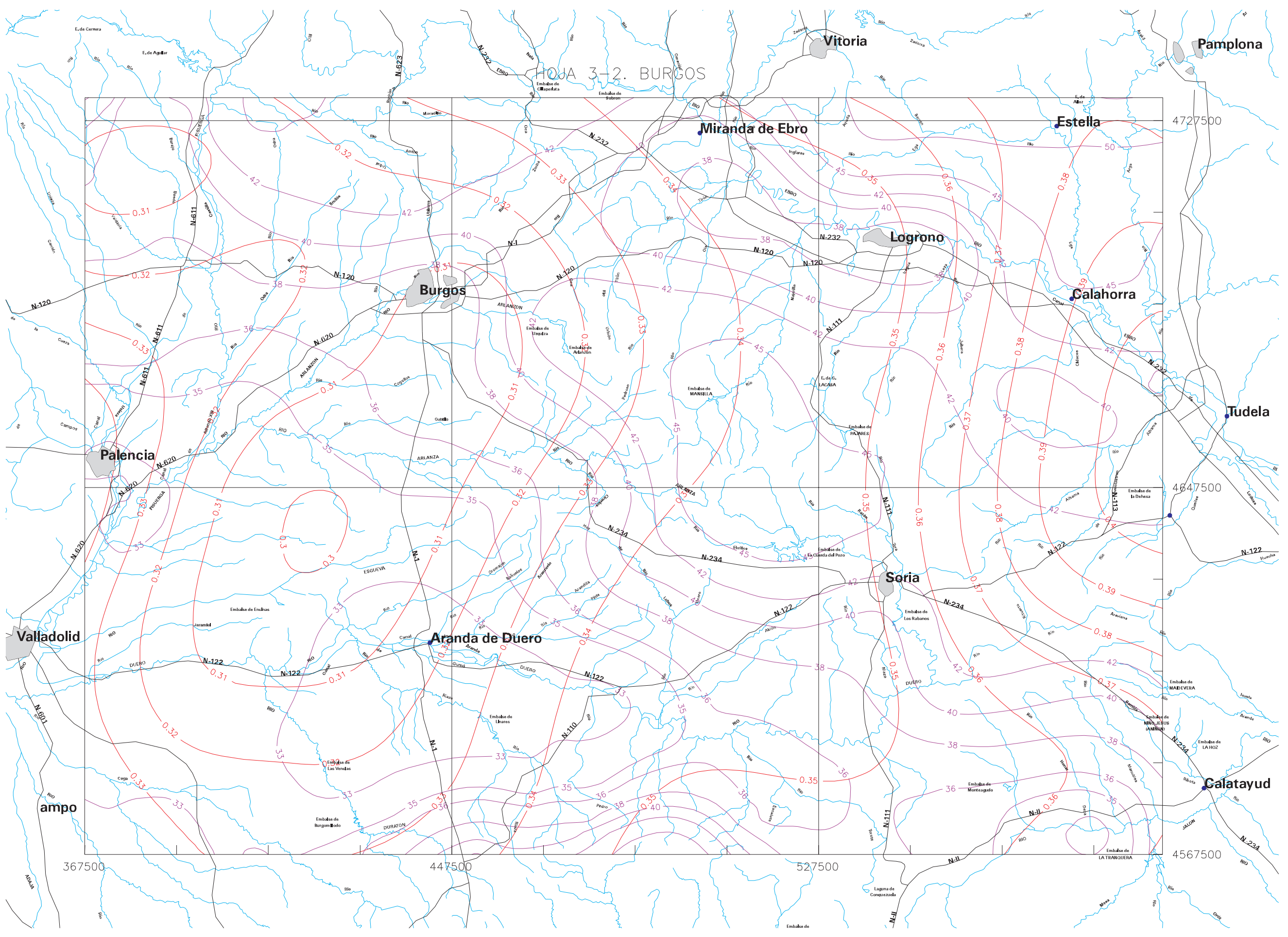
222500

302500

4567500

382500

HOJA 3+2. BURGOS



Vitoria

Pamplona

Miranda de Ebro

Estella

Logrono

Burgos

Calahorra

Tudela

Palencia

Soria

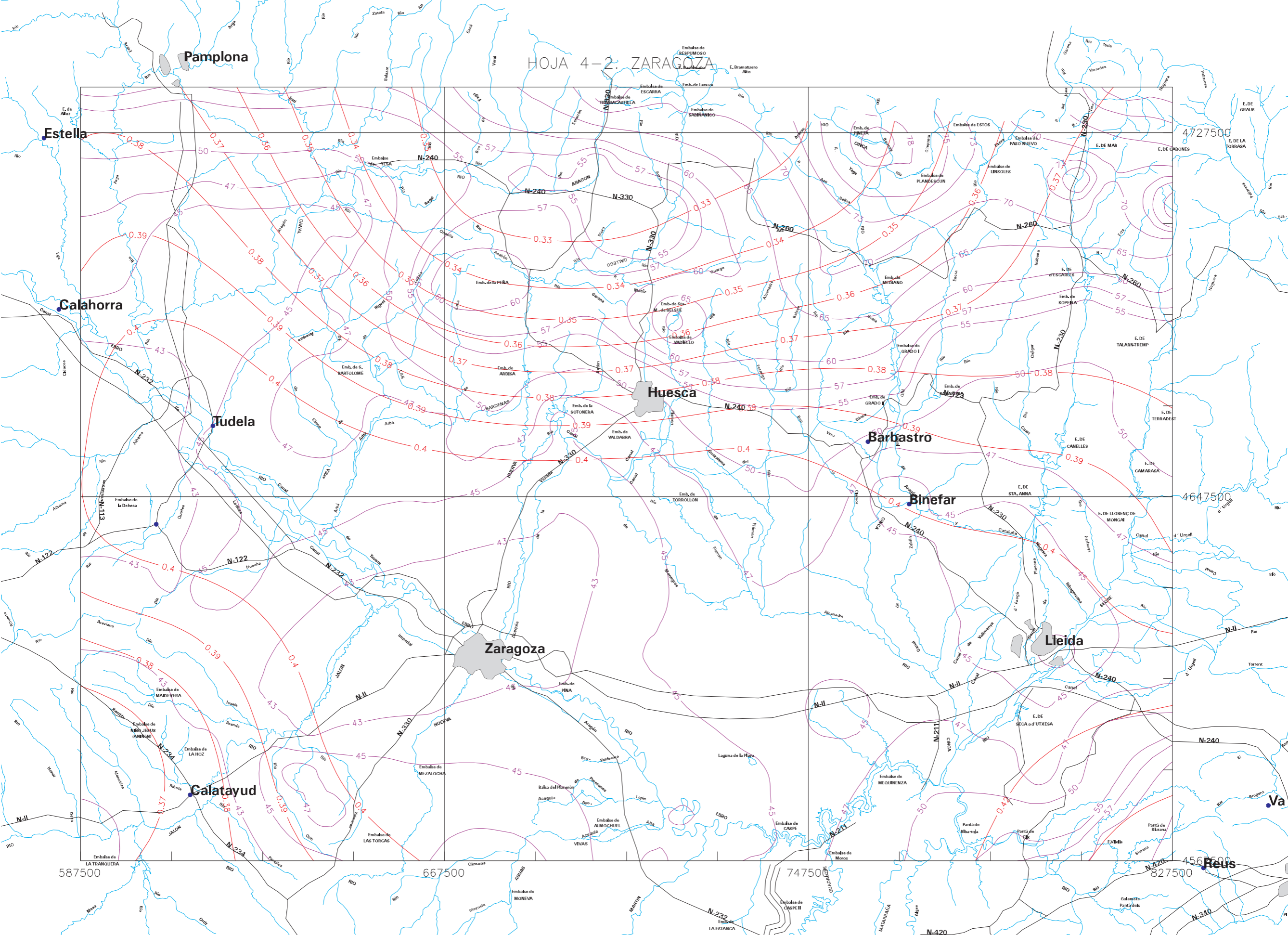
Valladolid

Aranda de Duero

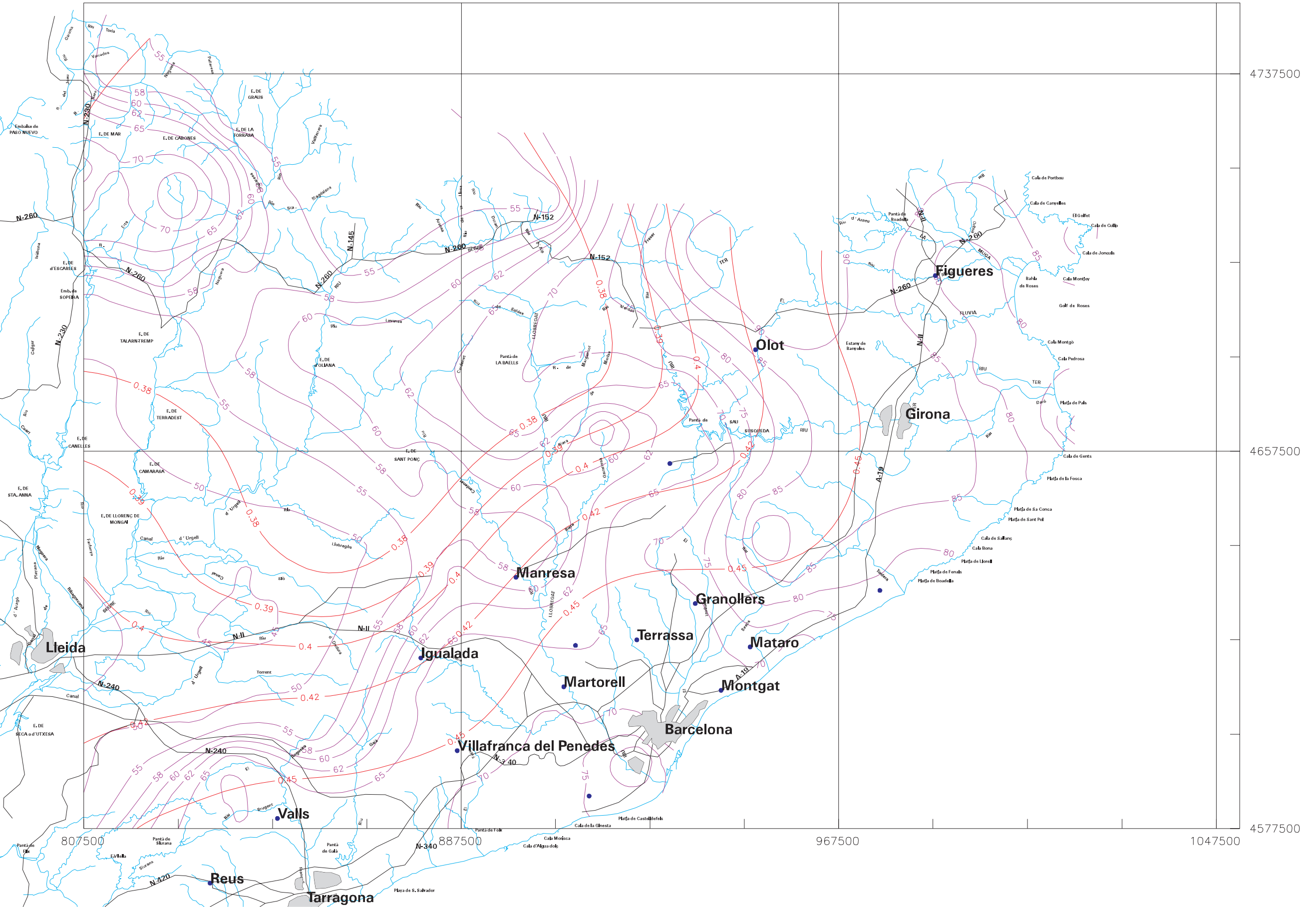
Galatayud

ampo

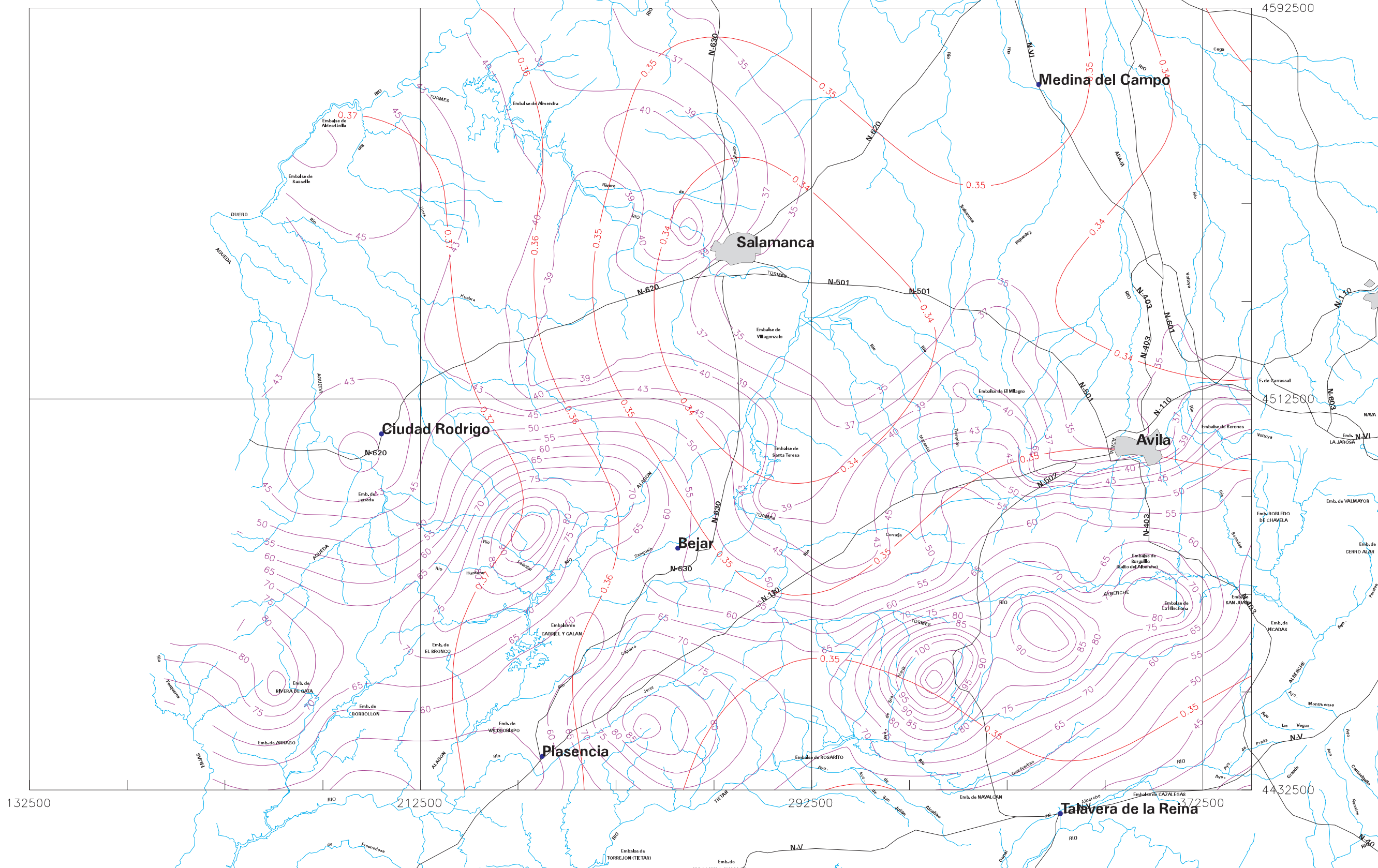
