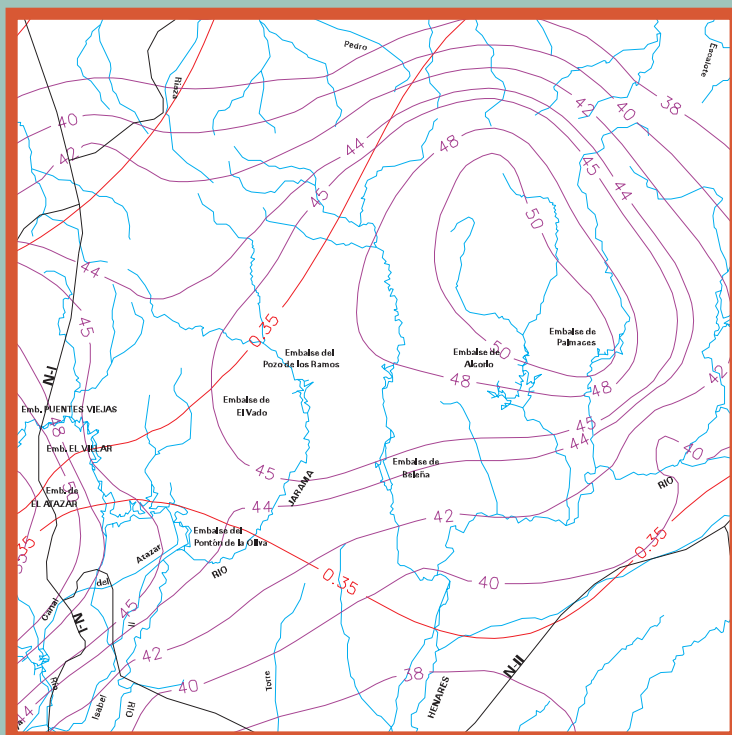


# Máximas lluvias diarias en la España Peninsular



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 <sup>a</sup> Liana Ardiles López
	D. Teodoro Estrela Monreal
	D <sup>a</sup> Monserrat Ferrer Juliá
	D. Javier Ferrer Polo

Edición y Montaje:

D. José Ramón Gamó Sastre  
D. Álvaro Parrilla Alcaide  
D<sup>a</sup> M<sup>a</sup> 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<sup>a</sup> Selección de estaciones pluviométricas y recopilación de sus datos correspondientes a las máximas lluvias diarias.

- 2<sup>a</sup> Modelación estadística de las series anuales de máximas lluvias diarias realizando una estimación regional de parámetros y cuantiles.
- 3<sup>a</sup> Análisis de la distribución del valor medio de las series anuales de máximas lluvias diarias, estimado directamente a partir de las muestras.
- 4<sup>a</sup> 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<sup>a</sup> 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  $\chi^2$ .

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



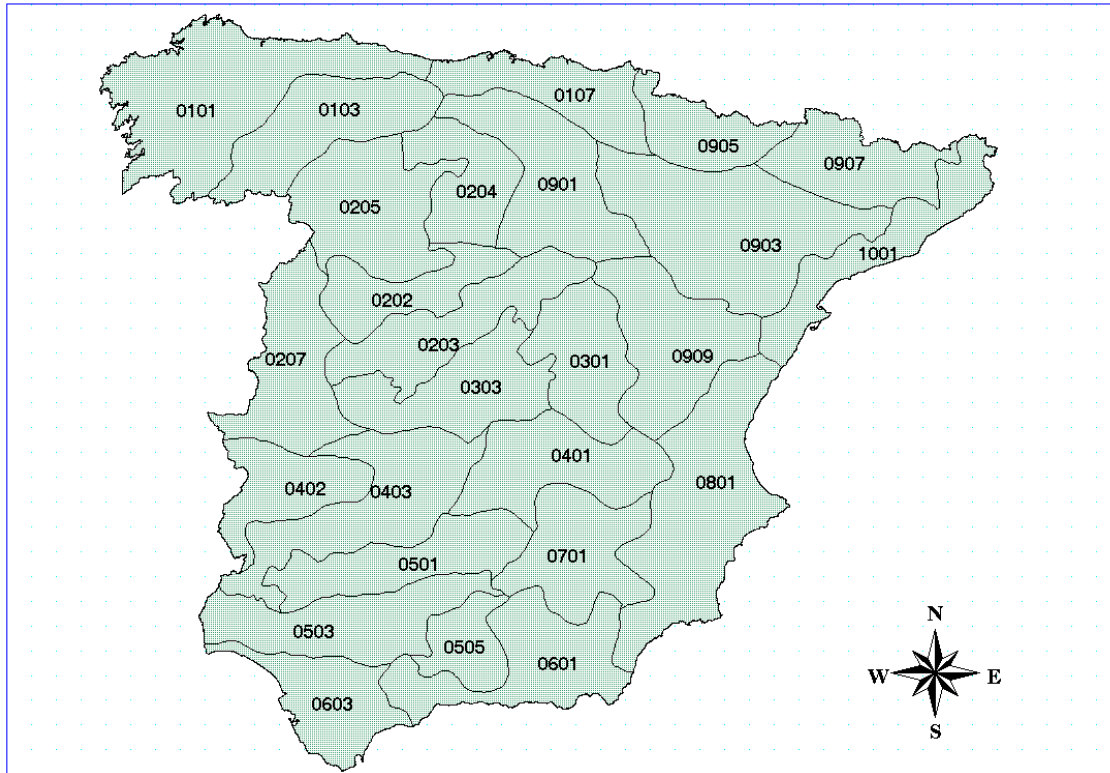


Fig. 3.1 - División de la España Peninsular en 26 regiones geográficas con características meteorológicas comunes.

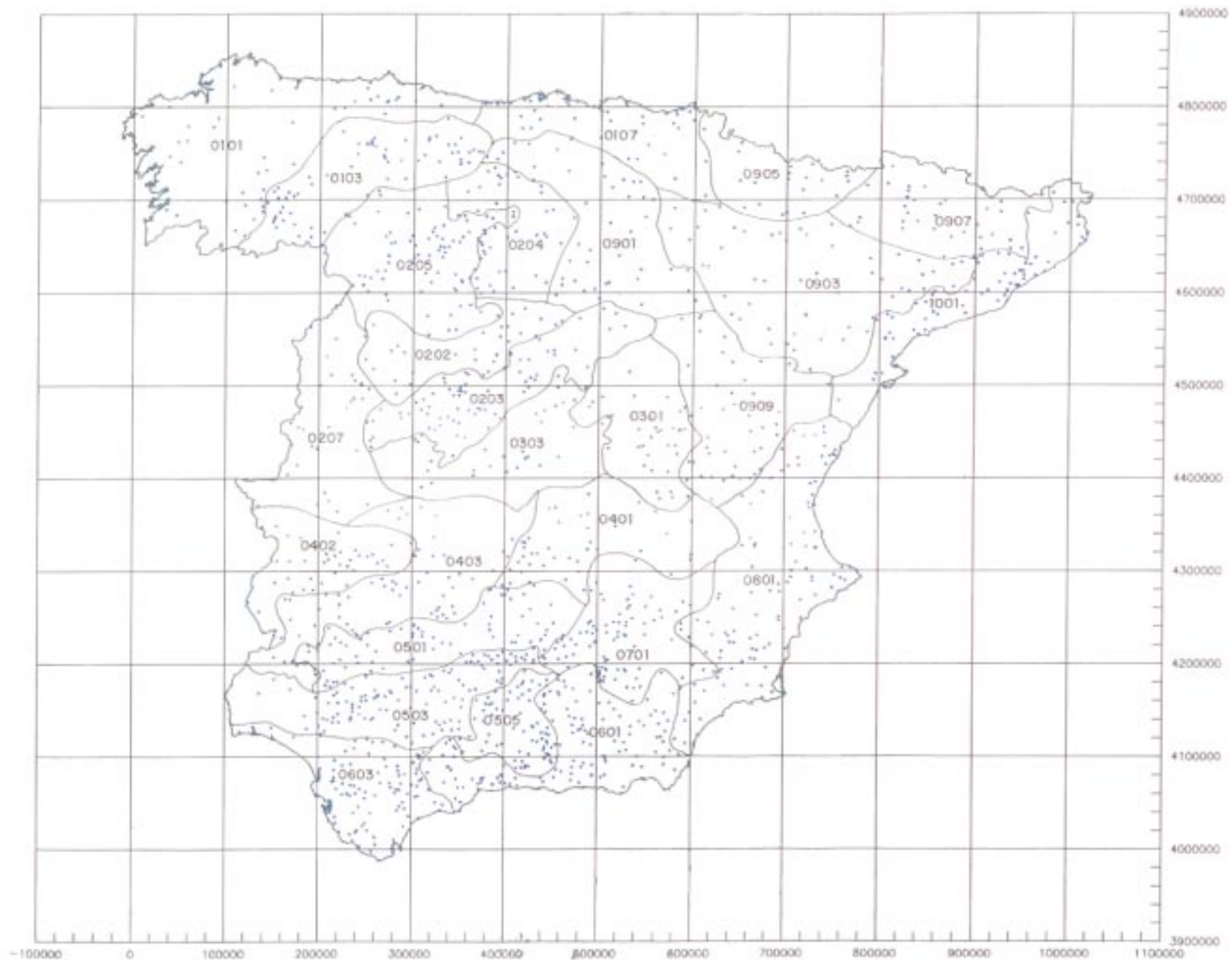


FIGURA 3.1 DELIMITACION DE LAS REGIONES CONSIDERADAS HOMOGENEAS

Distribución	$f(x)$ ó $F(x)$	Parámetros
GEV	$F(x) = \exp \left\{ - \left[ 1 - k \left( \frac{x-u}{a} \right)^{1/k} \right] \right\}$	$u, \alpha, k$
LP3	$\frac{\log_{10}^{k-1}}{\Gamma} \exp \left\{ \frac{\log_{10}}{\Gamma} \right\}$	$u, \alpha, k$
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	$F(x) = \exp[-k(1 + \sqrt{ax}) \exp(-\sqrt{ax})]$	$\alpha, k$

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 trascendencia 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	$F(x) = \exp \left\{ - \left[ 1 - k \left( \frac{x-u}{a} \right)^{1/k} \right] \right\}$	$u, \alpha, k$
LP3	$f(x) = \frac{\left( \frac{\log_{10} x - u}{a} \right)^{k-1}}{x a \Gamma(k)} \exp \left\{ - \left( \frac{\log_{10} x - u}{a} \right) \right\}$	$u, \alpha, k$
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	$F(x) = \exp[-k(1 + \sqrt{ax}) \exp(-\sqrt{ax})]$	$\alpha, k$

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-EAS<sup>1</sup>, realizando una estimación de la variable sobre una malla cuadrada de 2500 m de lado.

