

LA PROVINCIA DE BURGOS EN LA CARTOGRAFIA NACIONAL

En el presente trabajo se pretende dar una visión generalizada sobre la representación del territorio provincial burgalés en la cartografía nacional. El proceso se ha dividido genéricamente en tres partes; una primera, dedicada a sentar unos conceptos básicos sobre la figura de la Tierra; una segunda, dedicada a señalar los trabajos básicos: geodésicos, astronómicos, de nivelaciones, y gravimétricos que constituyen el soporte científico de una realización cartográfica, y una tercera, dedicada a comentar la realización cartográfica en sí misma, en cuanto se refiere al mapa nacional a escala 1:50.000 como base fundamental de la cartografía nacional y su ampliación a otras realizaciones cartográficas nacionales, señalando algunas referencias extranjeras e históricas de la cartografía burgalesa (*).

I. --- LA FIGURA DE LA TIERRA

La Tierra, nuestra morada, es un planeta del sistema solar. En la antigüedad se le atribuía una posición privilegiada, pero en los tiempos actuales hemos aprendido a considerarla como en realidad es, un planeta habitado y el tercero del sistema solar por orden de proximidad al Sol.

(*) En toda la parte histórica del presente trabajo se ha mantenido la ortografía antigua de nombres, tales como Solluve, Aro, Onrubia, Gu-miel de Izán..., por aparecer así escritos en la bibliografía consultada.

Desde los primeros esquemas sobre la configuración de la Tierra, algunos de ellos tan extravagantes como la idea hindú de que la Tierra, plana, se hallaba sostenida por cuatro elefantes colocados a su vez sobre la concha de una tortuga que flotaba en un océano ilimitado; pasando por los Aristóteles, Eratóstenes de Cirene, Tolomeo de Alejandría, Cristóbal Colón, Copérnico..., mucho ha sido el camino recorrido, hasta llegar a Galileo o Isaac Newton, que definieron de manera correcta la figura de la Tierra, aproximadamente como un elipsoide de revolución, cuyos primeros parámetros fueron deducidos a partir de las medidas efectuadas sobre la superficie terrestre por Cassini, Ulloa, Jorge Juan, La Condamine, Godin y Bouguer, entre otros.

Nace así, una nueva ciencia: **La Geodesia**, que en su sentido etimológico podemos definir como la ciencia que tiene por objeto la medida de las dimensiones de la Tierra. El estudio geométrico de la Tierra, se entiende pues, como la búsqueda y conocimiento de la forma general del planeta y de sus dimensiones características. Cuando se considera la forma de la Tierra, bajo un aspecto científico o matemático, ha de hacerse abstracción de las formas del relieve continental, desde las más altas cumbres del Himalaya hasta las fosas marinas del Océano Pacífico en las proximidades de las Islas Filipinas, separadas por una distancia relativamente pequeña, ($\approx 3\%$), comparada con la magnitud que define el radio terrestre, o semieje del elipsoide, para definirlo con mayor propiedad; y asimismo ha de hacerse abstracción de las alteraciones en el nivel del mar, para someter a estudio únicamente una figura media de la Tierra, determinada por la superficie media de los océanos, supuestas las aguas en reposo relativo, prolongada idealmente bajo los continentes. Dicha superficie matemática de la Tierra, es denominada Geoide, según la acepción propuesta por Listing, en el año 1873.

Naturalmente, la superficie del geoide así definida, no es una superficie que presente coincidencias con alguna superficie algebraica sencilla, lo que permitiría poder dar una definición geométrica del mismo. Por esta razón, se busca definir la figura más aproximada, el elipsoide de revolución, que mejor se adapte a la forma del geoide, con objeto de poder referir a esta superficie algebraica cada uno de los puntos de la superficie terrestre. (Figura 1).