HOJA 4-2. ZARAGOZA



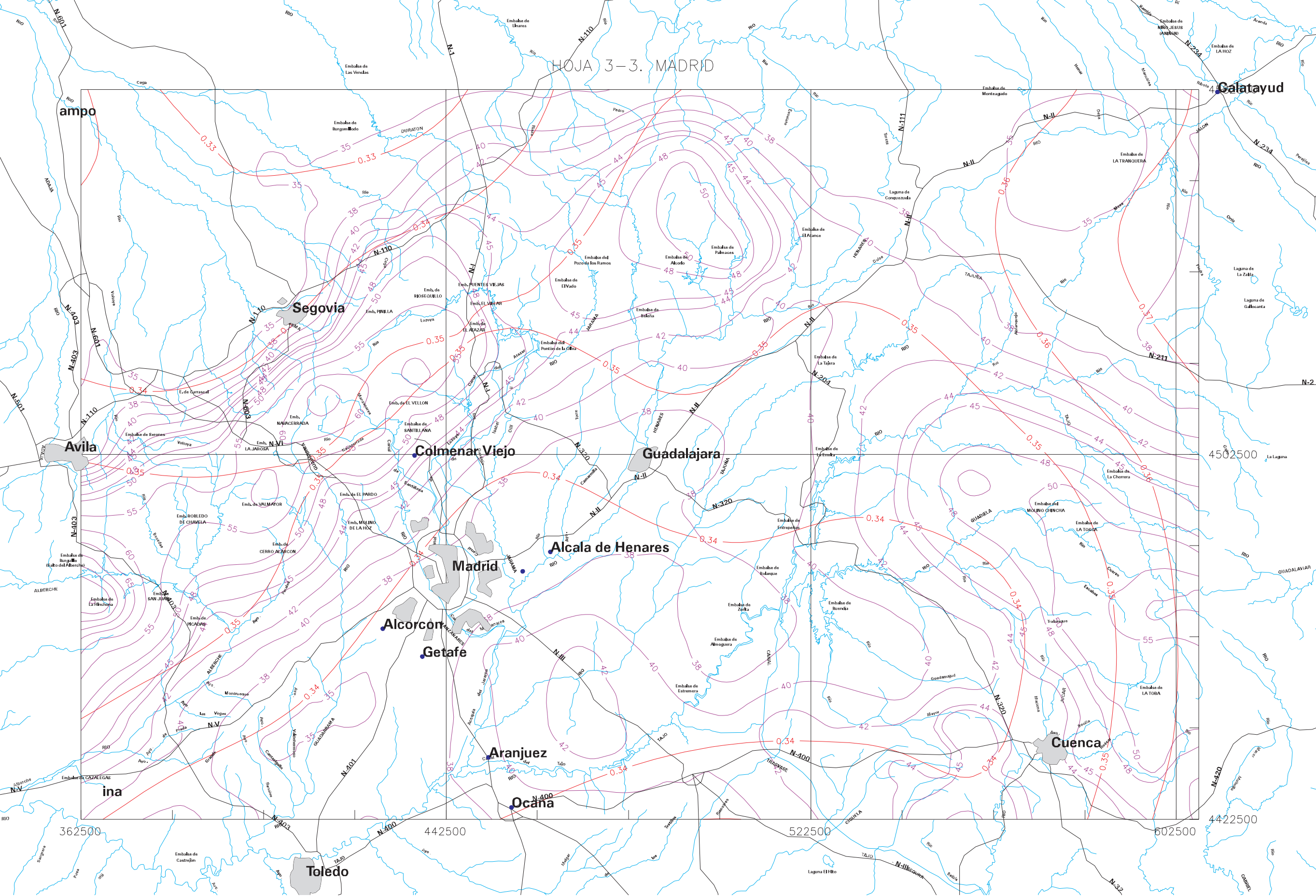
HOJA 5-2. BARCELONA-CERET



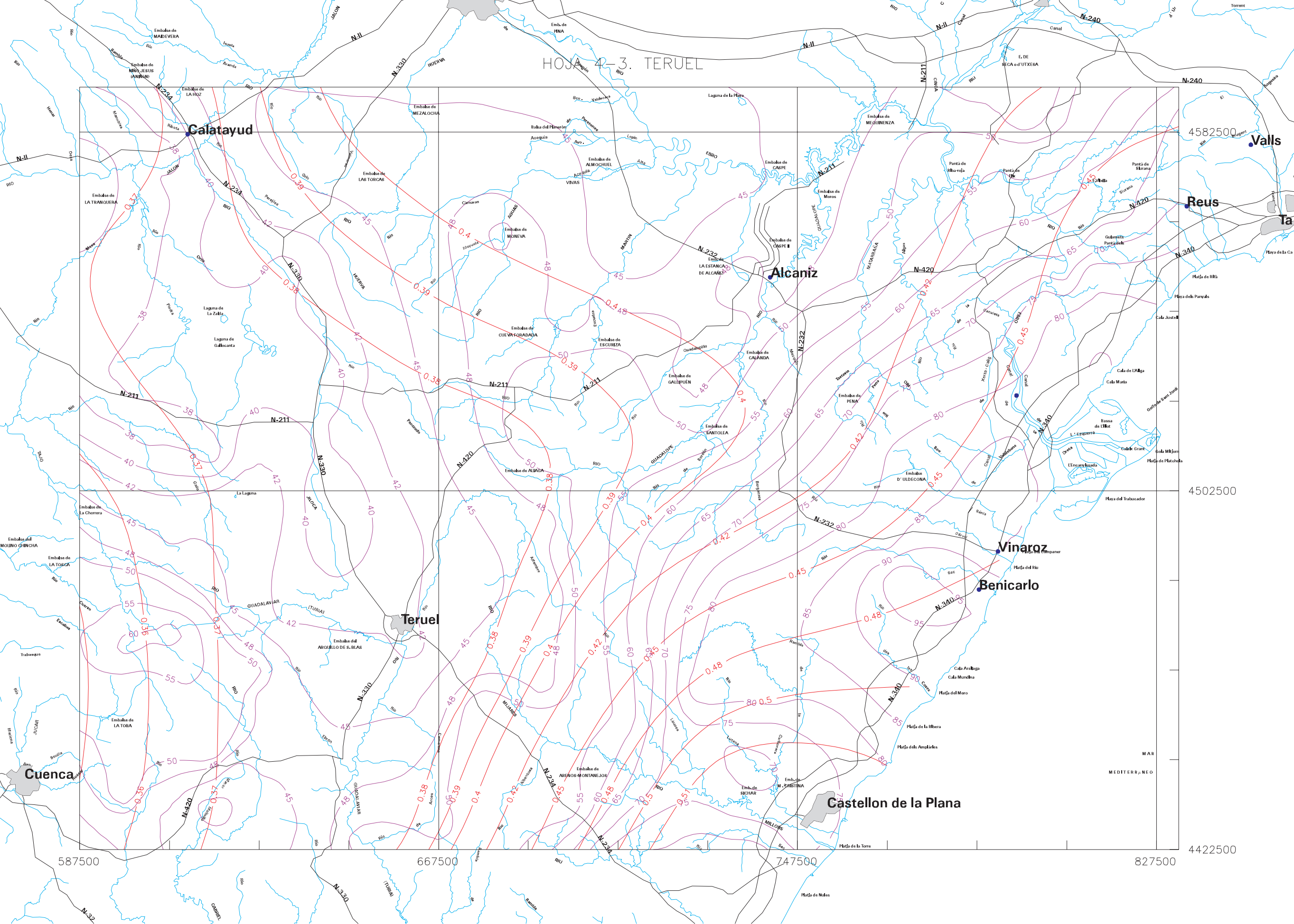
HOJA 2-3. SALAMANCA



HOJA 3-3. MADRID



HOJA 4-3. TERUEL



Calatayud

Alcaniz

Reus

Valls

Teruel

Vinaroz

Benicarlo

Castellon de la Plana

Cuenca

587500

667500

747500

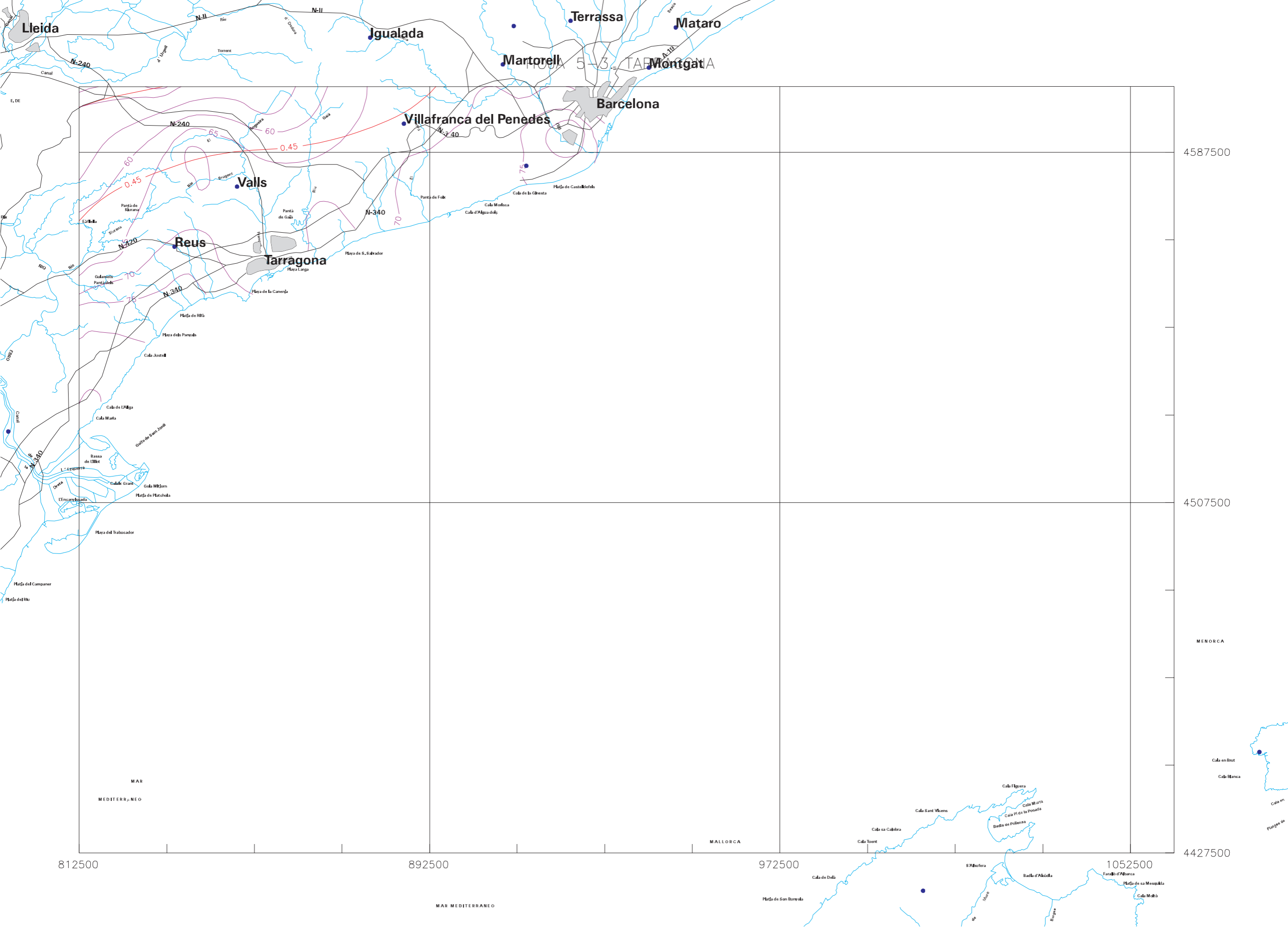