---

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

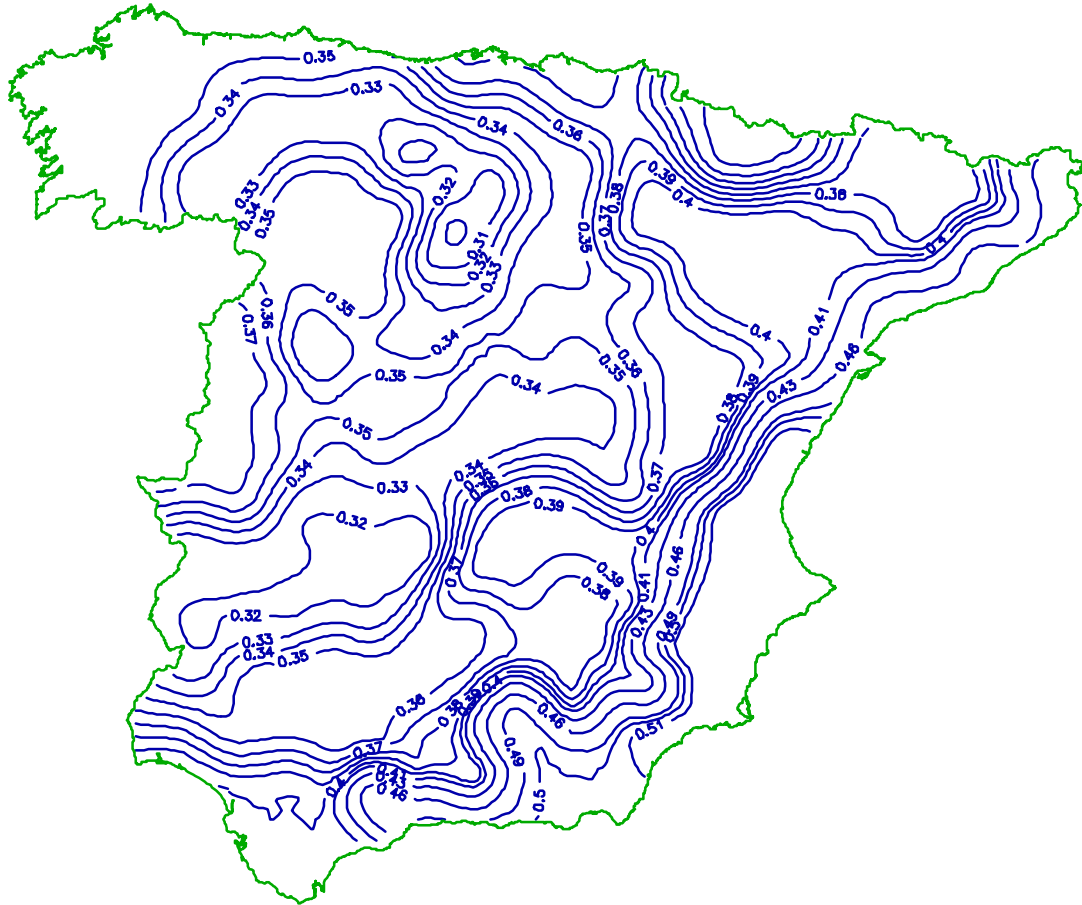


Fig. 3.2 – Isolíneas del valor regional del coeficiente de variación  $C_v$

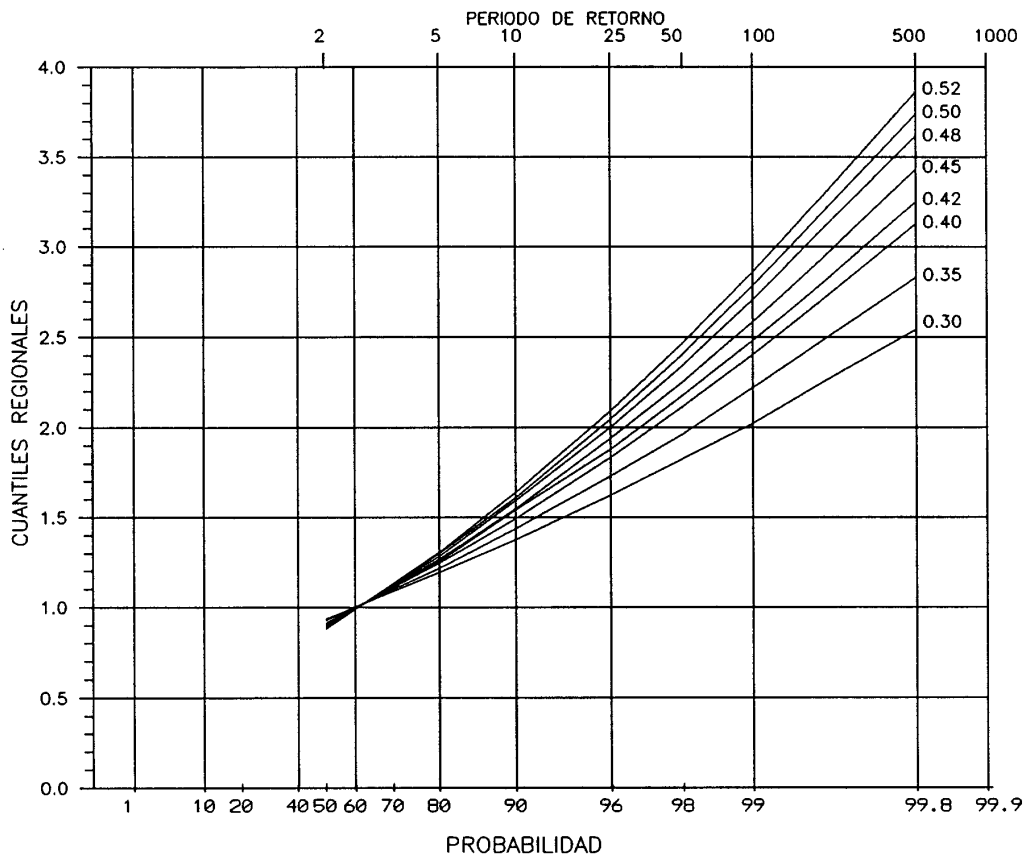


Fig. 3.3.- Relación entre los cuantiles regionales  $Y_t$  <sup>(2)</sup>, el periodo de retorno en años  $T$ , la probabilidad (%) de no superar el cuantil en un año, y el coeficiente de variación  $C_v$

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<sub>v</sub>:** valor del coeficiente de variación C<sub>v</sub>.
- P<sub>T</sub>:** cuantiles para los distintos períodos de retorno indicados en el fichero de entrada.