Otro camino que permite estudiar y conocer la forma de la Tierra, es la **gravimetría**, ciencia que estudia el campo de la gravedad terrestre y que permite definir la superficie matemática de la Tierra, como una superficie equipotencial, ya que el geoide anteriormente definido no es, sino la figura de equilibrio de las masas oceánicas sometidas únicamente a la acción de la gravedad.

Modernamente, desde el año 1957, la presencia en el espacio de los satélites artificiales, algunos de ellos con fines exclusivamente geodésicos, como las series Geos y Pageos, ha venido a aportar a las dos grandes ramas de la geodesia, la geométrica y la dinámica o gravimétrica, una eficaz ayuda para resolver algunos problemas fundamentales, que como la deriva de los continentes, la variación de la velocidad de la rotación terrestre, las mareas de la corteza terrestre, o el desplazamiento de los polos, anteriormente estaban limitados por la elevación del elemento observador sobre la superficie terrestre.

II. --- GEODESIA Y CARTOGRAFIA

El conocimiento geodésico de un territorio cumple una doble finalidad: contribuir al estudio geométrico de la Tierra y servir de base a todo levantamiento cartográfico, topográfico y catastral que haya de emprenderse en el territorio.

El objetivo de este conocimiento es el establecimiento de una red de puntos materiales, **vértices**, cuya posición en un sistema de coordenadas y altitud con relación a un elipsoide de referencia sean conocidos con el mayor grado de exactitud posible. Para la primera finalidad enunciada, el estudio geométrico de la Tierra, es suficiente un número de vértices relativamente pequeño; para la segunda, el levantamiento ya sea cartográfico, topográfico o catastral, es necesario que el conjunto de vértices, **red**, sea más denso, pero apoyado en el esqueleto anterior, red fundamental o de primer orden.

Para la definición y establecimiento con precisión de estos vértices, ligados entre sí por medio de triángulos, es necesario recurrir a la utilización de unas ciertas técnicas, o métodos, que constituyen la ciencia geodésica. **La medida de bases**, proporciona valores de distancia entre puntos de la su-

perficie del elipsoide. **Las triangulaciones**, son esencialmente medidas angulares entre direcciones. **Las trilateraciones**, son esencialmente medidas de distancia punto a punto, entre vértices, realizadas mediante la utilización de procedimientos ópticos o electrónicos. **La astronomía de posición** determina las coordenadas astronómicas del punto y la dirección de la vertical en el campo estelar, permitiendo definir con relación al campo estelar, las direcciones de orientación de la red. **Las nivelaciones de precisión**, asociadas a la gravimetría, determinan para una pareja de puntos, la distancia entre las equipotenciales que pasan por ellos, y consecuentemente la diferencia de altitudes en el sentido genérico del término.

Los cálculos geodésicos tienen por objeto definir las coordenadas geográficas, longitud y latitud, de todos y cada uno de los puntos de una red, a partir de un punto fundamental DATUM, en el que el elipsoide convencional adoptado es tangente al geode. En los levantamientos cartográficos es necesario transformar estas coordenadas geográficas, por medio de un sistema de transformación biunívoca, en coordenadas rectangulares planas o coordenadas cartesianas, sobre el plano de representación escogido, conservando generalmente la correspondencia entre las áreas del terreno y del plano, **proyecciones equivalentes**, o conservando la correspondencia entre ángulos, **proyecciones conformes**.

III. --- LA RED GEODESICA NACIONAL

III.1. --- Proceso histórico.

A mediados del siglo XVIII, el célebre e insigne marino Jorge Juan, que en el año 1736, formando parte de la expedición La Condamine, en Perú y Ecuador, contribuyó a demostrar definitivamente la elipticidad terrestre y el aplastamiento polar de la Tierra, preparó un proyecto de un mapa de España, establecido sobre la medición de una base central y una red de triángulos, que no llegó a realizarse por las enormes dificultades inherentes a la época.