827500

4422500

4502500

4582500

MAR MEDITERRANEO



Lleida

Jgualada

Terrassa

Mataro

Martorell

Montgat

Barcelona

Villafranca del Penedes

Valls

Reus

Tarragona

4587500

4507500

MENORCA

4427500

812500

892500

972500

1052500

MAR MEDITERRANEO

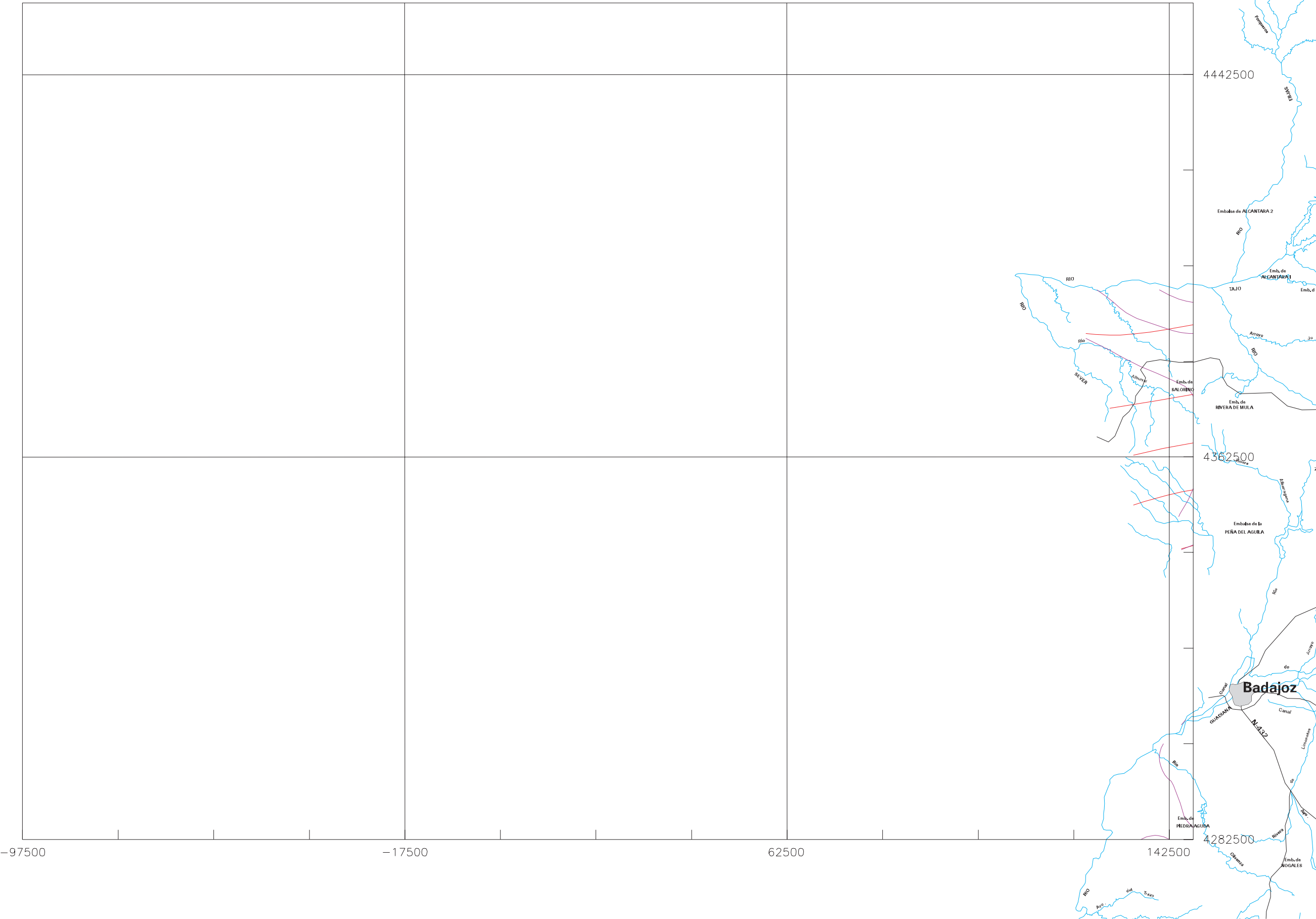
MALLORCA

MAR
MEDITERRANEO

Cala en Brut
Cala Blanca

Cala Figuera
Cala Murta
Cala Pi de la Posada
Baia de Pollensa
Cala Sant Vicens
Cala sa Calobra
Cala Tuset
Cala de Dala
Platja de Son Burreyda
S'Arauler
Baia d'Alcudia
Fornells d'Albarca
Platja de sa Mesquida
Cala Molis
Baia de Pollensa
Cala Pi de la Posada
Cala Murta
Cala Sant Vicens
Cala sa Calobra
Cala Tuset
Cala de Dala
Platja de Son Burreyda