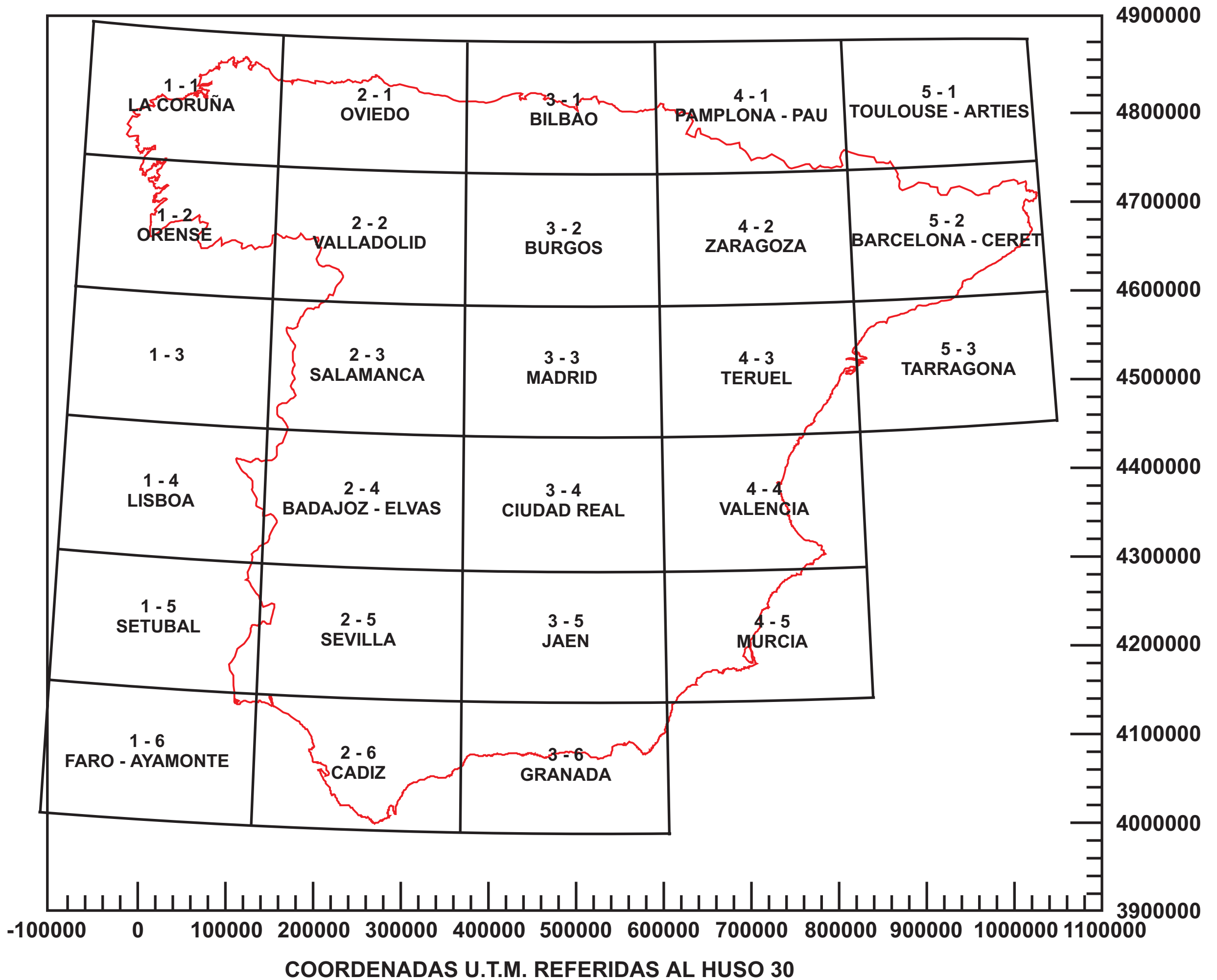
#### **OBSERVACIÓN**

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**



4887500

4807500

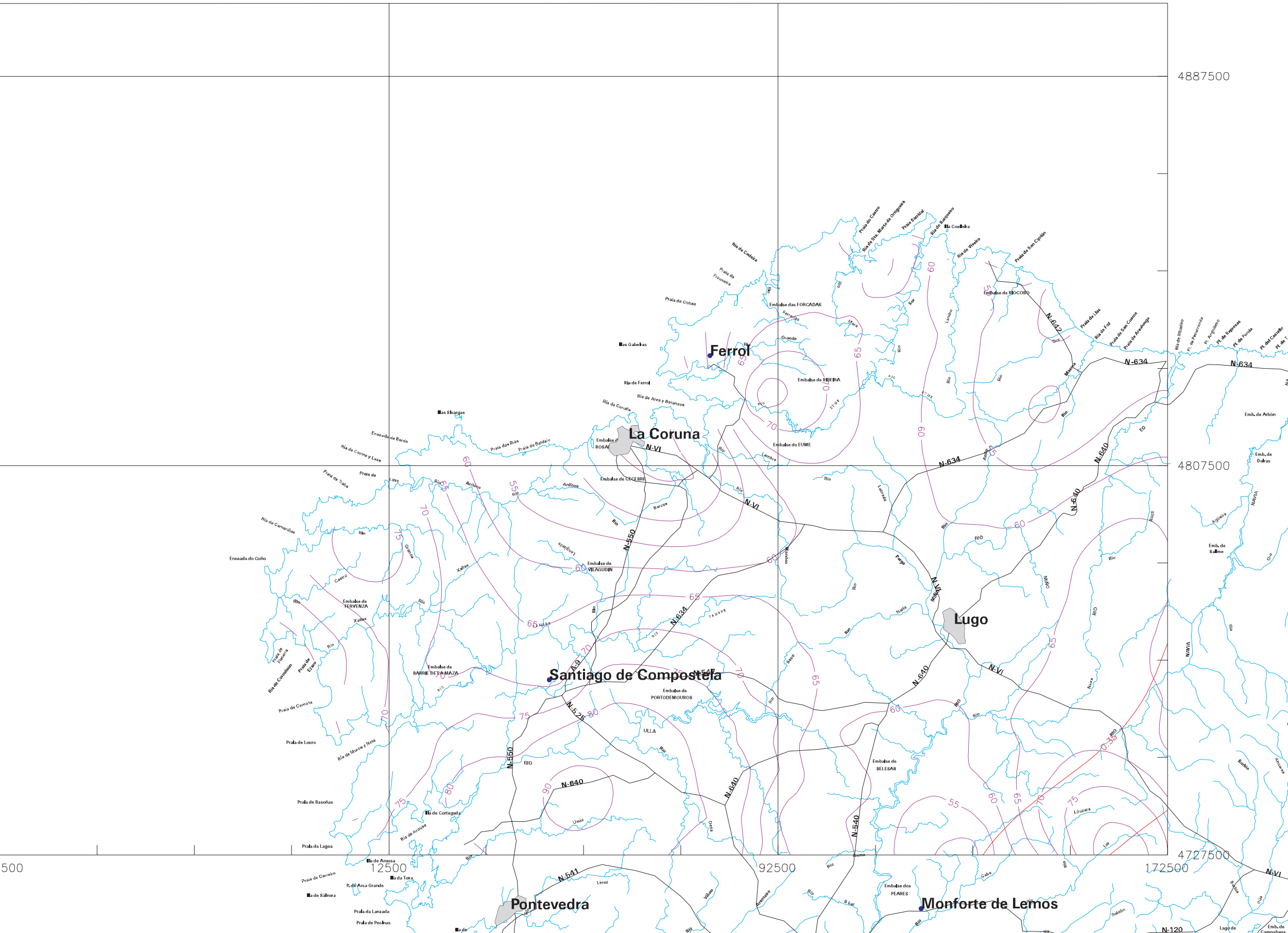
4727500

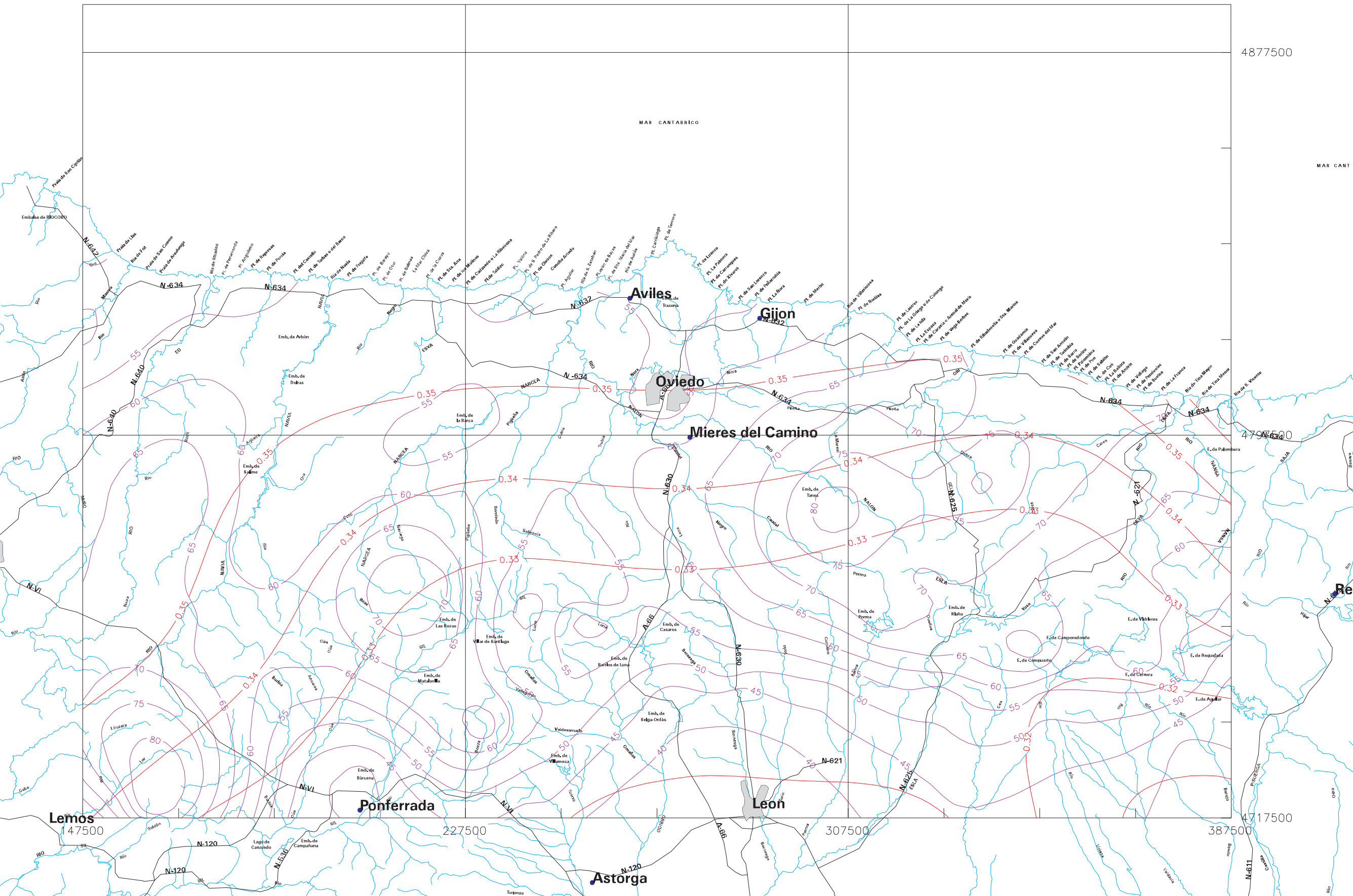
-67500

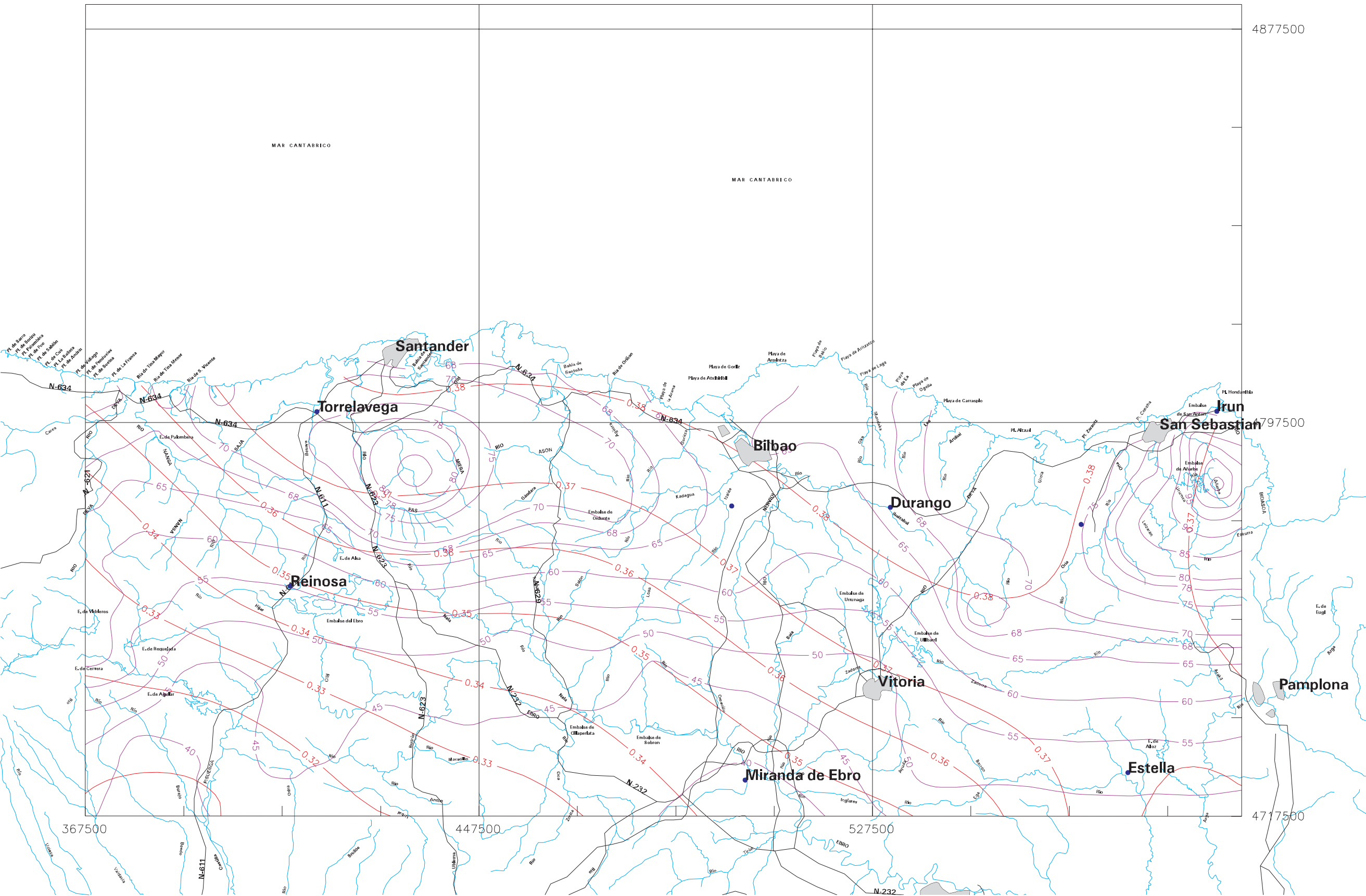
12500

92500

172500







367500

447500

527500

4717500

MAR CANTABRICO

MAR CANTABRICO

Santander

Torrelavega

Reinosa

Bilbao

Durango

Vitoria

Miranda de Ebro

San Sebastián

Irun

Pamplona

Estella

797500

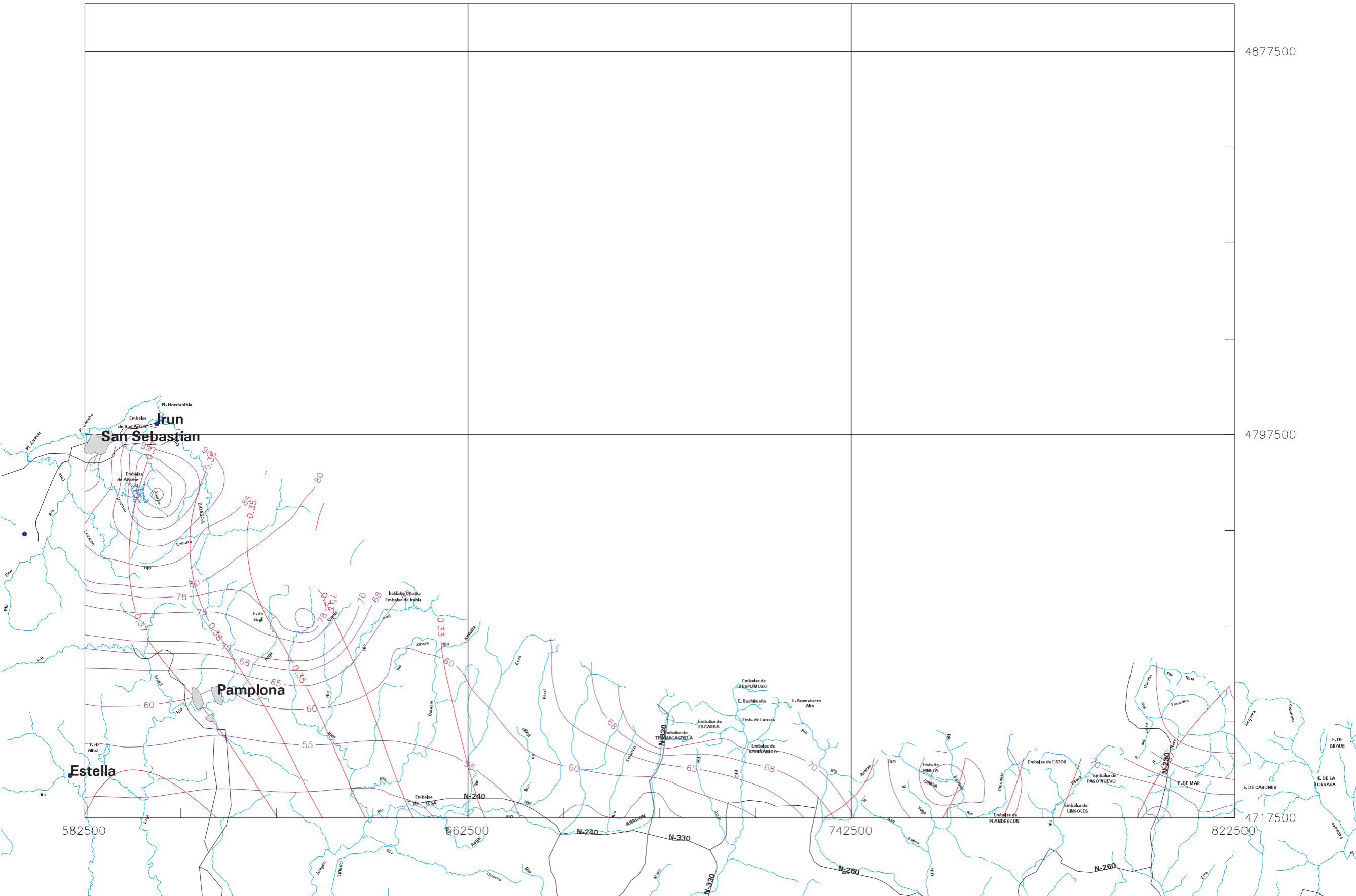
N-634

N-632

N-623

N-232

N-232



4877500

4797500

4717500

582500

62500

742500

822500



4882500

4802500

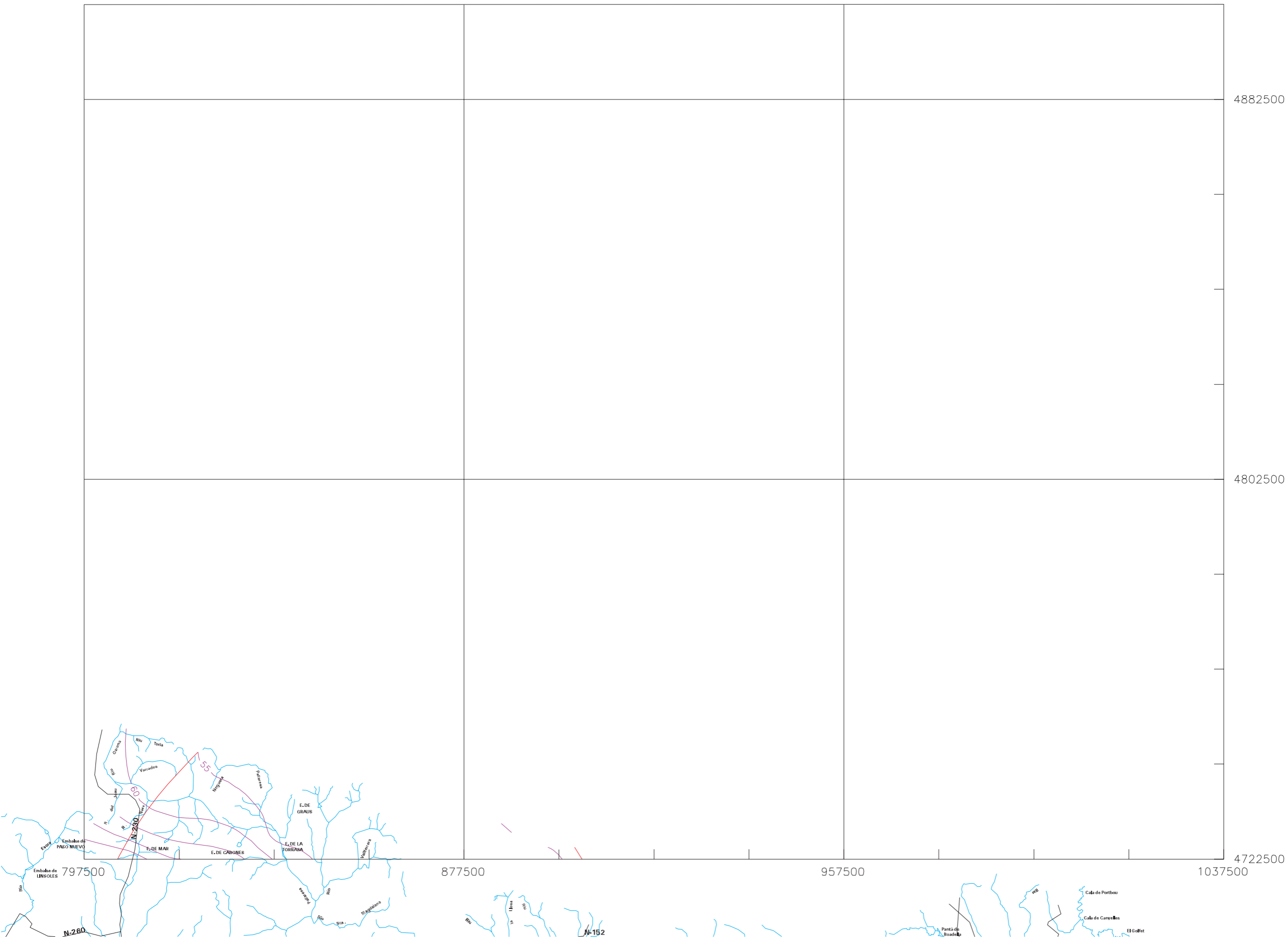
4722500

797500

877500

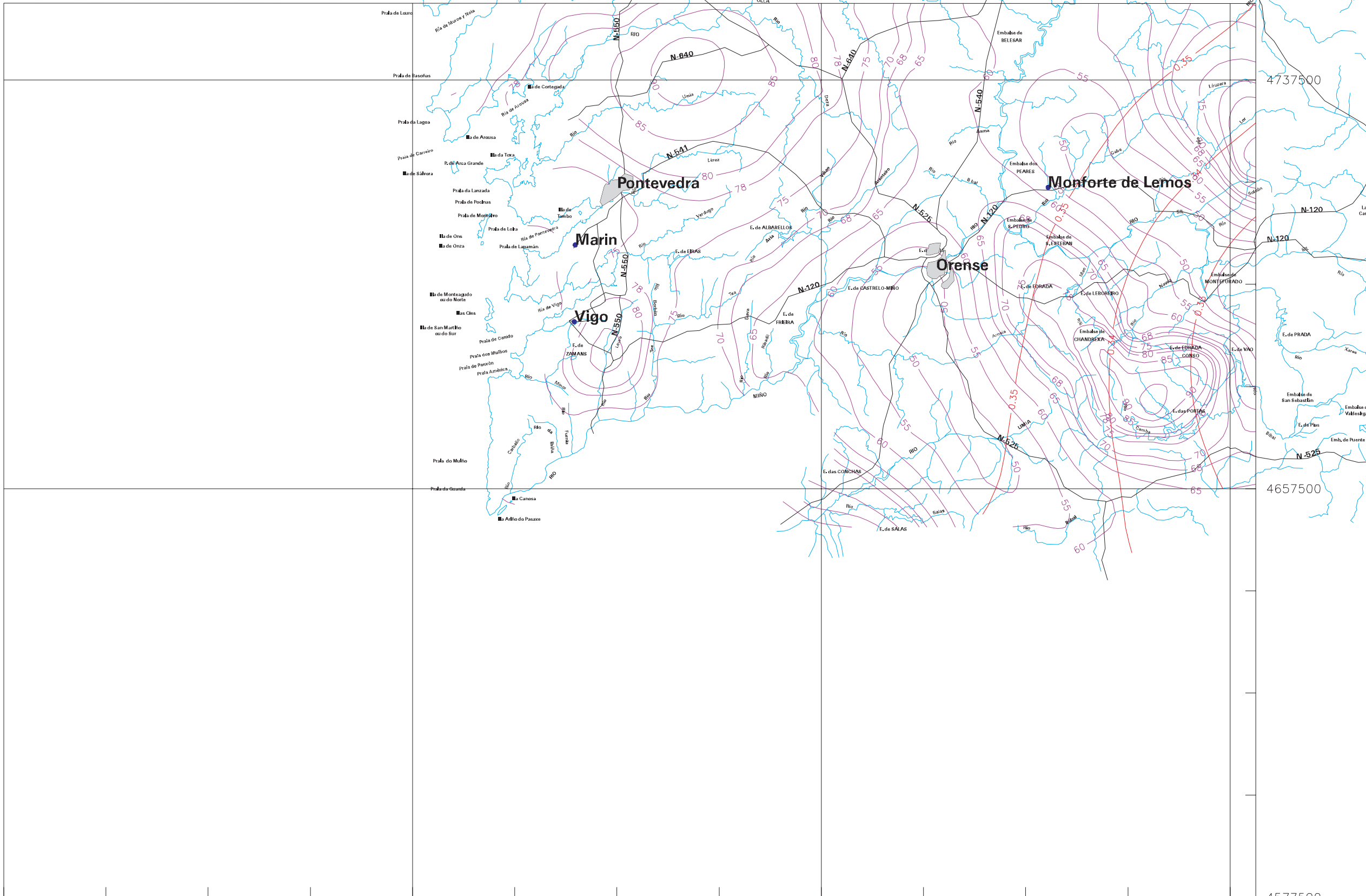