Posteriormente, a finales de siglo, en el año 1796, se creó el Cuerpo de Ingenieros Cosmógrafos del Estado, que se disolvió en el año 1804, ante la imposibilidad de realizar el mapa de España.

En el año 1852, la Real Academia de Ciencias elevó una moción al Gobierno, presidido en aquel entonces por Bravo Murillo, manifestando «que no debía pasar más tiempo sin emprender obra tan necesaria como nuestro mapa topográfico». Se nombró una «Comisión del Mapa de España», presidida por el Brigadier García San Pedro, que terminó el proyecto en el año 1853, año en que se dictó la «Ley de medición del territorio», con objeto de realizar el referido mapa, cuya primera operación fue la medición en el año 1858 de la base central de la triangulación española en Madridejos (Toledo), con una longitud de 14.663 metros.

En el año 1870 se creó el Instituto Geográfico, hoy transformado en Instituto Geográfico y Catastral, Dirección General dependiente de la Presidencia del Gobierno, al que están encomendados cuantos trabajos se relacionan con las ciencias y técnicas geográficas, astronómicas y geofísicas, y principalmente la realización del mapa topográfico nacional, ingente obra emprendida por Ibáñez Ibero, primer director general del citado organismo.

III.2. --- Desarrollo de la red geodésica nacional.

La red geodésica nacional de primer orden está formada por cuatro cadenas de grandes triángulos orientados en la dirección de los meridianos de Salamanca, Madrid, Pamplona y Lérida, respectivamente; de tres cadenas de análogas características en el sentido de los paralelos de Palencia, Madrid y Badajoz; y de otras tres cadenas de costa que se extienden por el norte, este y sur, comprendiendo un total de 285 vértices, en casi todos los cuales se habían realizado observaciones acimutales en el año 1874.

La resolución de estas cadenas, se apoya en las bases medidas directamente en Madridejos (Toledo), Arcos de la Frontera (Cádiz), Lugo, Vich (Barcelona), Cartagena (Murcia) y Olite (Navarra).

Estas cadenas, al cruzarse, dan origen a diecinueve espacios cerrados, que cubiertos de unas nuevas redes de triángulos de primer orden complementarios, se apoyan en las cadenas principales. Esta red complementaria fue casi ultimada en el año 1892 y se terminó por completo en el año 1915. El conjunto de la red de primer orden se compone de un total de 573 vértices,

y la longitud promedio de sus lados es de cuarenta kilómetros. (Figura 2.)

Como datum o punto fundamental de la red se tomó el vértice Madrid, situado en el Observatorio Astronómico de El Retiro, determinándose el acimut astronómico del lado Observatorio-Hierro (vértice este, situado en el Sistema Central, en la divisoria Madrid-Segovia), que debía servir para la orientación de la red. A partir del año 1870 se inició la observación de puntos astronómicos, disponiendo en total de 33 determinaciones de latitud, de 16 determinaciones de longitud, y de 27 direcciones acimutales.

Posteriormente, se realizaron los enlaces geodésicos:

a) Con Francia, a partir de las cadenas meridianas de Pamplona y Lérida y de la cadena de costa este, que poseen lados comunes con la cadena francesa de los Pirineos.

b) Con Portugal, por ampliación de las cadenas de los paralelos de Palencia, Madrid y Badajoz, y de la cadena de costa Sur, hasta encontrarse con la cadena de costa portuguesa, que a su vez enlaza con nuestra cadena de costa Norte.

c) Con Argelia, en operación que hizo época en la geodesia convencional, en el verano del año 1879. Se efectuaron las operaciones durante la noche y el lado Mulhacén (España)-Filhausen (Argelia), es el mayor lado geodésico de Europa, alcanzando 270 kilómetros.

d) Con Marruecos, terminando en el año 1929 la observación de la cadena del meridiano de Tetuán, que enlaza por el Norte con la cadena del meridiano de Salamanca, y por el Sur con la cadena francesa del meridiano de Mequinez.