HOJA 1-4. LISBOA



HOJA 2-4. BADAJOZ-ELVAS

Plasencia

Taboera de la Reina

Caceres

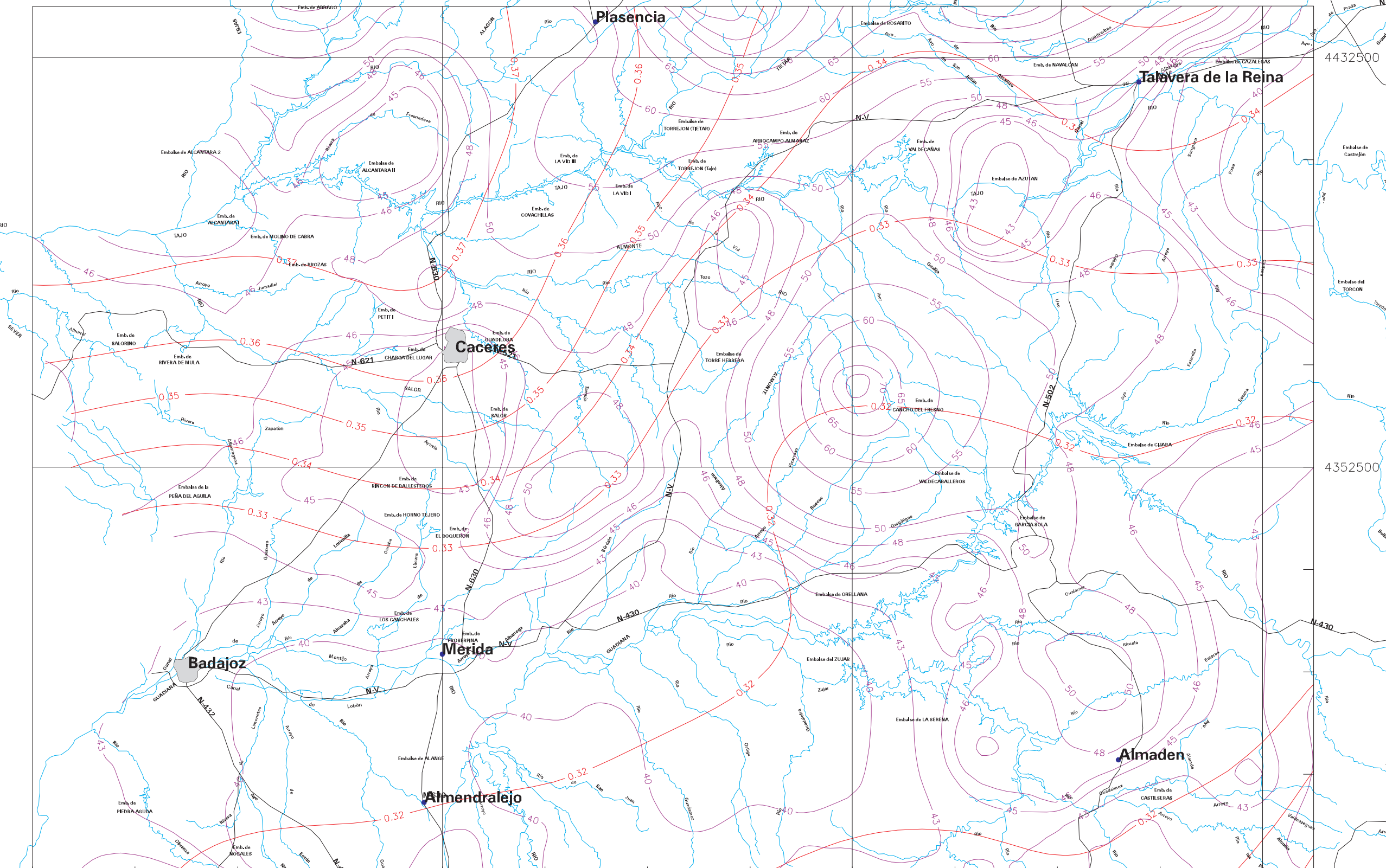
Badajoz

Merida

Almaden

Almendralejo

Zafra



4432500

4352500

127500

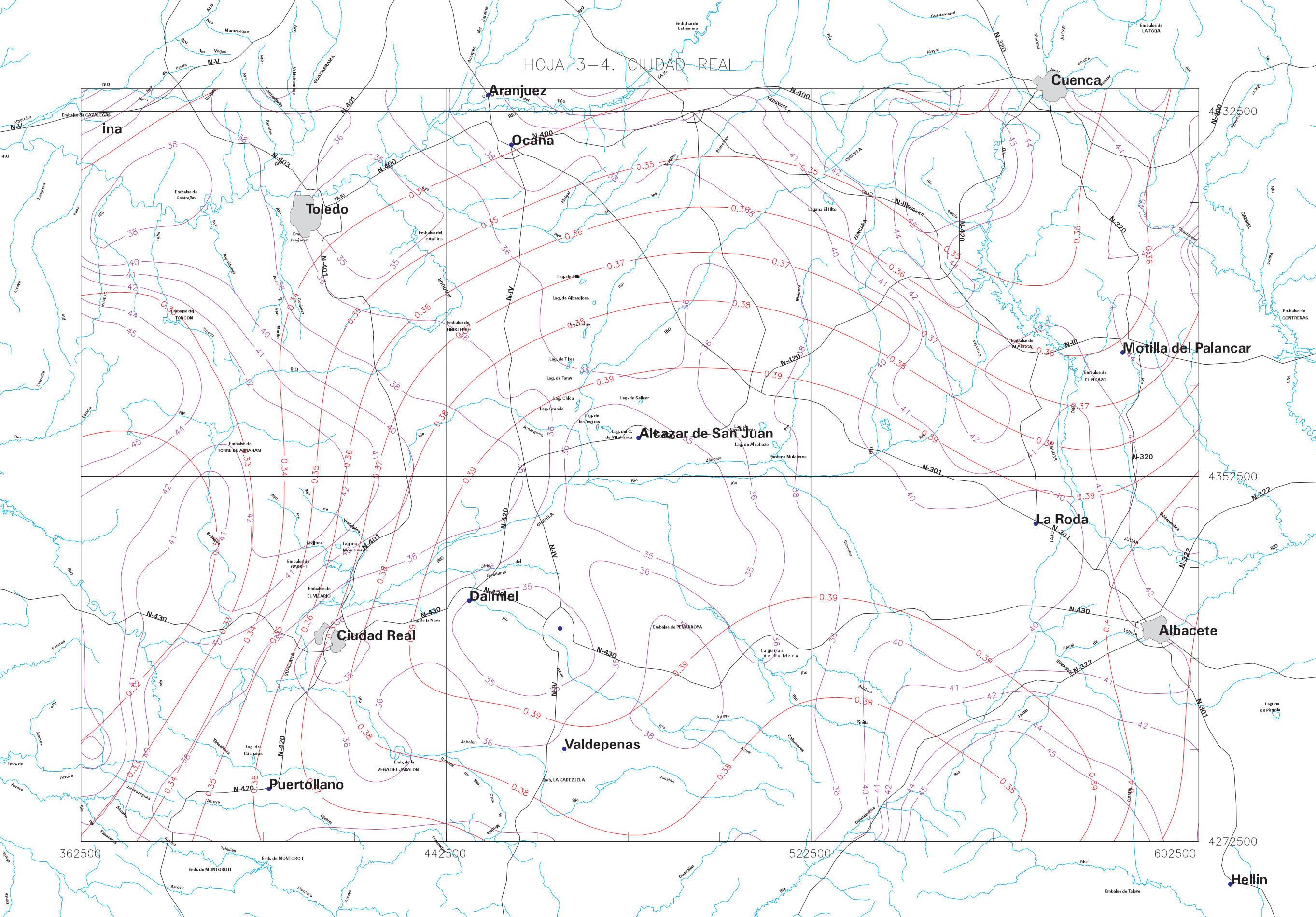
207500

287500

367500

4472500

HOJA 3-4. CIUDAD REAL



ina

Cuenca

Aranjuez

Ocana

Toledo

Motilla del Palancar

Alcazar de San Juan

La Roda

Albacete

Ciudad Real

Daimiel

Valdepenas

Puertollano

Hellin

362500

442500

522500

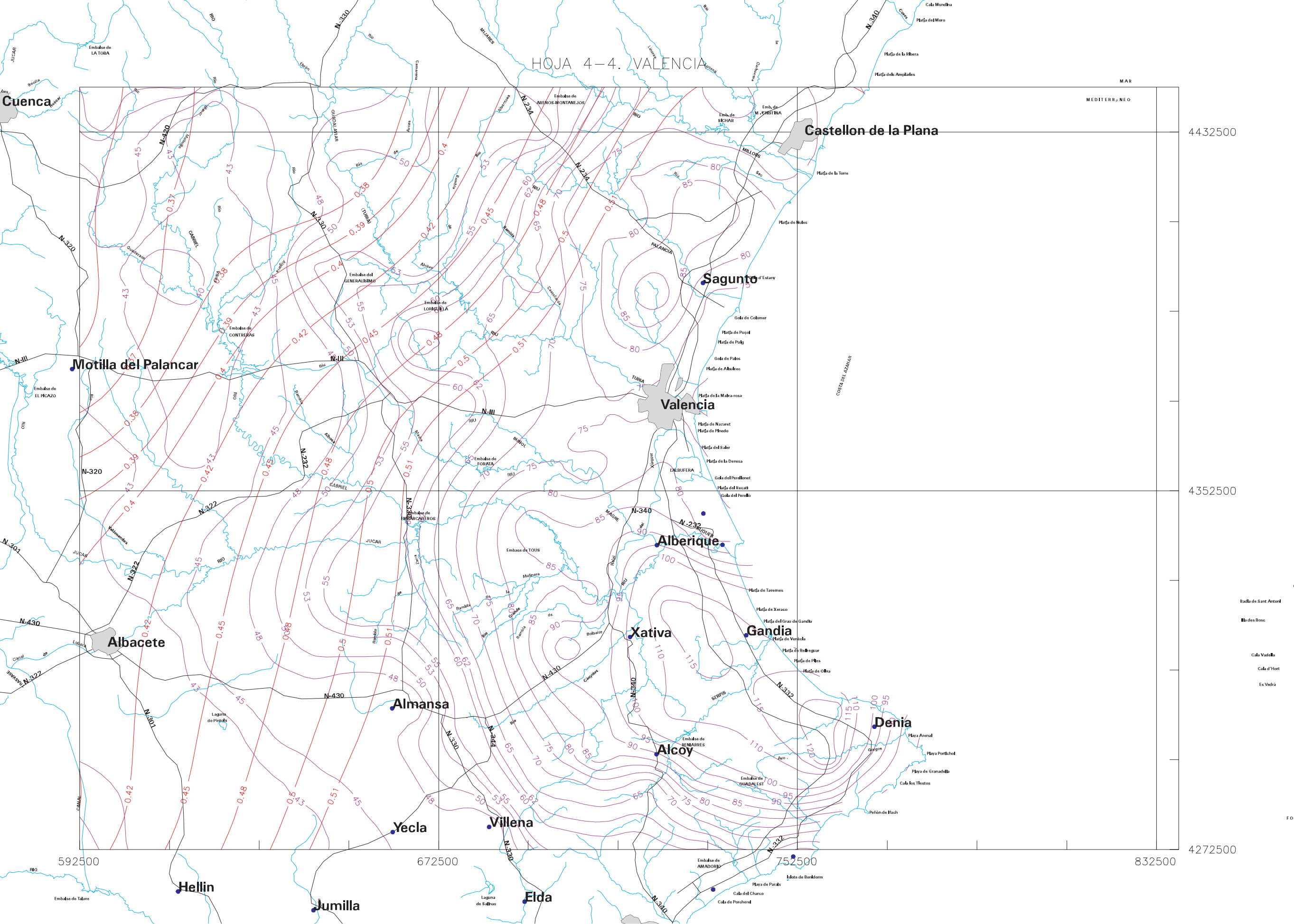
602500

4272500

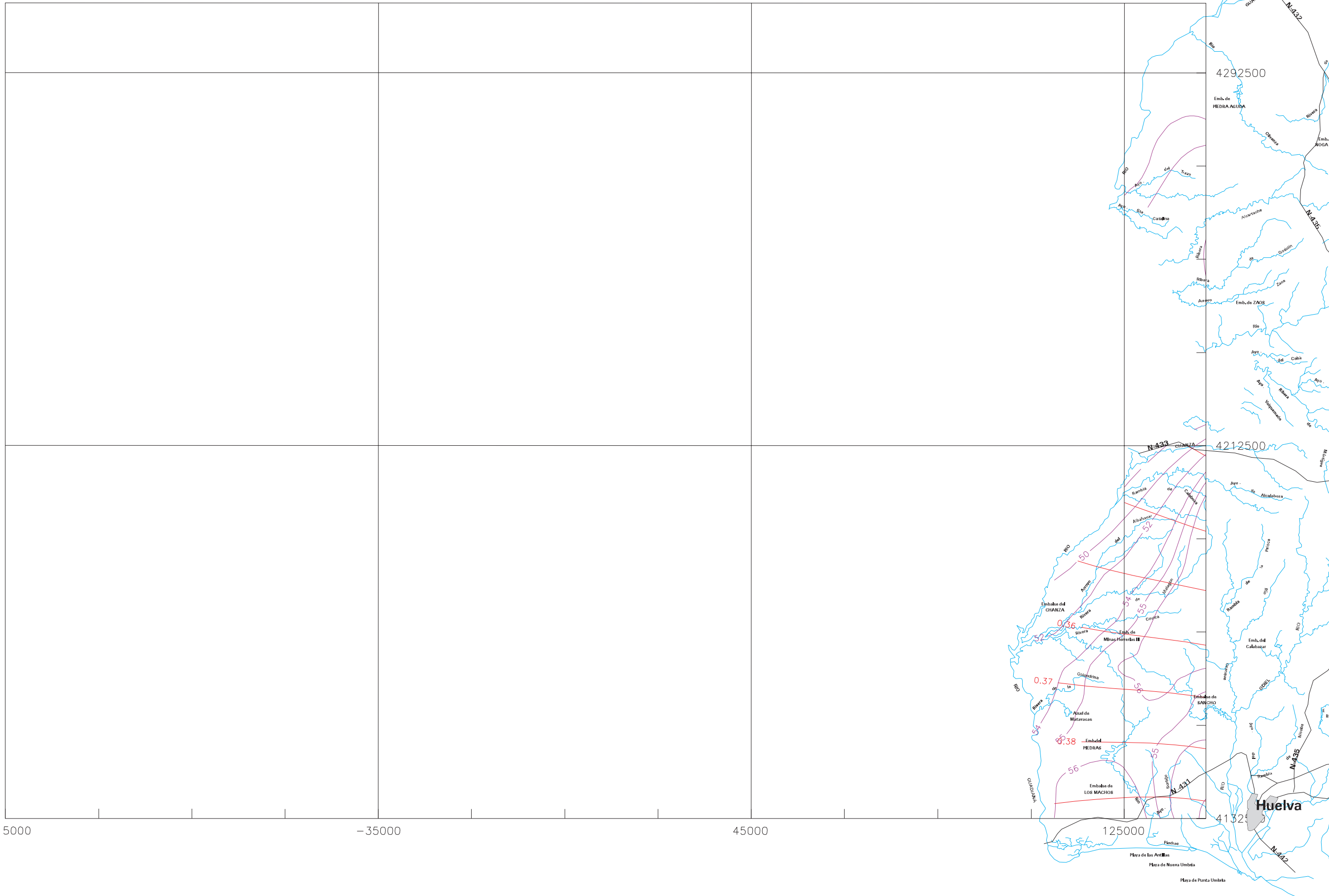
4632500

4352500

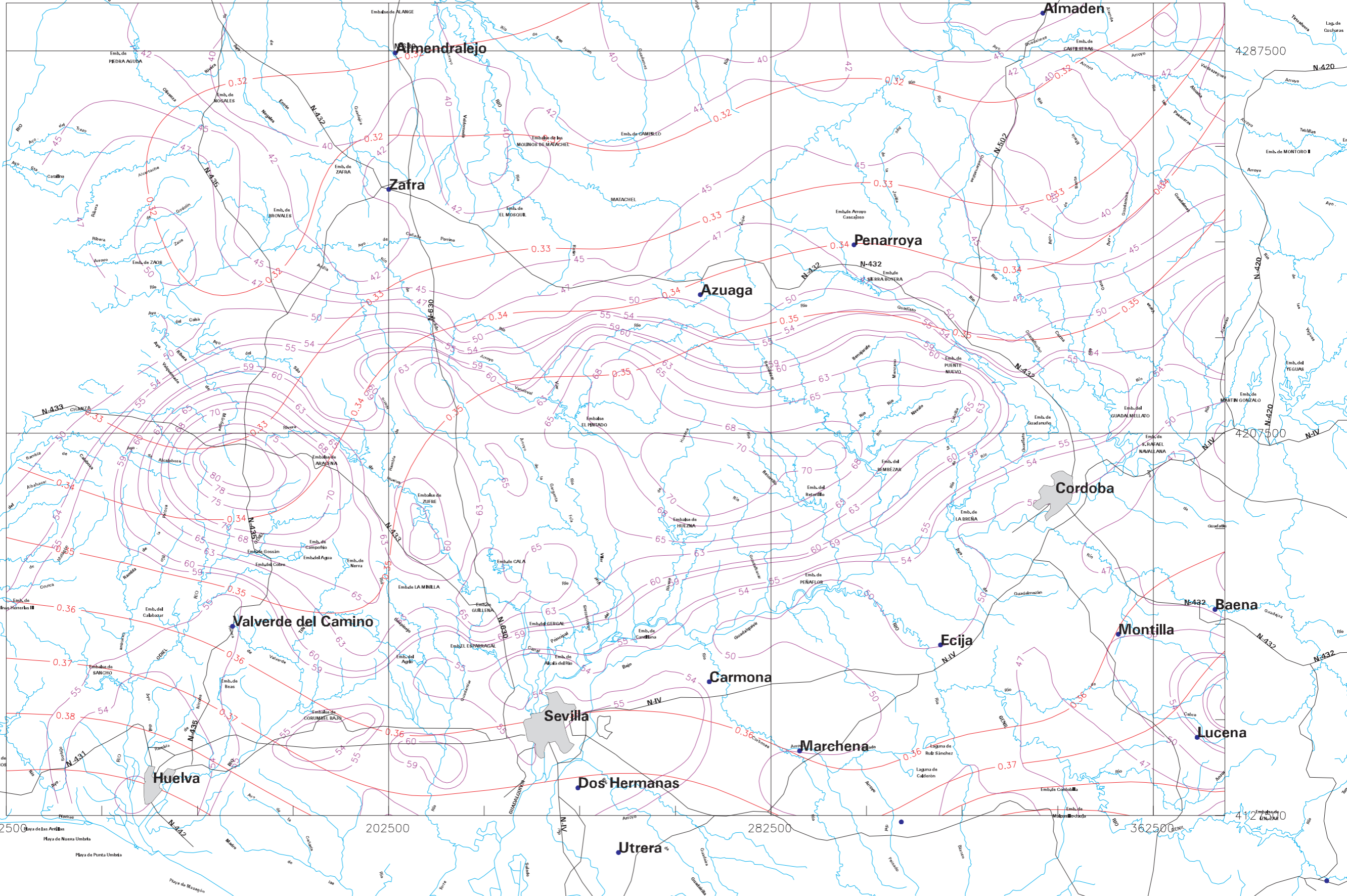
HOJA 4-4. VALENCIA

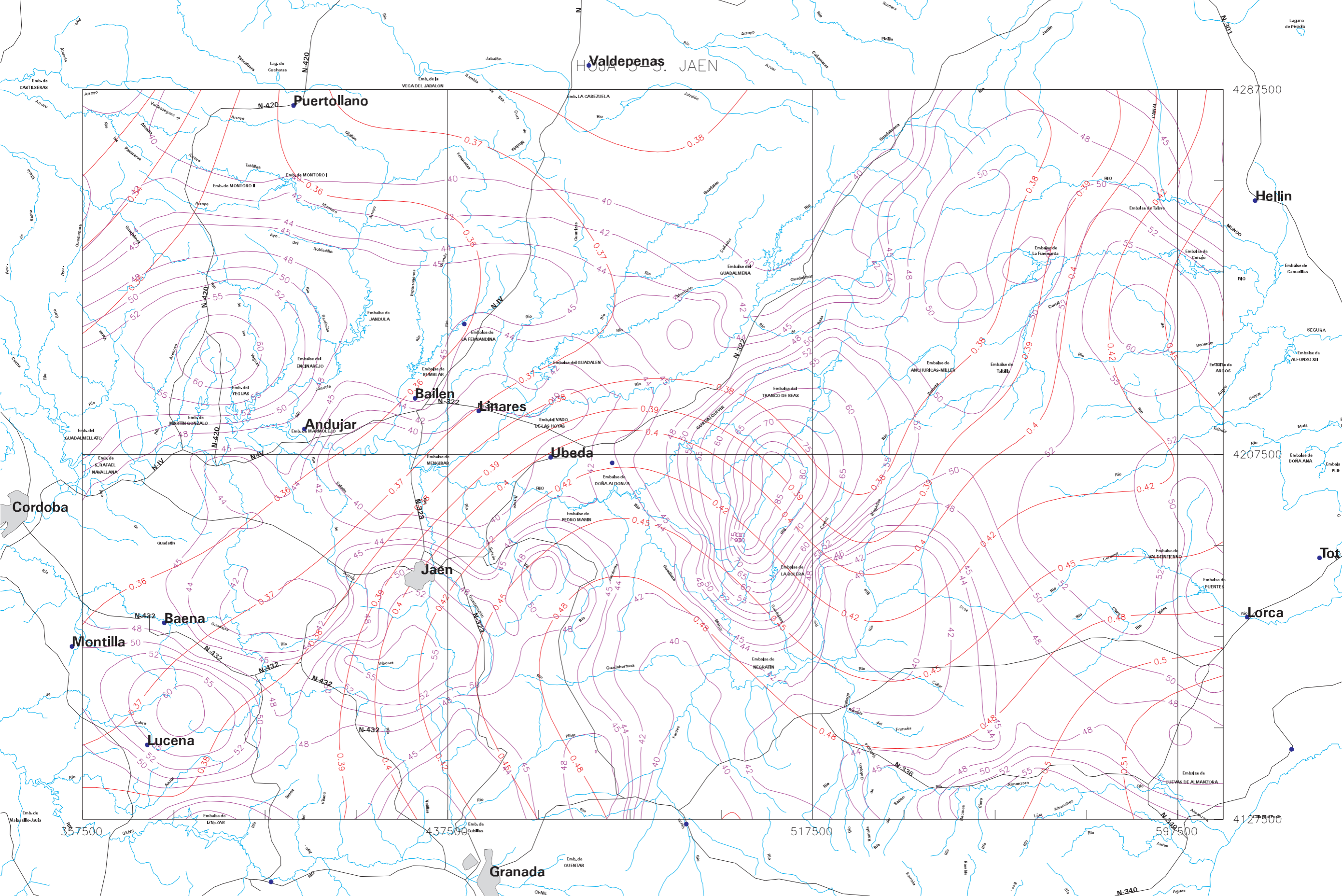


HOJA 1-5. SETUBAL



HOJA 2-5. SEVILLA





Valdepenas. JAEN

Puertoollano

Hellin

Bailen

Jinares

Ubeda

Andujar

Jaen

Tot

Lorca

Cordoba

Baena

Montilla

Lucena