957500

1037500

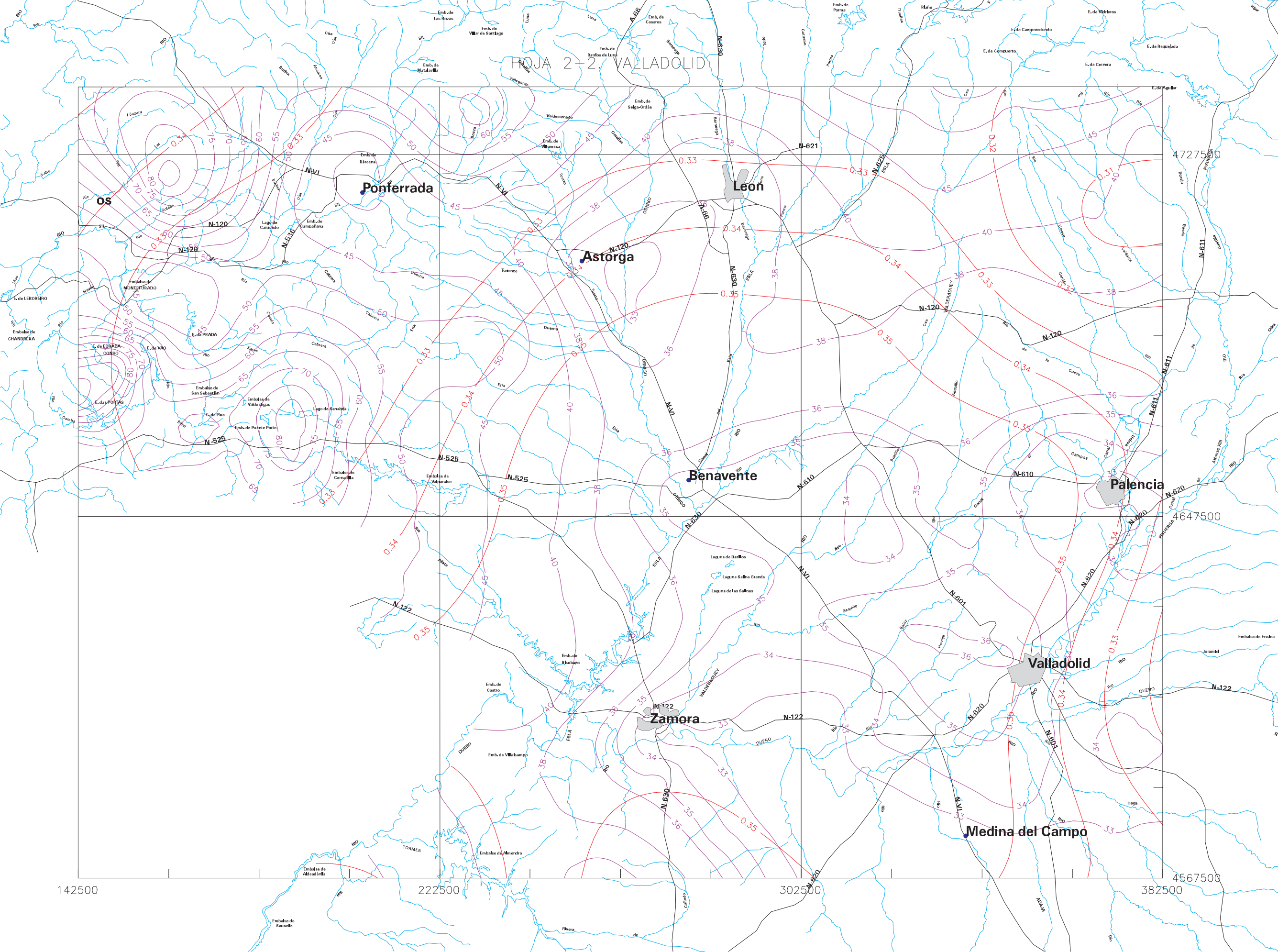


# Santiago de Compostela

## HOJA 1-2. ORENSE



HOJA 2+2 VALLADOLID



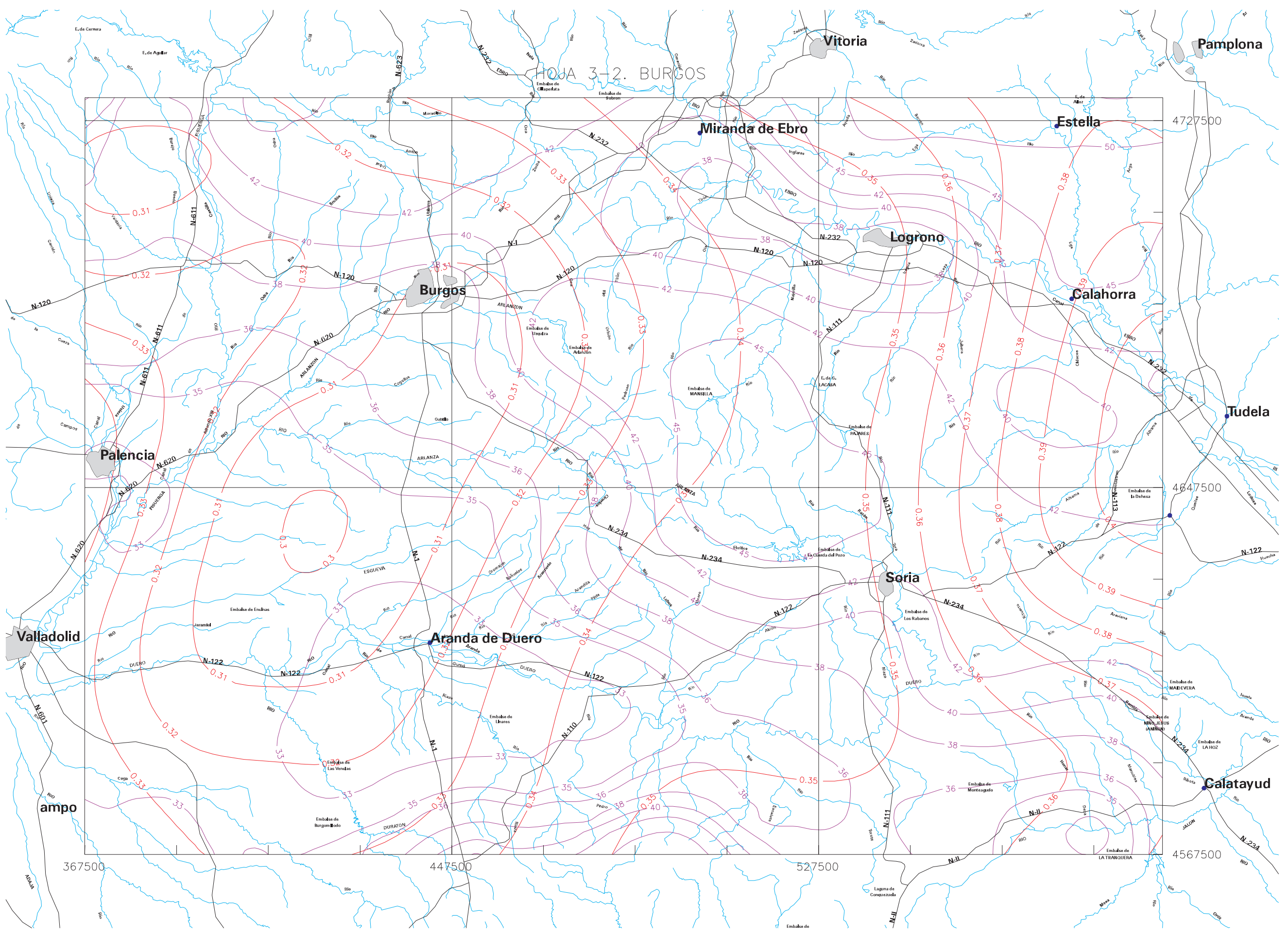
142500 222500 302500 382500 4567500

4727500

4647500

4567500

HOJA 3+2. BURGOS



Vitoria

Pamplona

Miranda de Ebro

Estella

Logrono

Burgos

Calahorra

Tudela

Palencia

Soria

Valladolid

Aranda de Duero

Galatayud

ampo

367500

447500

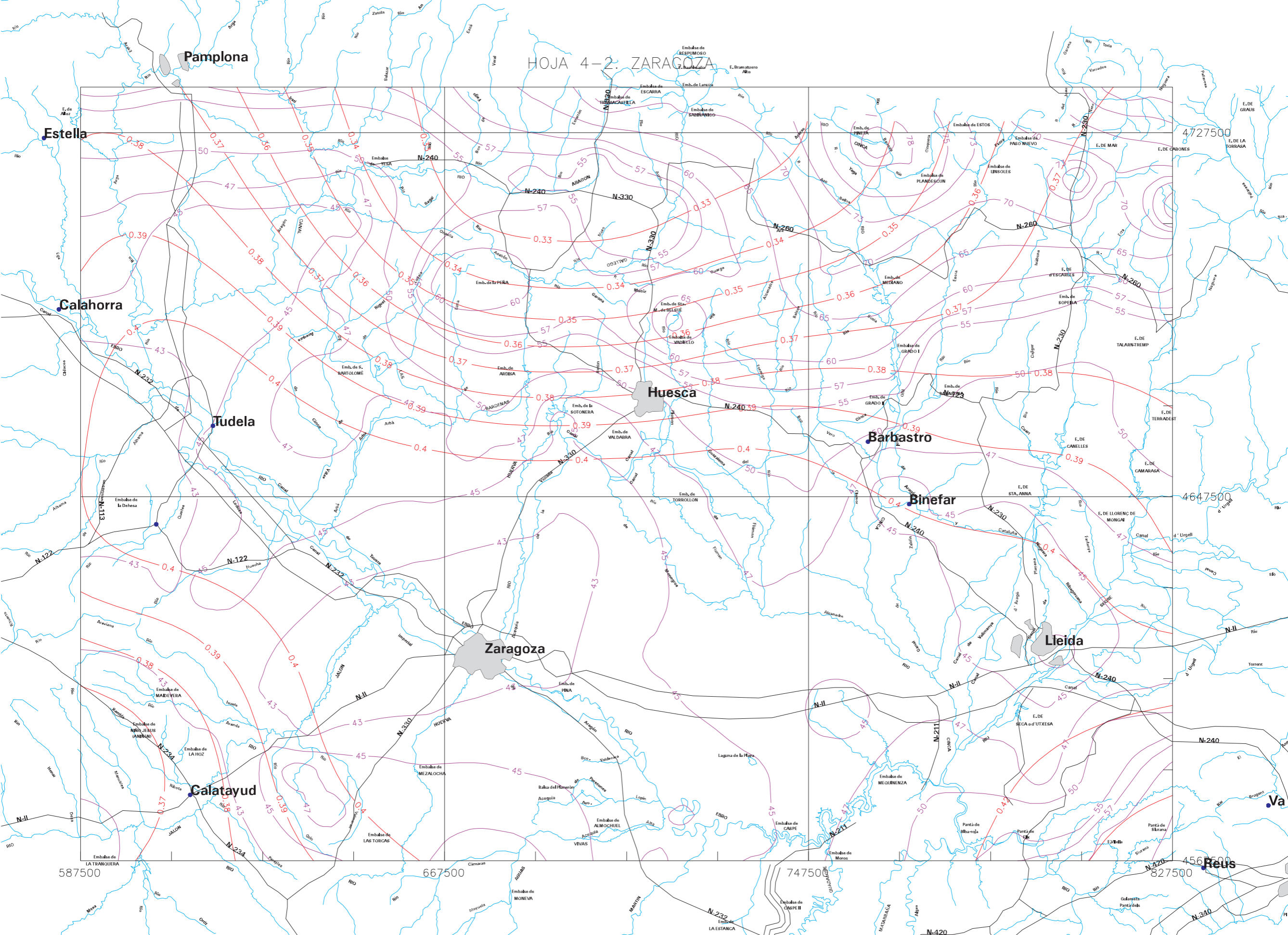
527500

4567500

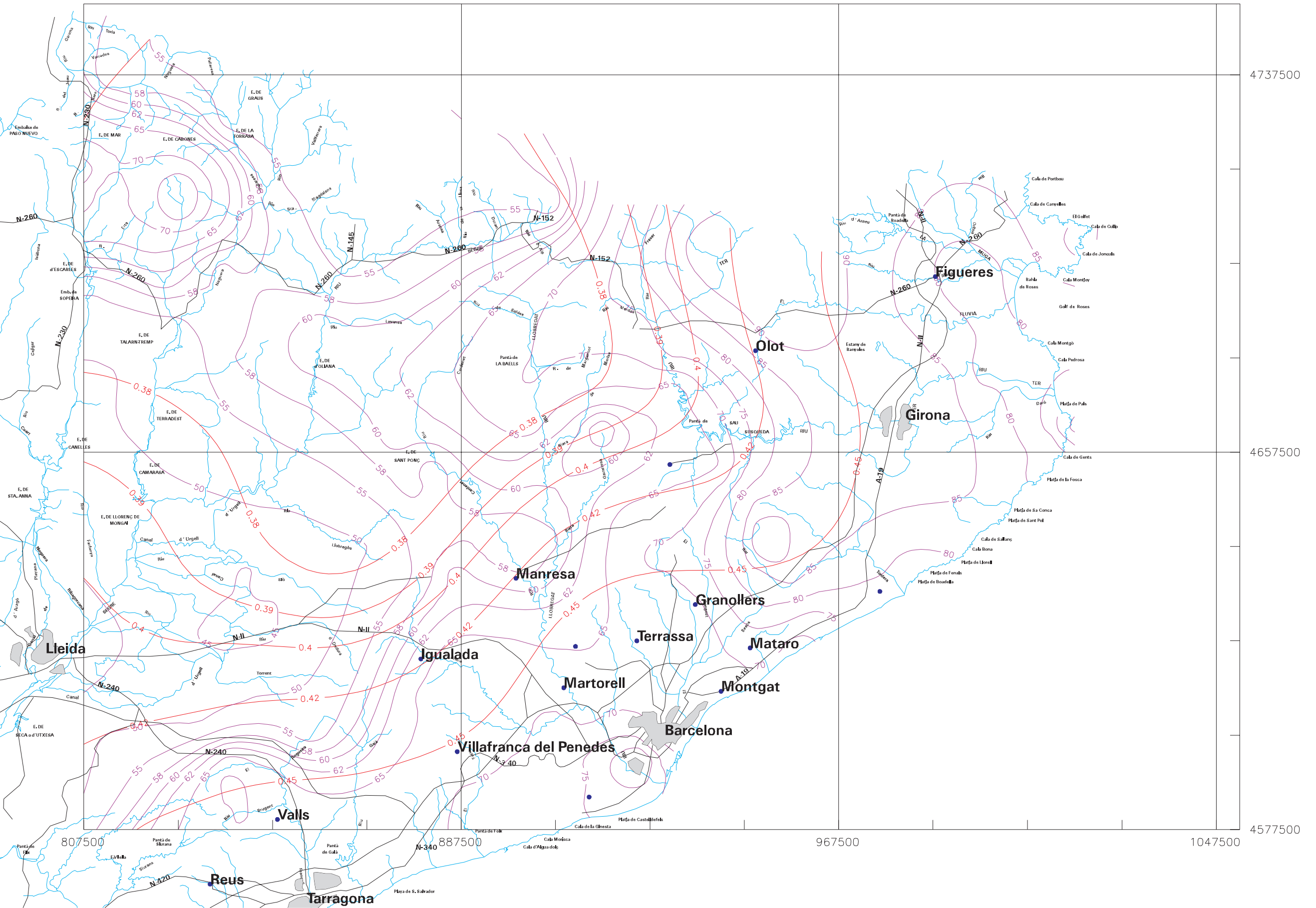
4727500

4647500

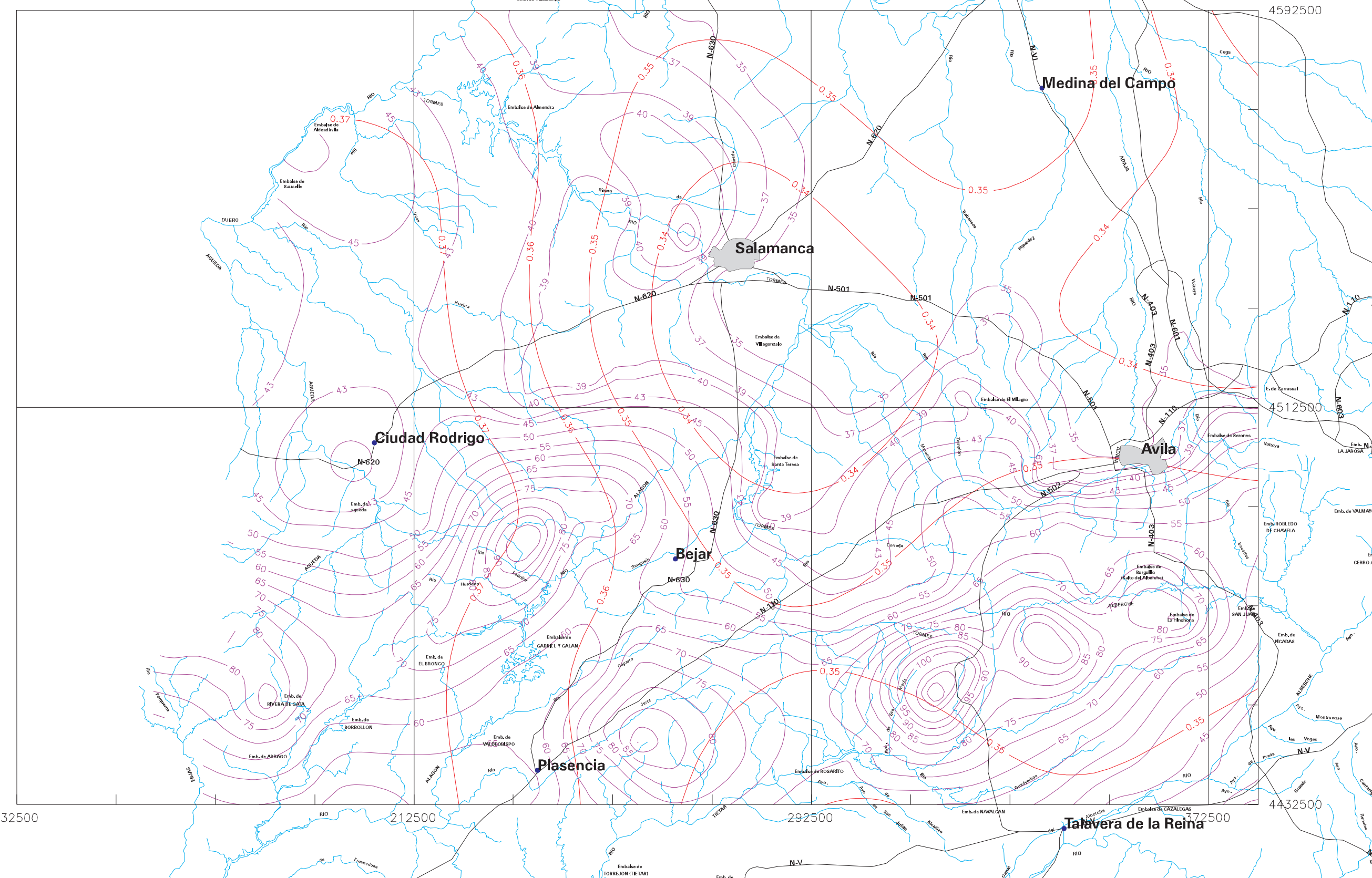
HOJA 4-2. ZARAGOZA



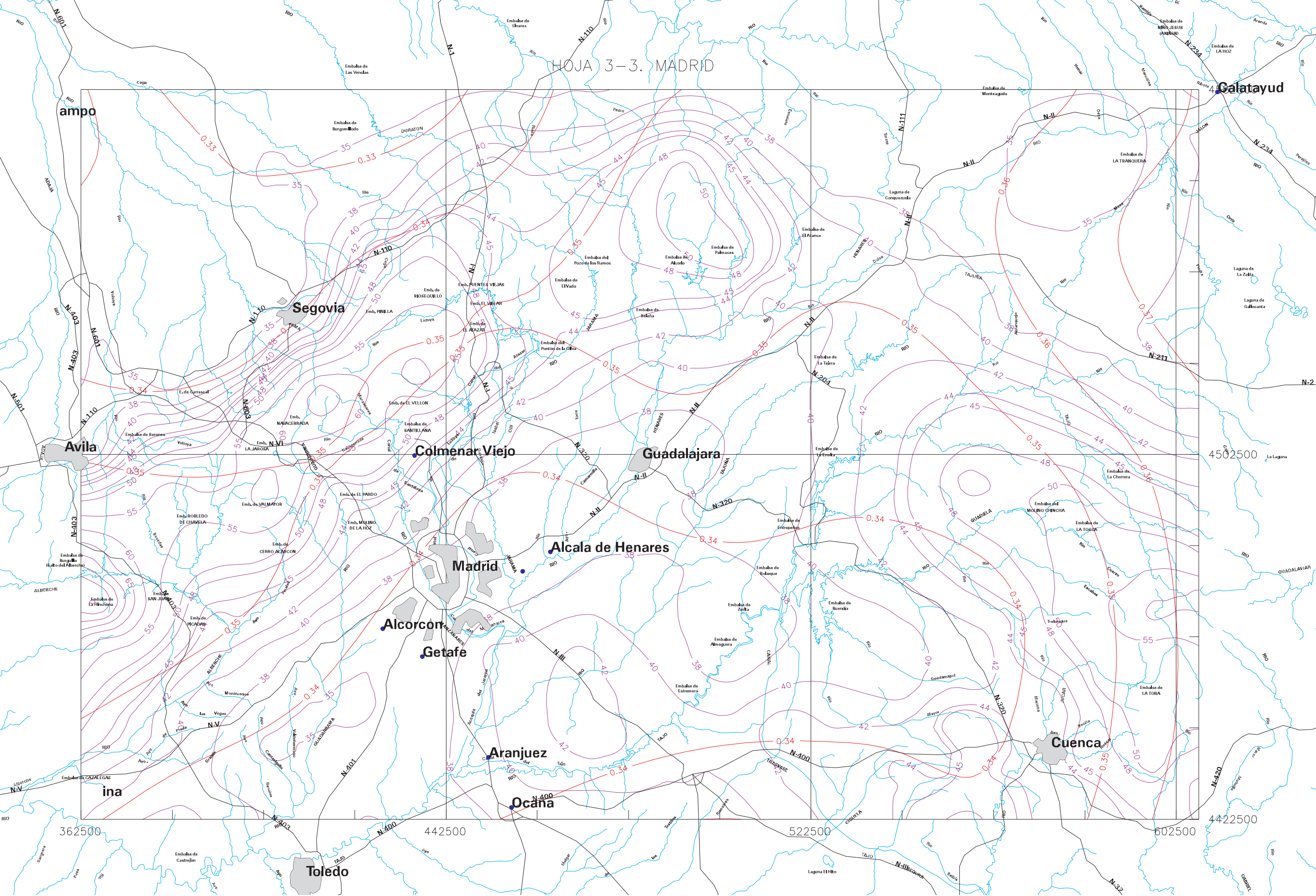
HOJA 5-2. BARCELONA-CERET



HOJA 2-3. SALAMANCA

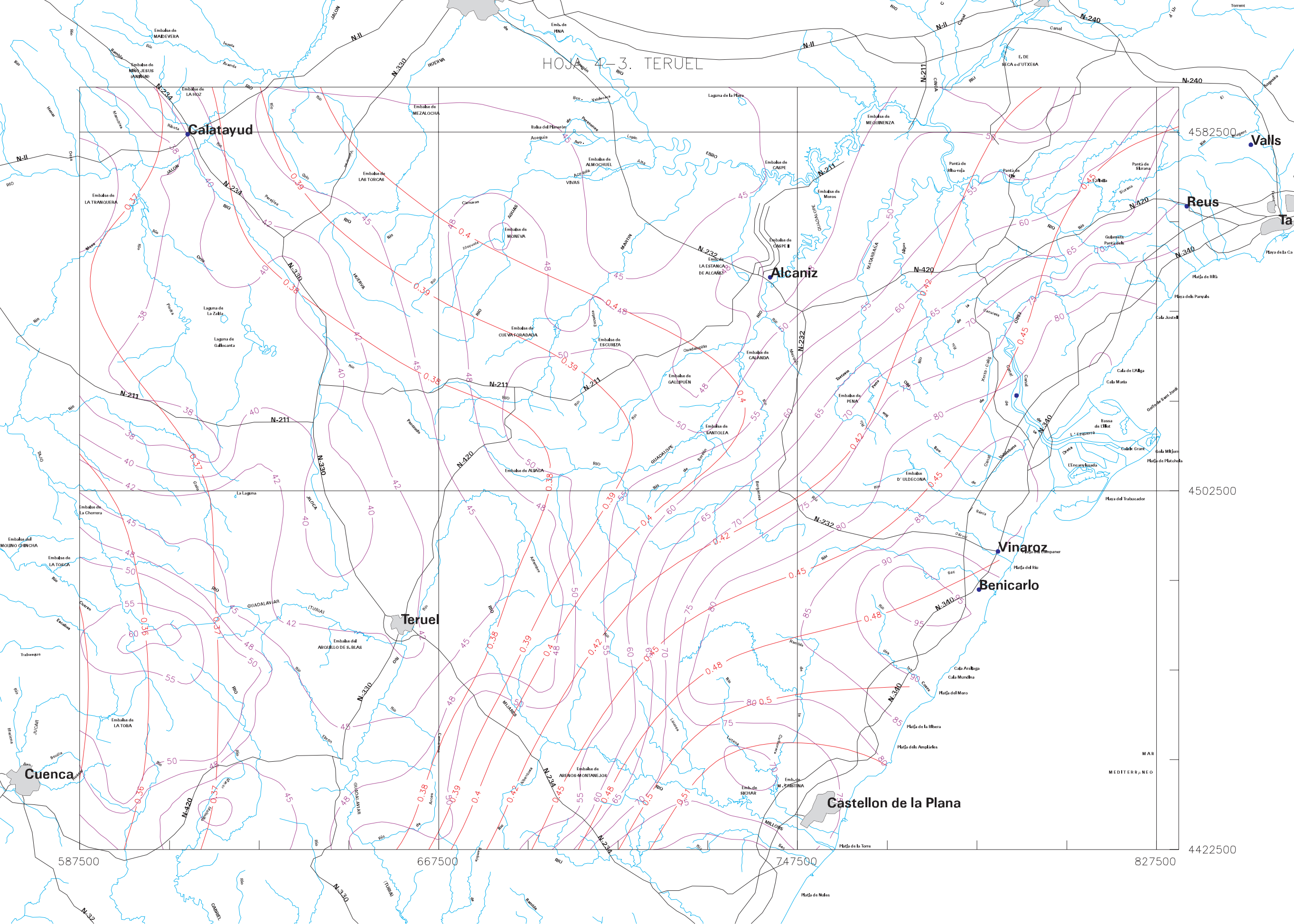


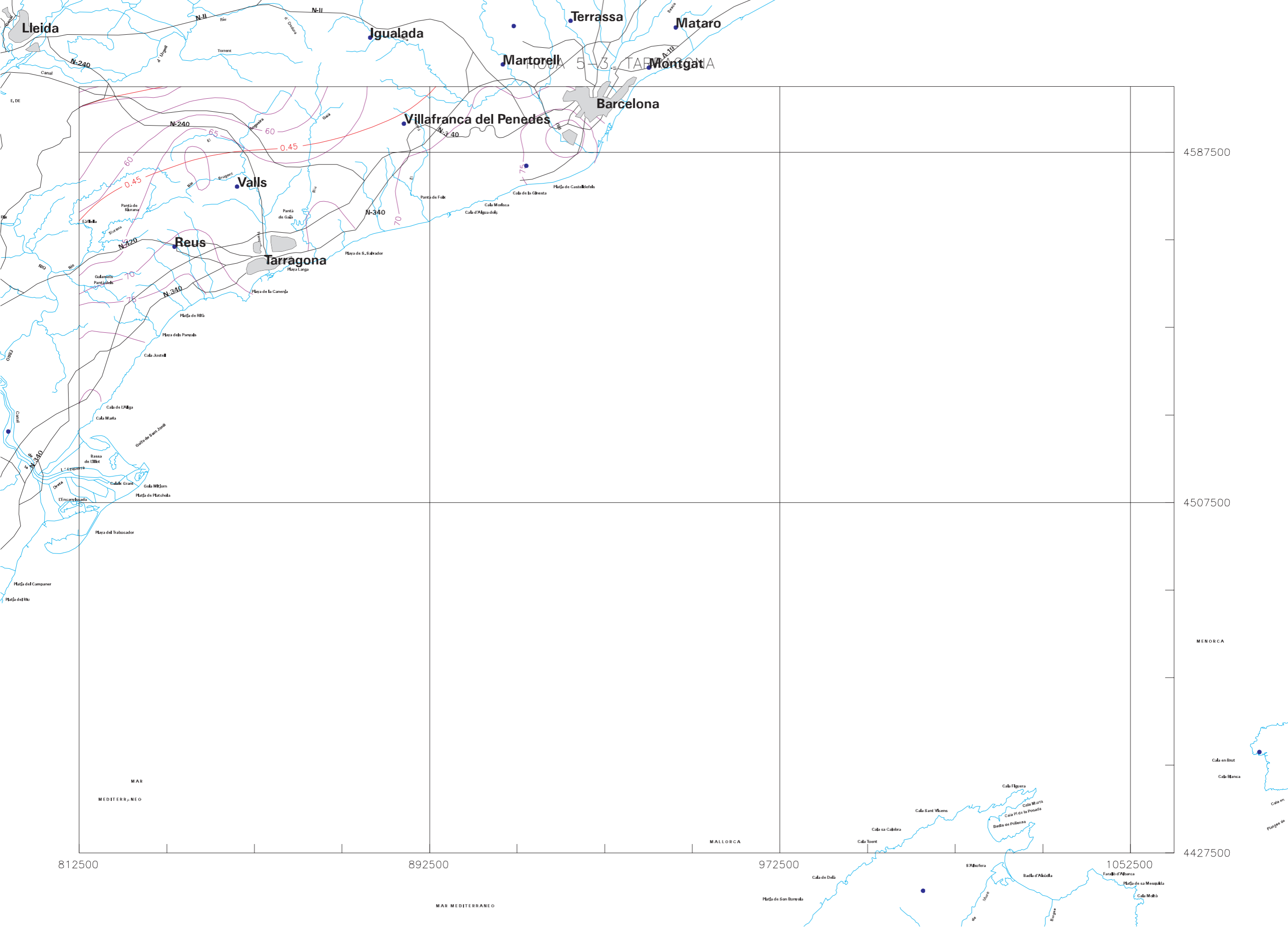