En el año 1932 se completó la denominada «red del Mediterráneo occidental», que a través de la isla de Alborán enlaza España con Argelia y Marruecos, apoyándose en los enlaces anteriores.

e) Con las Islas Baleares, en operación realizada en el año 1885, a partir de la cadena de costa Este. Uno de los lados del enlace midió 238 kilómetros.

f) Con las Islas Canarias, mediante la realización en el período comprendido entre los años 1923 y 1928 de la denominada cadena del paralelo de Canarias y posterior enlace con la costa sahariana, para lo cual fue necesario instalar una torre metálica de 60 metros de altura en Cabo Juby.

El proceso de cálculo, deducción de las direcciones más pro-

bables en cada estación aislada, por el método de los mínimos cuadrados, complicado por su realización exclusivamente manual, debía ser ajustado por medio de una compensación general y simultánea en toda la red, de los errores que acusan las observaciones o datos superabundantes, de acuerdo con el método simplificado de Bayer, que preconizaba por entonces la Asociación Geodésica Internacional. Por acuerdo internacional, los cálculos debían de realizarse con los parámetros del elipsoide de Bessel.

Tras la paralización de estos trabajos en el año 1924, por las dificultades que presentaba, se inició el proyecto de una nueva red geodésica fundamental en el año 1933, proyecto que también fue abandonado ante la posibilidad de compensar la red española, integrada en la red europea.

Al acabar la II Guerra Mundial, el Army Map Service de los Estados Unidos de América, acometió la grandiosa tarea de unificar las redes de todos los países europeos sometiéndolas a compensaciones de conjunto, organizando a tal fin un equipo de geodestas alemanes bajo la dirección del profesor Gigas, que realizó las compensaciones de los bloques Central y Sureste. A su vez el Coast and Geodetic Survey de los Estados Unidos de América realizó la compensación de los bloques Norte y Suroeste. El cálculo del bloque Suroeste, que comprende el Norte de África, España, Portugal, Francia, Bélgica, Italia, Suiza y Austria, se realizó en ordenadores electrónicos I.B.M. y su cálculo exigió dieciocho meses de trabajo.

IV. --- LA RED GEODESICA EN LA PROVINCIA DE BURGOS

Como ya hemos indicado anteriormente, la red geodésica nacional está formada por unas cadenas de triángulos en la dirección de los meridianos, paralelos y líneas de costa. La provincia de Burgos se encuentra atravesada por la cadena geodésica del meridiano de Madrid, que contiene cuarenta y tres vértices desde el Océano Atlántico hasta el Mar Mediterráneo, comprendiendo entre ellos el propio Observatorio Astronómico y los dos extremos de la base central de Madrಿದೆjos.

La observación previa o reconocimiento de esta cadena sobre el terreno y su proyecto de triangulación se había comen-

zado en el año 1854, formándose dos brigadas de trabajo, que partiendo de la base central de Madridejos, se dirigieron, respectivamente hacia el norte y sur. En el año 1855, quedó terminado el trabajo previo de la parte septentrional de la cadena y tras la realización «in situ» de las señales permanentes que debían facilitar la observación, ésta se llevó a cabo durante los años 1859 a 1863.

Dentro de la provincia de Burgos, se establecieron los vértices de Valnera (43), Altotero (45), Amaya (46), Quintanilla (47), San Millán (48) y Valdosa (49), cuya descripción, tal y como figura en las memorias del Instituto Geográfico, tomo I, damos a continuación:

Vértice Valnera. — El Castro de Valnera, llamado también de Aguasal, es una de las más altas cumbres de la cordillera Cantábrica que forma el nudo de donde parten las montañas de Santander, y separa, en la provincia de éste nombre, el valle de Pas del de Espinosa de los Monteros, en la de Burgos, dividiendo al mismo tiempo el territorio de estas dos provincias. El vértice está situado en el pico central y más elevado de los tres en que termina el Castro, a 15 kilómetros proximamente hacia el N.O., en el término de la villa de Espinosa, y algo menos distante al S.E. de la Vega de Pas, dando nombre a los valles referidos, son las más importantes de todas las poblaciones inmediatas; se comunican atravesando la cordillera, por los puertos de las Estacas de Trueba y de Lunada, entre los cuales se halla el punto de estación. Ambas villas ofrecen recursos suficientes y desde cualquiera de ellas puede emprenderse la subida a éste, que parece algo más fácil desde Espinosa y dura de cuatro y media a cinco horas de marcha. Para ello puede seguirse el camino del puerto de Las Estacas hasta el arroyo de Valnera, subir por sus orillas a las últimas cabañas de pastores, desde donde es forzoso llevar a brazo el material por un cañada que tiene origen en las rocas inferiores del castro, accesibles por varios puntos; pasadas éstas se llega sin dificultad por la misma pendiente del Sur, a las peñas que forman el pico central, a cuyo pie se puede acampar dos minutos antes de pisar su cima, cerca de la cual hay agua y leña. La villa de Espinosa es tránsito de la carretera en construcción de Villasante a Santander; y Villasante, que está a 12 kilómetros al E. de aquella villa, es a su vez punto de la carretera de Burgos a Santoña.

El punto geodésico está marcado en el centro de la base

inferior de 3,20 m. de diámetro, de una señal tronco-cónica de mampostería ordinaria, pintada de negro para su mejor visibilidad (1), cuya base superior tiene 1,00 m. de diámetro y está cubierta por un cono de 0,50 m. de alto, siendo de 7,00 m. la altura total de la señal sobre el zócalo en que insiste, que sólo sobresale del terreno lo necesario para explanarle. Cerca de ella está cortado el pico verticalmente, formando un precipicio de más de 300 m. de profundidad. Las observaciones angulares se hicieron en un pilar como los ya descritos (2), cuyo eje vertical distaba 9,37 del de la señal y tenía 0,20 m. de elevación sobre el zócalo de ésta. Latitud 43° 08' 45", longitud 0° 00' 20" E. y altitud 1.720 m.

Vértice Altorero. — Altorero está situado en la extremidad oriental y más elevada del páramo de Villalta, entre el río Omíno y la carretera de Burgos a Villarcayo, separada del vértice de 7 a 8 kilómetros hacia el O. Se halla en el término de la villa de Poza de la Sal, provincia de Burgos, y la subida, que puede hacerse en una hora, es fácil en todas direcciones, excepto en la del E., por donde el terreno forma un profundo barranco, cuyo fondo está cubierto de salinas que se extienden hasta la citada villa, de bastantes recursos y la mejor de las poblaciones inmediatas. Al pie del cerro hay una venta, que excusa acampar.

El vértice está marcado en el centro de la base inferior de una señal de igual forma, material y dimensiones que la de Valnera, diferente sólo en su altura, que es de 6,65 m. sobre el zócalo. Las observaciones fueron hechas en un pilar elevado 0,80 m. sobre éste zócalo y distante su eje 7,50 m. del de la señal. Latitud 42° 40' 35", longitud 0° 09' 15" E. y altitud 1.178 m.

Vértice Amaya. — Punto más alto y extremo N. E. de la meseta o Peña de Amaya, que se eleva en la región hidrográfica y a la izquierda del Pisuega. Está en el término de la villa de Amaya, provincia de Burgos, situada al pie meridional de la Peña, proximamente a cuatro kilómetros de distancia, y aunque escasa de recursos, es la mejor de las que hay inmediatas. Llana la cumbre de la meseta y formada de rocas, es innaccesible en casi todo su perímetro, y sólo por dos o tres portillos que

(1) En la actualidad y salvo casos verdaderamente excepcionales, todas las señales están pintadas de color blanco.