Granada

37500

437500

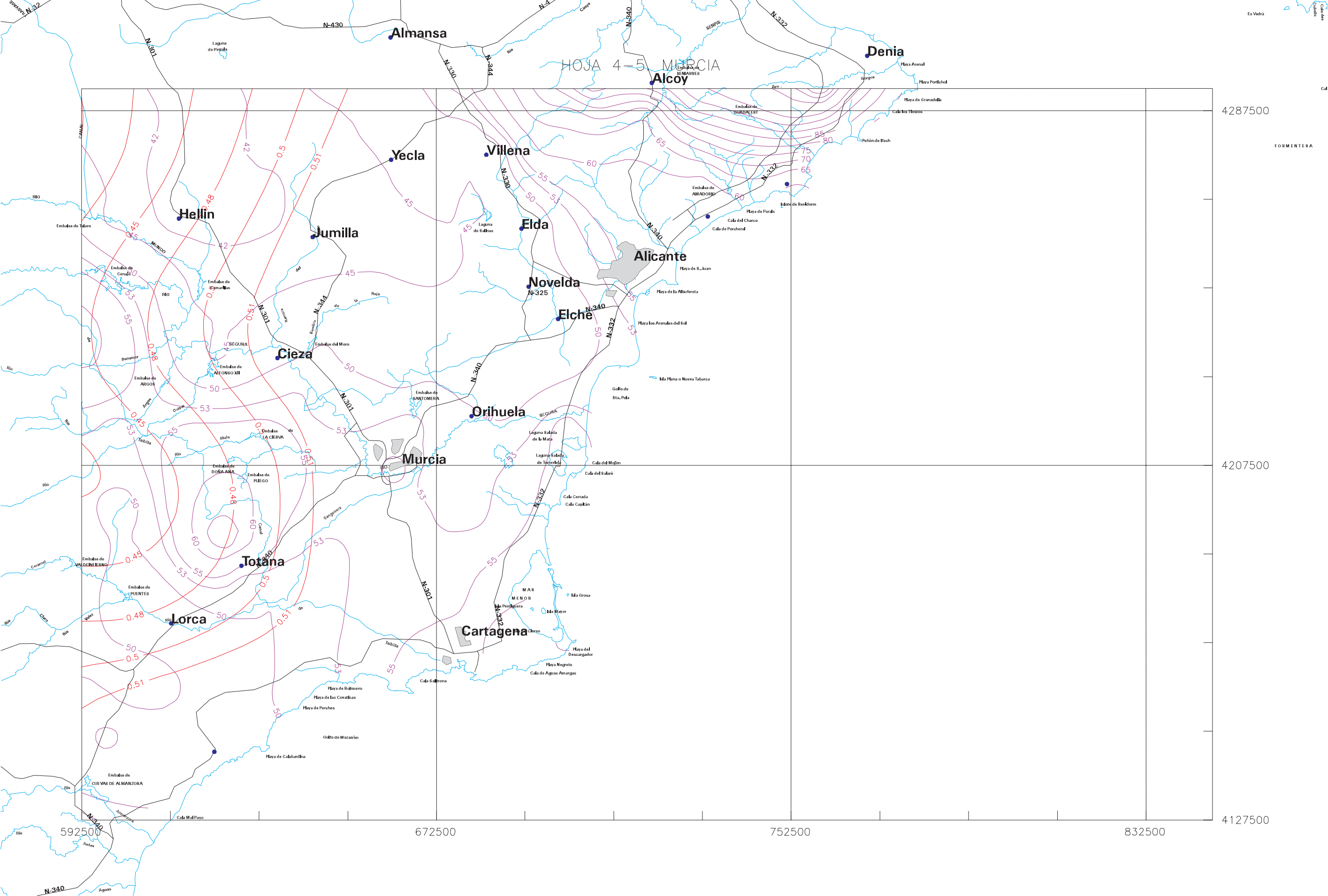
517500

597500

4127500

4207500

4287500



HOJA 4-5 MURCIA

Almansa

Denia

Alcoy

Yecla

Villena

Hellín

Jumilla

Elda

Alicante

Novelda

Elche

Cieza

Orihuela

Murcia

Totana

Lorca

Cartagena

4287500

4207500

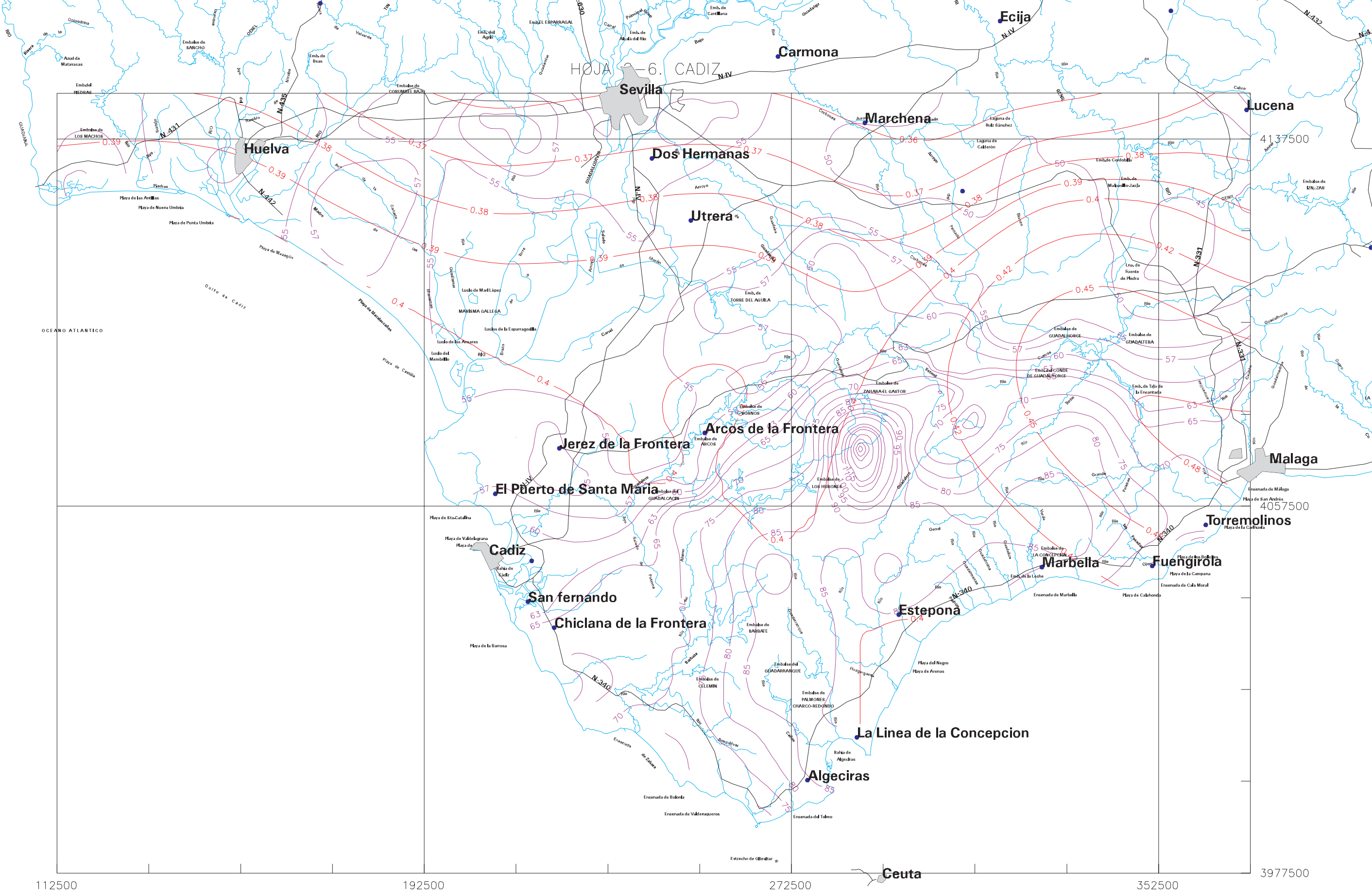
4127500

592500

672500

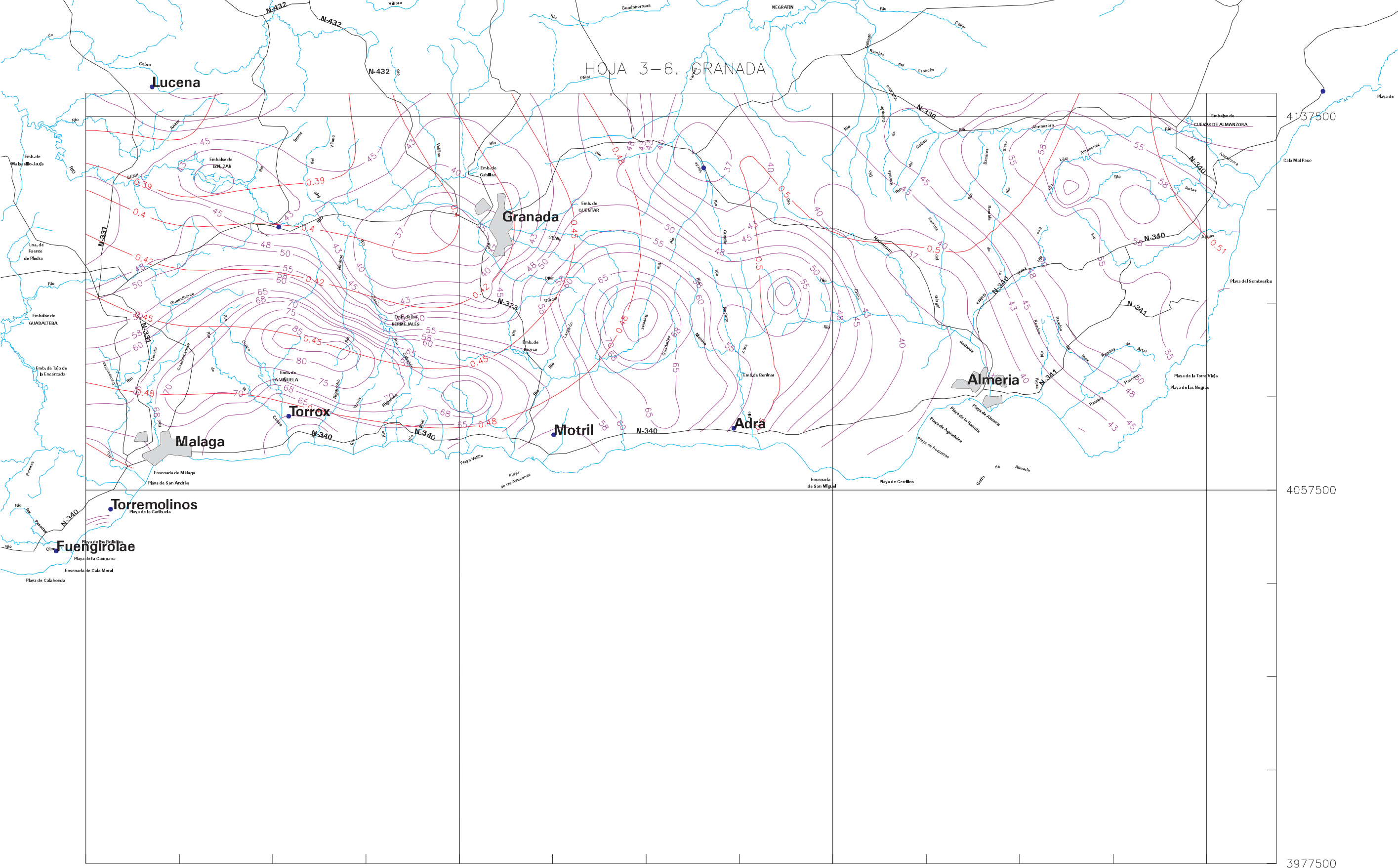
752500

832500



112500 192500 272500 352500 3977500

HOJA 3-6. GRANADA



357500 437500 517500 597500 3977500

4137500

4057500

RESUMEN DEL PROCESO OPERATIVO PARA LA OBTENCIÓN DE LAS PRECIPITACIONES DIARIAS MÁXIMAS

Son dos los métodos previstos aconsejados en esta publicación para la obtención de las precipitaciones diarias máximas correspondientes a un período de retorno considerado. Para su más fácil manejo se aconseja [abrir la barra de marcadores de Acrobat](#).