HOJA 3-3. MADRID





HOJA 4-3. TERUEL





Lleida

Igualada

Terrassa

Mataró

Martorell

Montgat

Barcelona

Vilafranca del Penedès

Valls

Reus

Tarragona

4587500

4507500

4427500

812500

892500

972500

1052500

MAR MEDITERRANEO

MAR MEDITERRANEO

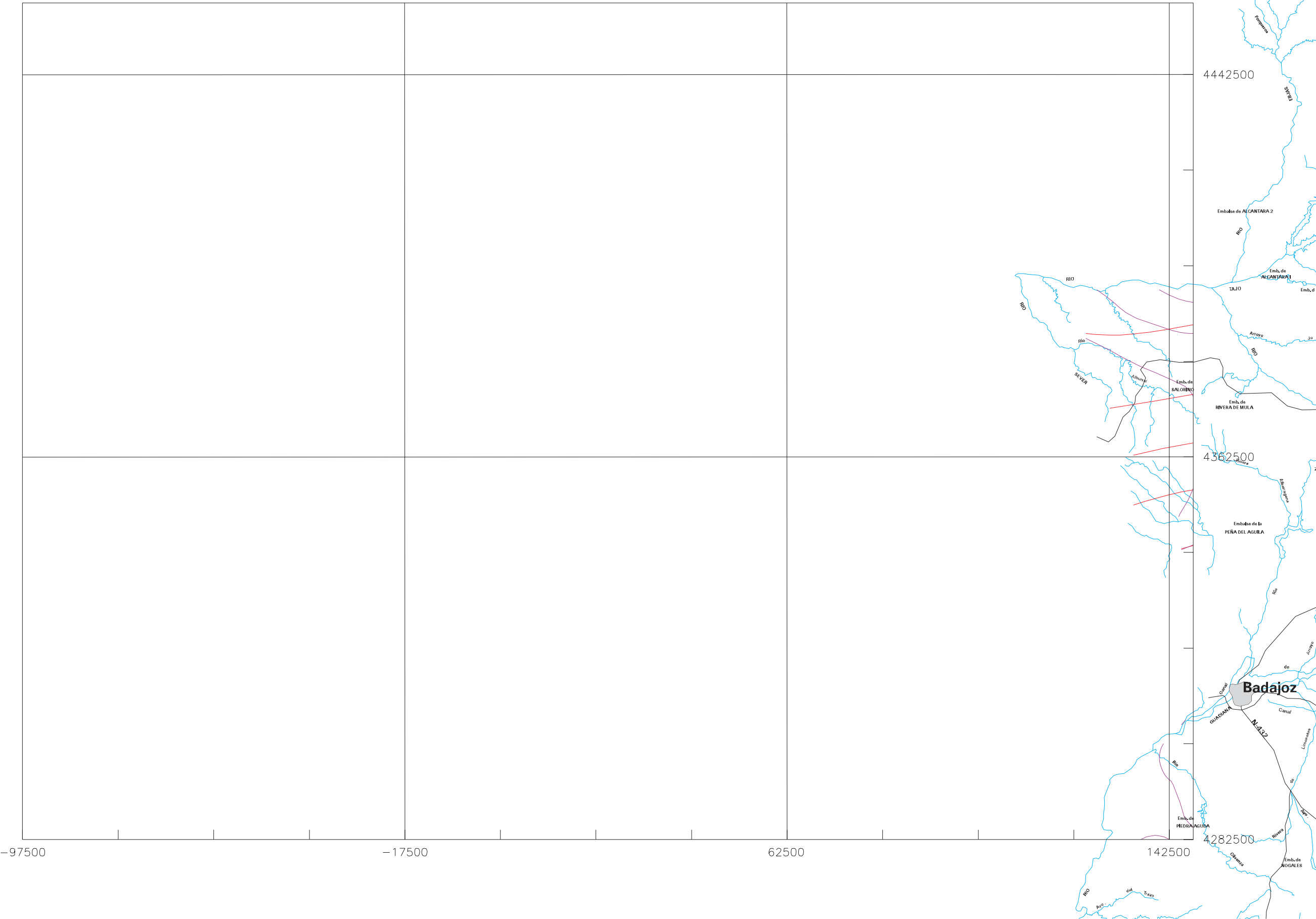
MALLORCA

MENORCA

Cala en Brut  
Cala Blanca

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

HOJA 1-4. LISBOA



HOJA 2-4. BADAJOZ-ELVAS

Plasencia

Talavera de la Reina

Caceres

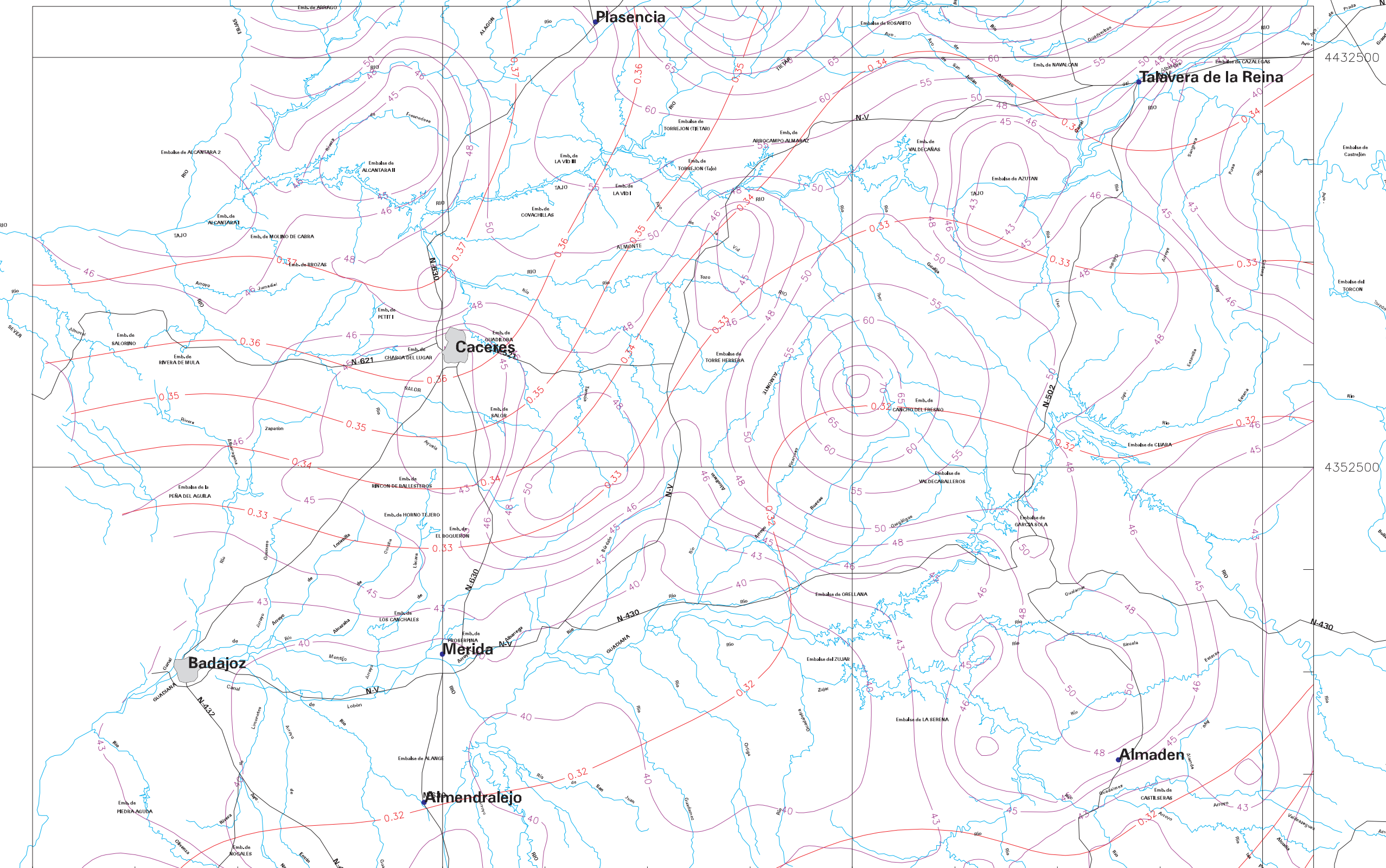
Badajoz

Merida

Almaden

Almendralejo

Zafra



4432500

4352500

127500

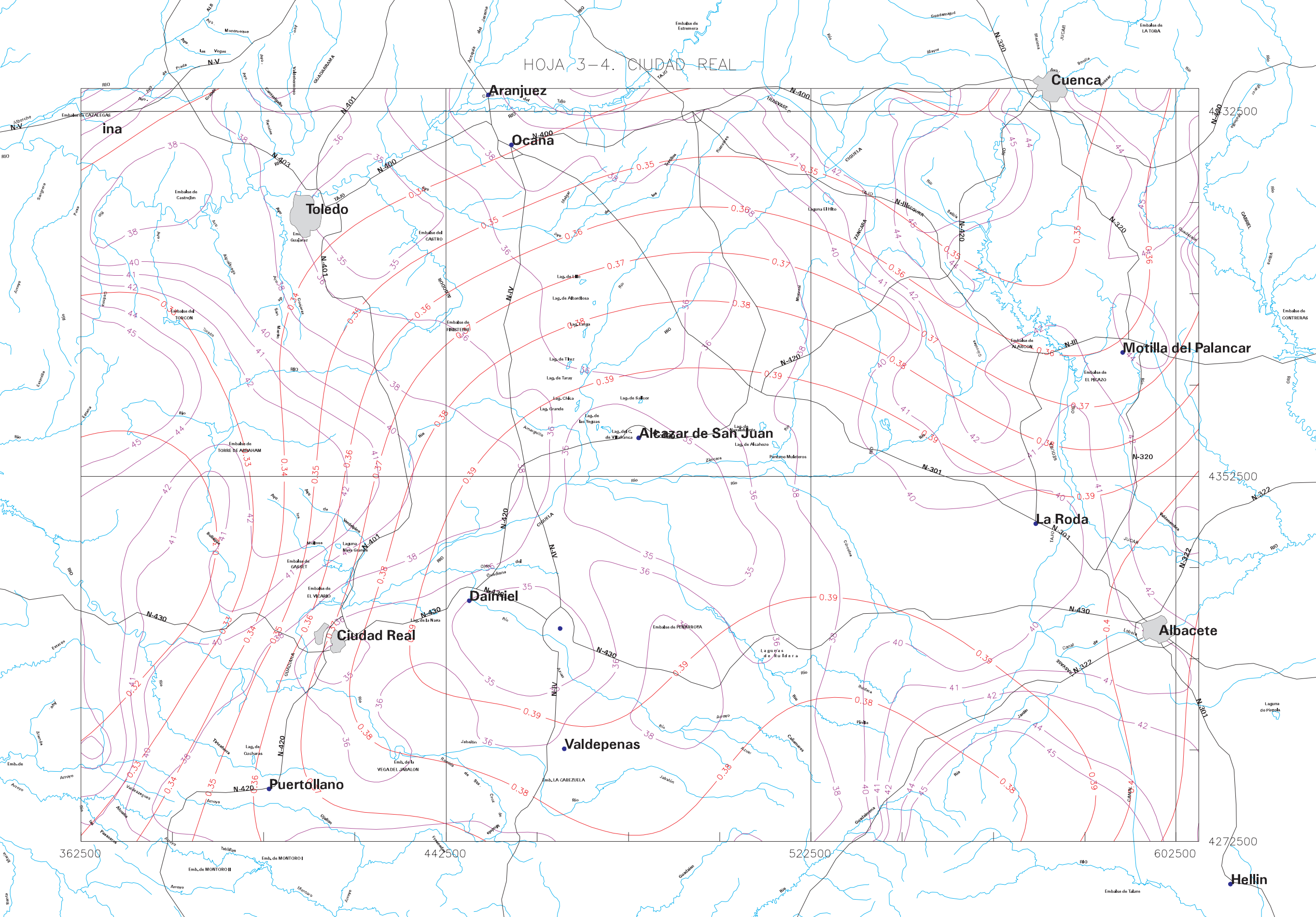
207500

287500

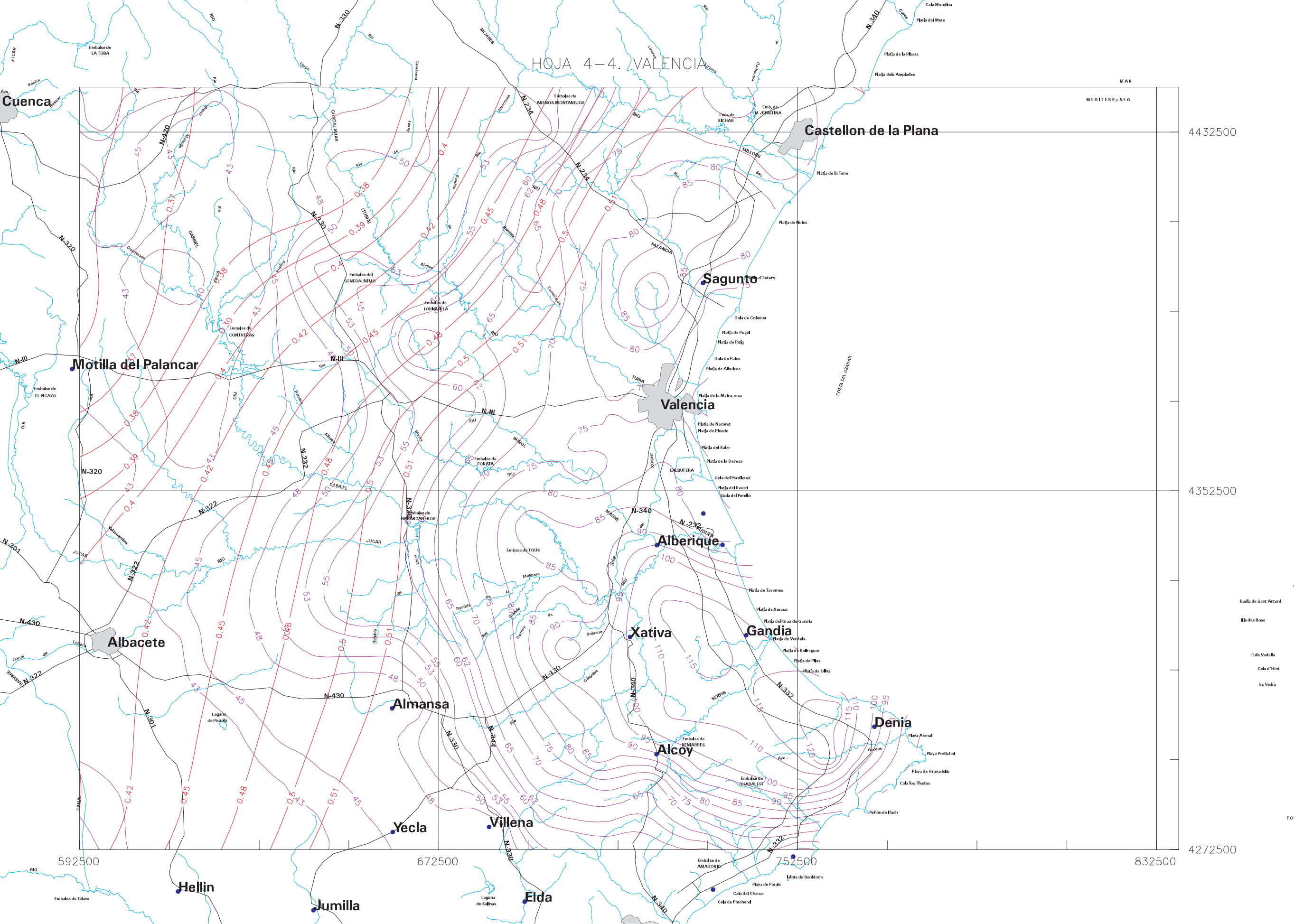
367500

4472500

HOJA 3-4. CIUDAD REAL



HOJA 4-4. VALENCIA