(2) Son pilares excéntricos con objeto de permitir la realización simultánea de visuales desde otros vértices, obligando en el proceso de cálculo a efectuar una «reducción al centro de estación».

dejan puede hacerse con dificultad la ascensión, empleando más de una hora; por la parte oriental las peñas, cortadas verticalmente, presentan un muro de considerable altura, y por la occidental descienden rápidamente para formar un barranco profundo, cuya ladera opuesta termina en otra meseta de casi igual elevación. Para llegar al punto de estación debe seguirse la vertiente oriental hasta cerca de su extremo N., en donde está el portillo más practicable. Se puede acampar en la cumbre; pero no hay cerca agua ni leña. La estación de Alar del Rey, en el trozo del ferrocarril de Palencia a Santander, se halla al O., a distancia próximamente de 12 kilómetros; también es esta villa punto de carretera. Una señal igual a la del vértice Valnera, menos en la altura, que es de 6,90 m. sobre el zócalo, tiene marcado el punto geodésico en el centro de su base inferior. Las observaciones se hicieron en un pilar que sobresalía 0,02 del plano superior del zócalo de la señal, siendo de 8,40 m. la distancia entre los ejes verticales respectivos. Para las observaciones correspondientes a la cadena de costa septentrional se fabricó otro pilar en sitio relativamente más ventajoso, cuyo eje distaba 7,22 del de la señal y se elevaba 0,25 m. sobre el zócalo referido. Latitud $42^{\circ} 39' 42''$, longitud $0^{\circ} 27' 25''$ O. y la altitud 1.365 m.

Vértice Quintanilla. — La Muela de Quintanilla, situada a la izquierda del Arlanzón, se halla al S. de la villa de Quintanilla Somuño, distante de dos a tres kilómetros y al N. de la de Presencio, más lejana. Corresponde al término de ambas villas en la provincia de Burgos, de cuya capital está separada la Muela 20 kilómetros por el S. O. y poco más de seis de Estépar, estación del ferrocarril del Norte y tránsito de la carretera de Burgos a Palencia. Puede acamparse en la meseta que forma la cumbre, donde no hay leña ni agua, tardándose en llegar desde Quintanilla menos de una hora, con caballerías o carros. Señala el vértice en el terreno una construcción de mampostería de ladrillo formada de tres cuerpos superpuestos; el inferior, que asienta en el suelo natural, tiene 0,80 m. de altura, y su base cuadrada 1,10 m. de lado, y en el centro de ella está marcado el punto geodésico; en este cuerpo insiste otro, de base también cuadrada, de 0,82 m. de lado y de 1,75 m. de alto, y sobre él se eleva 1,78 m., cubierto con una losa, el pilar que sirvió para las observaciones, de planta cuadrada de 0,56 m. de lado. Rodea a esta construcción de 4,33 m. de altu-

ra total, un terraplén tronco-cónico con la pendiente natural de las tierras, elevado 3,53 m. sobre el terreno, y en su cara superior de 3,00 m. de diámetro, sirve de piso a la estación, a que se sube por una rampa suave. Latitud $42^{\circ} 13' 28''$, longitud $0^{\circ} 11' 37''$ O. y altitud 956 m.

Vértice San Millán. — Cerro más elevado de la sierra de la Demanda, que extendiéndose próximamente de O. a E. en el territorio confinante de las provincias de Burgos y de Logroño, forma parte de la cordillera Celtibérica, divisoria de aguas entre el Océano y el Mediterráneo. El vértice San Millán está en el límite de las villas de Santa Cruz del Valle, situada en la falda septentrional, Pineda de la Sierra en el límite Sur de la oriental y Barbadillo de Herreros en la meridional, pertenecientes todas a la provincia de Burgos y casi igualmente distantes del punto de estación; pero escasas de recursos, que es preferible obtener de la de Pradoluengo, algo más lejana hacia el Norte (11 kilómetros), y enlazada por 13 kilómetros de camino carretero con la de Belorado, tránsito de la carretera en construcción de Burgos a Logroño. Desde cualquiera de las villas a cuyos términos pertenece, se tarda tres horas en la subida; se puede acampar en la cumbre y hay agua y leña en la falda. El punto geodésico está marcado, como los otros, en el centro de la base inferior de una señal igual a la del vértice Valnera, excepto en la altura, que es de 7,10 m. sobre el zócalo. Un pilar elevado 0,82 m. sobre éste, y distando su eje 7,10 m. del de la señal, sirvió en las observaciones angulares. Latitud $42^{\circ} 13' 54''$, longitud $0^{\circ} 28' 52''$ E. y altitud 2.134 m.