El **primero de los métodos** consiste en usar los planos y tablas incluidos en esta publicación, siguiendo el siguiente procedimiento:

- 1) Localizar en los planos el punto geográfico deseado con la ayuda del [plano-guía](#)
- 2) Estimar mediante las isolíneas presentadas el coeficiente de variación C_v (líneas rojas con valores inferiores a la unidad) y el valor medio \bar{P} de la máxima precipitación diaria anual (líneas moradas).
- 3) Para el periodo de retorno deseado T y el valor de C_v , obtener el factor de amplificación K_T mediante el uso de la [tabla \$K_T\$](#)
- 4) [realizar el producto](#) del factor de amplificación K_T por el valor medio \bar{P} de la máxima precipitación diaria anual obteniendo la precipitación diaria máxima para el periodo de retorno deseado P_T .

Ejemplo: precipitación diaria máxima en [Albacete](#) para un periodo de retorno de 25 años:

- en el [mapa](#) se obtiene $\bar{P} = 41$ (mm/día) y $C_v = 0,41$
- para $C_v = 0,41$ y $T = 25$ en la [tabla se obtiene \$K_{25} = 1,854\$](#)
- [multiplicando](#) se obtiene: $P_{25} = K_{25} \cdot \bar{P} = 1,854 \cdot 41 = 76,014$ (mm/día)

El **segundo de los métodos** consiste en el uso del [programa](#) que se suministra con este documento. Para su uso es necesario [instalarlo previamente](#), bien mediante las herramientas que se integran en la barra de marcadores de este documento, bien siguiendo las instrucciones que se exponen en el [apartado de instalación del programa \(pág 16\)](#) de este documento. Los disquetes a los que hace referencia el documento son los subdirector "suministro\desc." y "suministro\desc." que se encuentran debajo del directorio donde está este documento.

Madrid, marzo de 1999

Fdo: Jesús Santamaría Arias