4432500

4352500

4272500

592500

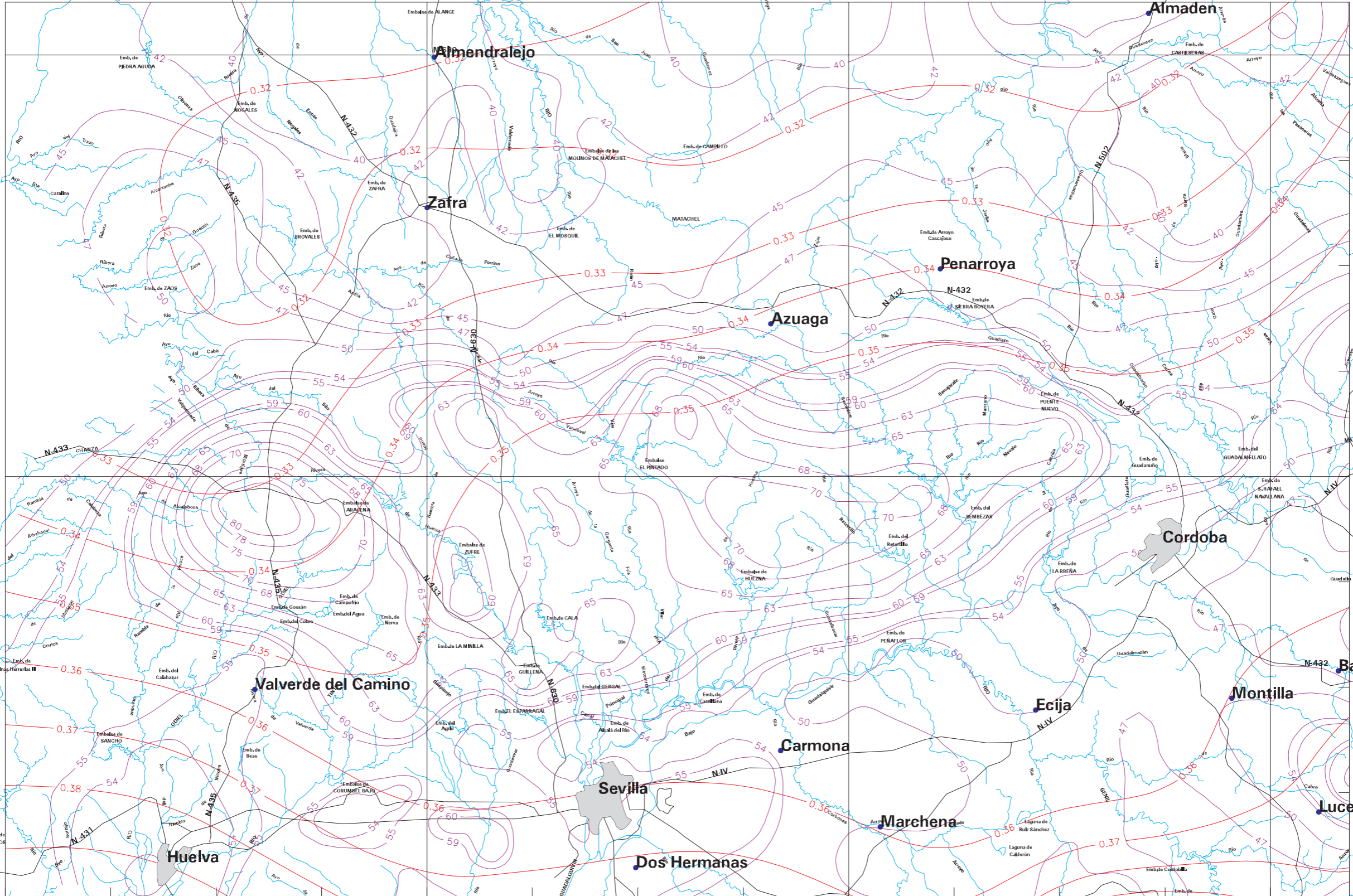
672500

752500

832500



HOJA 2-5. SEVILLA



4287500

4207500

12250

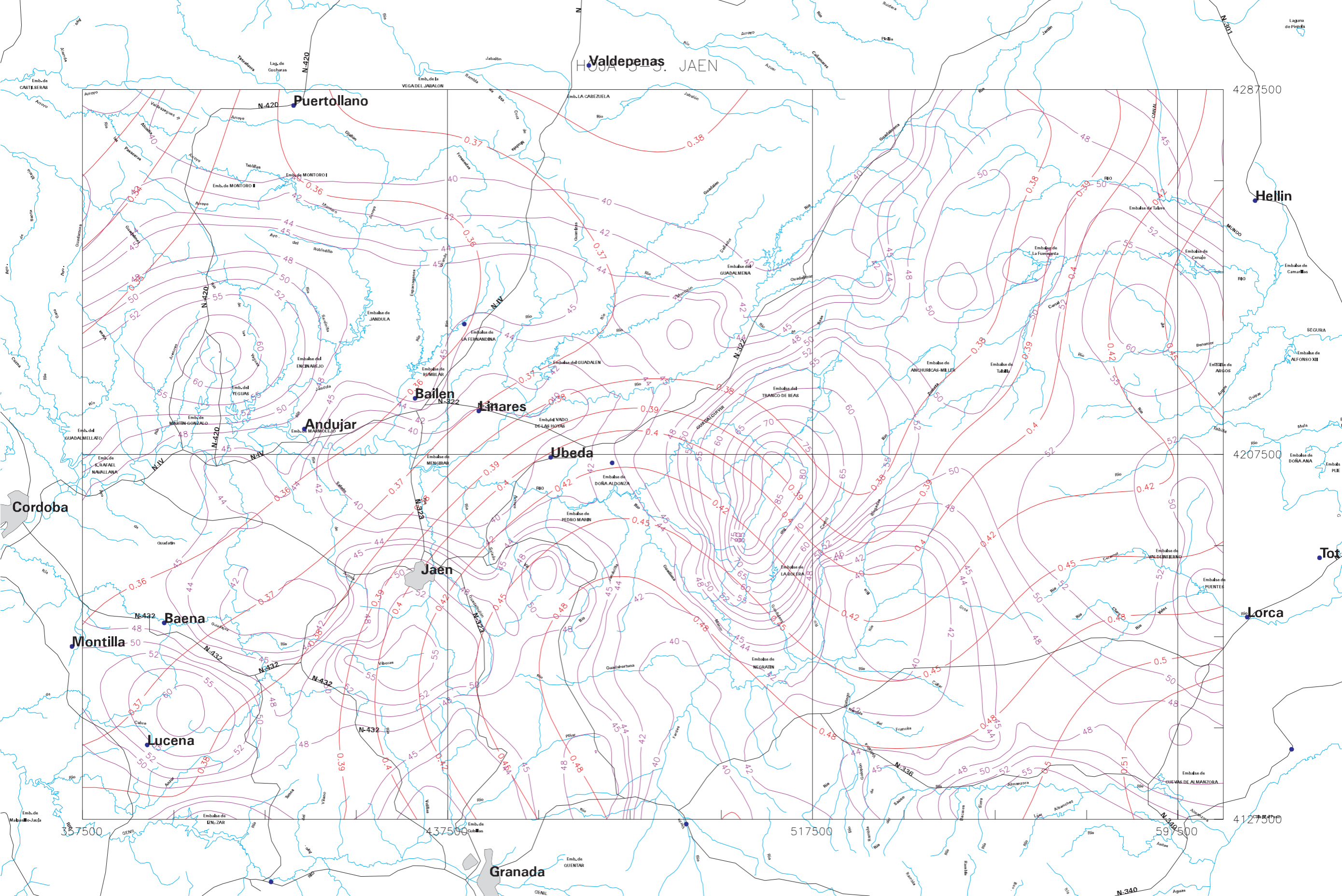
202500

282500

362500

412500





Valdepenas. JAEN

**Puertollano**

**Hellin**

**Bailen**

**Linares**

**Ubeda**

**Andujar**

**Jaen**

**Cordoba**

**Baena**

**Montilla**

**Lucena**

**Lorca**

**Granada**

4127500

387500

437500

517500

597500

4287500

4207500

N-420

N-420

N-420

N-432

N-432

N-432

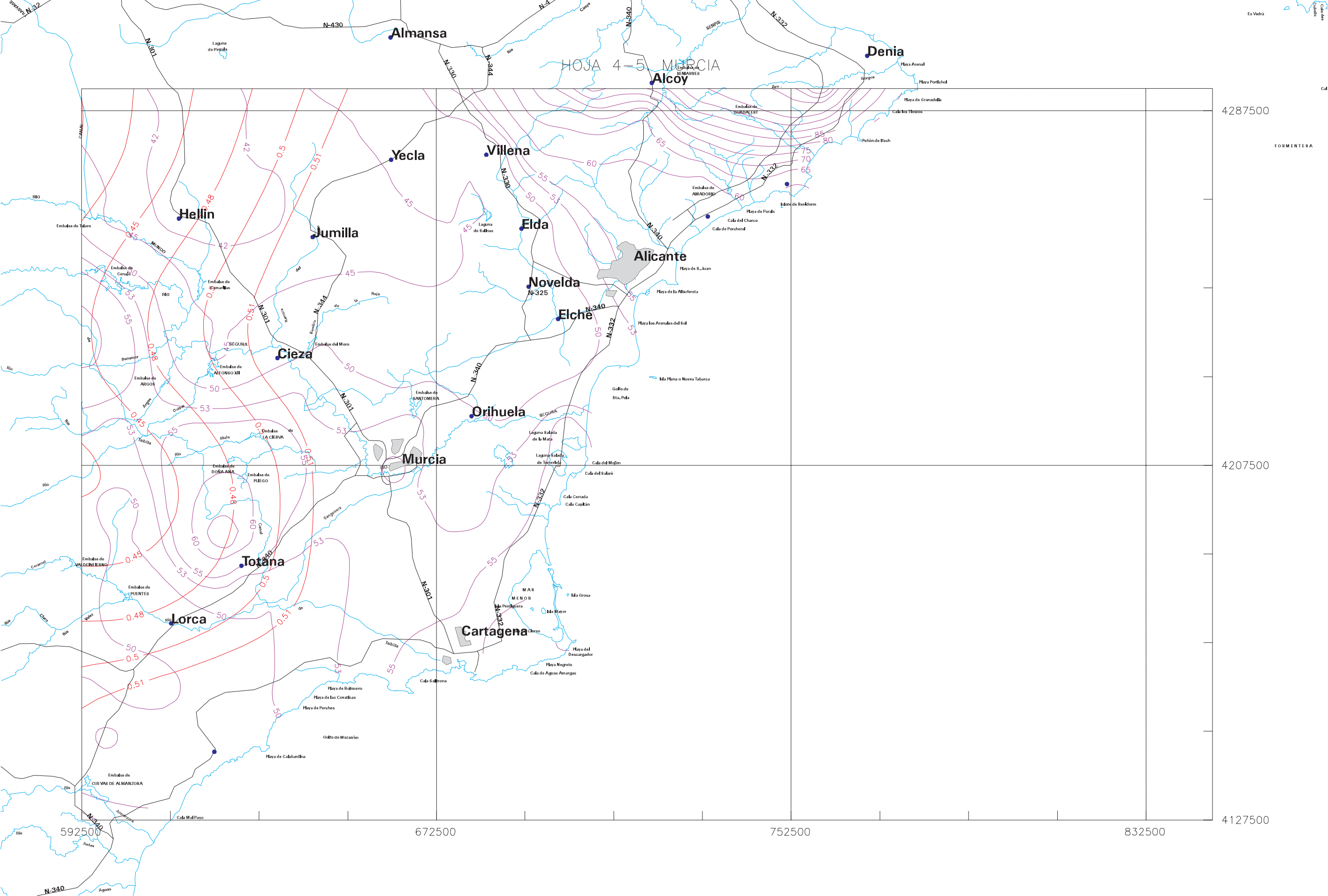
N-322

N-322

N-322

N-322

N-340



HOJA 4-5 MURCIA

Almansa

Denia

Alcoy

Yecla

Villena

Hellin

Jumilla

Elda

Alicante

Novelda

Elche

Cieza

Orihuela

Murcia

Totana

Lorca

Cartagena

4287500

4207500