Vértice Valdosa. — Castro de Valdosa, conocido también por Peña-Cervera, es el punto más alto del cerro de los Castros, perteneciente a la Sierra de Cervera, situada entre el Duero y el Arlanza. Se halla el vértice en el límite común de los términos de Santibáñez y de Tejada de Cervera, que tienen asiento en la falda septentrional, y de Ciruelos de Cervera, en la meridional y de otras poblaciones colindantes, perteneciendo todas a la provincia de Burgos. La subida, aunque muy pendiente, es practicable en el transcurso de una hora a acémilas cargadas, sea siguiendo una cañada de la vertiente meridional, a cuyo extremo se encuentra el pueblo de Briongos a cuatro kilómetros del punto de estación, sea por una senda de la opuesta falda que parte de la ya nombrada villa de Tejada, de más recursos, situada a igual distancia. Próximamente, a 18 kiló-

metros por el E., se halla la carretera de Madrid a Burgos. Hay abundancia de leña y se puede establecer el campamento al lado de la señal. Es ésta idéntica a la del vértice Valnera; pero lleva en su extremo superior, empotrado en el eje, un mástil que sostiene verticalmente un tablero centrado de 1,80 m. de ancho y de 1,00 m. de alto, cuyo borde inferior dista otro metro próximamente del remate de la señal, y está formado de tablas espaciadas pintadas de negro, resultando elevado su punto medio 8,50 m. sobre el zócalo, en cuya cara superior y en el eje de la señal está marcado el punto geodésico. A distancia de 6,80 m. de éste se situó el eje del pilar que sirvió para las observaciones, y tenía 0,85 m. de altura sobre el zócalo referido. Latitud $41^{\circ} 56' 58''$, longitud $0^{\circ} 10' 53''$ E. y altitud 1.415 m.

Todas las observaciones desde estos vértices fueron realizadas por los señores don Cesáreo Quiroga y don Fernando Monet.

Desde el vértice Valnera, se realizaron durante el período comprendido entre los días 27 de agosto y 19 de septiembre del año 1861, un total de ciento cincuenta y cuatro observaciones a los vértices Llatias, Cerredo, Solluve, Aro, San Millán, Alto-tero, Quintanilla y Amaya. Posteriormente en una segunda fase de los trabajos, entre el 21 de junio y el 6 de julio del año 1871, se realizaron un total de ciento cuarenta observaciones a los vértices Amaya, Valdecebollas, Contés, e Ibio.

Desde el vértice Altotero, se realizaron durante el período comprendido entre los días 9 y 26 de noviembre del año 1861, y posteriormente entre los días 11 y 19 de mayo del año 1862, un total de ciento cuarenta y seis observaciones a los vértices San Millán, Valdosa, Quintanilla, Amaya, Valnera, y Aro.

Desde el vértice Amaya, se realizaron en el período comprendido entre los días 15 de octubre y 4 de noviembre del año 1861, un total de doscientas cuatro observaciones a los vértices Valnera, Altotero, San Millán, Valdosa, Quintanilla, Greda, Vegapajar, Autilla, y Villanueva. Posteriormente en una segunda fase de los trabajos llevados a cabo entre el 29 de octubre y el 6 de noviembre del año 1870, se realizaron un total de sesenta y cuatro observaciones a los vértices Valnera, Espigüete, Contés, y Valdecebollas.