4127500

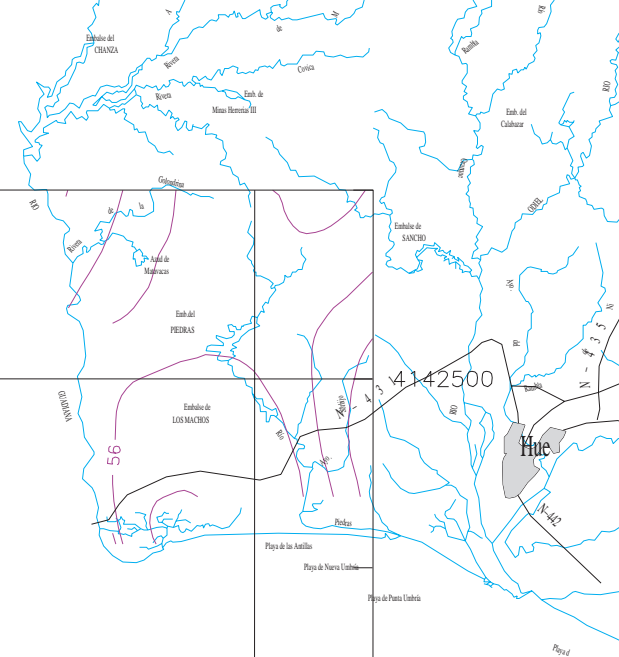
592500

672500

752500

832500

HOJA 1-6. FARO-AYAMONTE

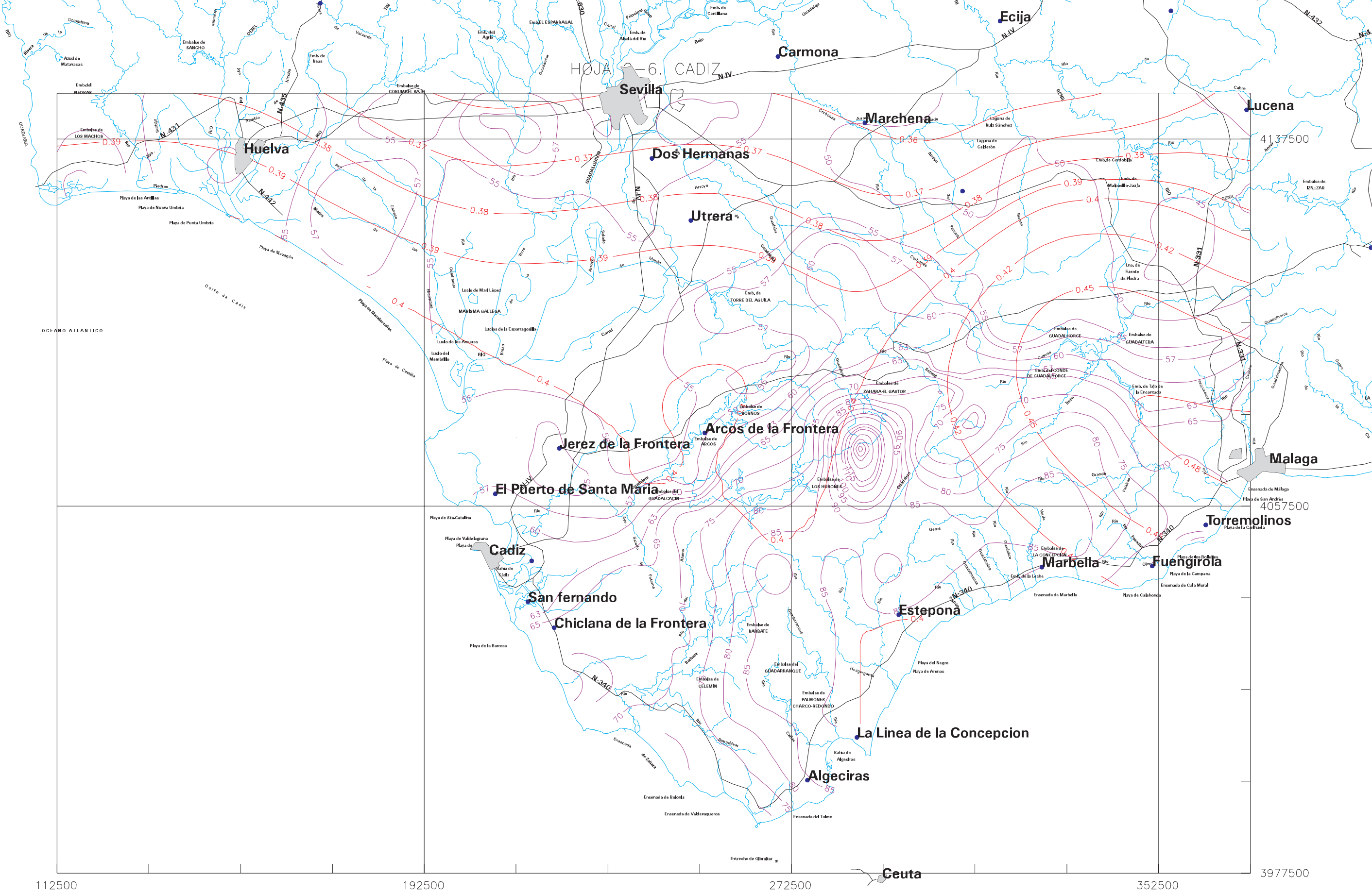


4142500

4062500

3982500

-115000 -35000 45000 125000



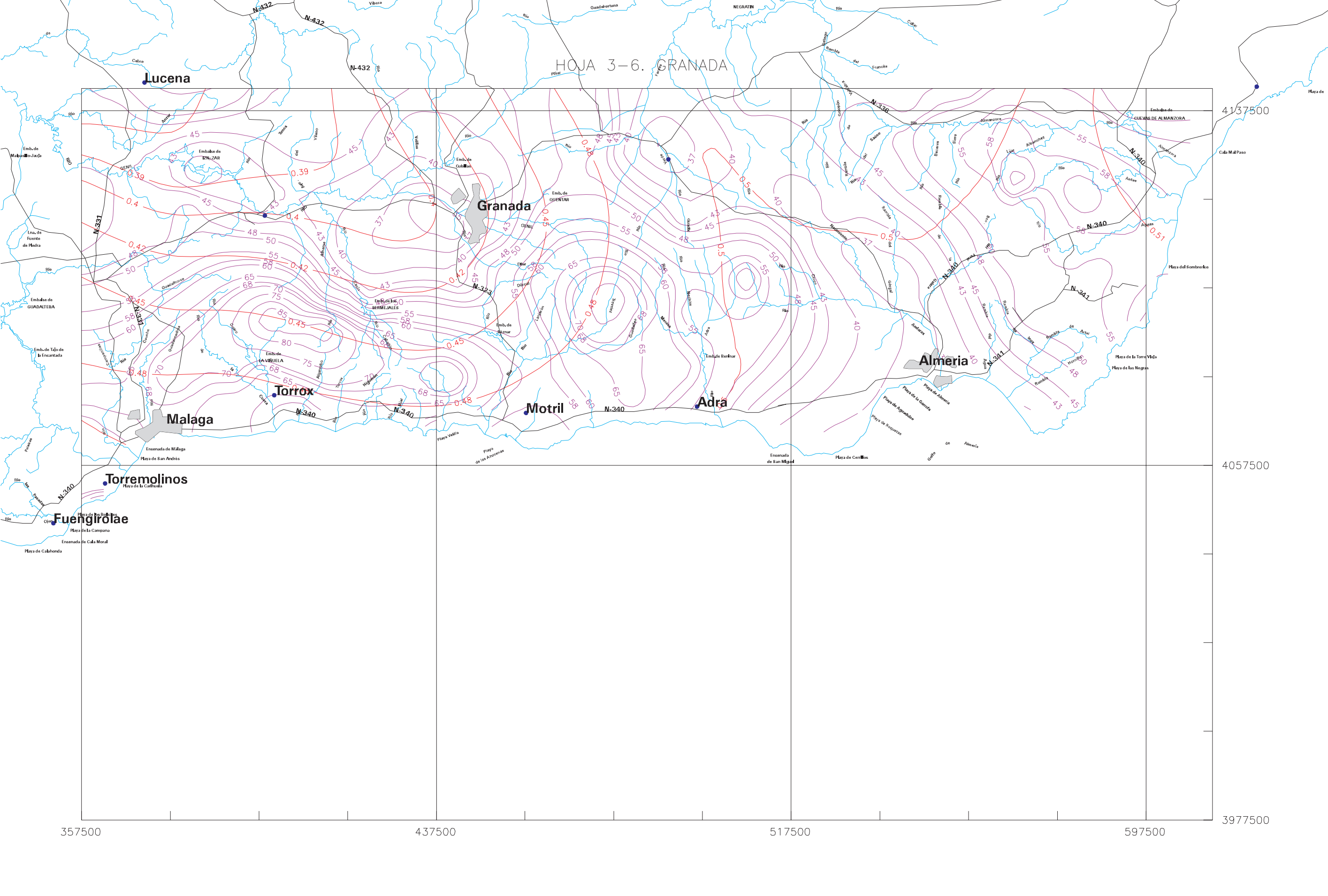
112500

192500

272500

352500

3977500



## 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

## **¿PROBLEMAS CON LAS APLICACIONES ?**

Por requisitos propios de Acrobat las direcciones de los programas que este documento maneja han de ser fijas lo que puede dar lugar a algún problema en algunas instalaciones de ordenador distintas de las normales.

Para solventar este tipo de situaciones se aconseja escoger los directorios propuestos por defecto en la instalación de la aplicación maxpluwin que se suministra con este documento.

A continuación se indican las direcciones en que este documento espera encontrar las distintas aplicaciones que maneja, junto al nombre del marcador que las activa:

- Instalar programa:    Suministro\disk1\setup.exe
- Calculadora:            C:\Windows\calc.exe
- PROGRAMA:            C:\Apli\maxpluwin\maxpluwin.exe

Caso de encontrar algún problema, estas aplicaciones se pueden manejar desde fuera de este documento sin más que hacer referencia a las direcciones indicadas.

Puede también hacerse una copia de las aplicaciones en las direcciones indicadas, si bien, hay que tener en cuenta que en el caso del programa resultará necesario copiar todo el contenido de la carpeta donde se sitúa la aplicación en la nueva carpeta.