Desde el vértice Quintanilla, se realizaron en el período comprendido entre los días 25 de octubre a 1 de noviembre del año 1862, un total de ciento treinta y cuatro observaciones a

los vértices Amaya, Altotero, San Millán, Valdosa, Rubio, Greda, y Vegapajar.

Desde el vértice San Millán, se realizaron en el período comprendido entre los días 6 y 18 de agosto del año 1861, un total de ciento treinta y dos observaciones a los vértices Valdosa, Greda, Vegapajar, Quintanilla, Amaya, Altotero, Valnera, Aro, Cebollera, Ardal, Moratilla, y Rubio.

Desde el vértice Valdosa, se realizaron en el período comprendido entre los días 19 y 30 de julio del año 1861, un total de ciento treinta y siete observaciones a los vértices Moratilla, Colgadizos, Rubio, Greda, Vegapajar, Quintanilla, Amaya, Altotero, San Millán, y Ardal.

En el vértice Llatias, junto a Santander, se determinó el acimut de la dirección Llatias-Valnera, mediante treinta series de observaciones llevadas a cabo durante el período comprendido entre los días 30 de julio y 24 de agosto del año 1871, por los observadores señores Merino y Ventosa, empleando el procedimiento de observación a la Polar (*Ursae Minoris*).

La cadena del meridiano de Madrid queda interceptada dentro del espacio de la provincia de Burgos, por la cadena de costa Norte, en la parte septentrional de la provincia, y por la cadena del paralelo de Palencia en su zona Sur.

La cadena de costa Norte, compuesta por treinta y cinco vértices, comprende entre otros los de Contés, Espigüete, Valdecebollas, Ibio, Valnera, Llatias, Cerredo, Aro y Solluve enlazados geodésicamente con los de la cadena del meridiano de Madrid. Además de las direcciones observadas anteriormente, durante los trabajos de esta cadena se realizaron los siguientes nuevos enlaces:

Desde el vértice Contés, en 1870, se observaron Valnera y Amaya; desde el vértice Espigüete, en 1871, se observó Amaya; desde el vértice Valdecebollas, en 1870, se observaron Valnera y Amaya; y desde el vértice Ibio, en 1870, se observó Valnera, en operaciones realizadas por el señor Monet. Asimismo en operación llevada a cabo por los señores Monet y Quiroga, en 1862, fue observado el vértice Valnera desde Solluve. Todo ello independientemente de los enlaces propios de la cadena correspondiente.

La cadena del paralelo de Palencia, compuesta por cincuenta vértices, es la más larga de las de la península, y comprende entre otros los vértices Autilla, Villanueva, Vegapajar,

Greda, Quintanilla, Valdosa, San Millán, Ardal, y Cebollera enlazados geodésicamente con la cadena del meridiano de Madrid. Durante los trabajos de esta cadena se efectuaron los siguientes nuevos enlaces:

Desde el vértice Villanueva, el operador señor Caramés observó Amaya en la campaña de 1864; desde Vegapajar, en 1864, se observaron Amaya, Quintanilla, San Millán y Valdosa, y en 1873, se observó Amaya, en operaciones llevadas a cabo por los señores Caramés, Hernández, y Ruiz Moreno; desde Ardal, en 1866, se observaron los vértices Valdosa, y San Millán; y desde Cebollera, en 1870, se observó San Millán, en operaciones llevadas a cabo por el señor Uriarte.

Como ya se indicó anteriormente y tras el cálculo de las direcciones más probables, se procedió a la compensación de la red, para lo que hubo que dividir la misma en diez partes. El trozo II, Burgos, estaba formado por los treinta y un vértices siguientes: Peñas, Gamonal, Trigueiro, Mampodre, Matadeón, San Vicente, Llatías, Valnera, Altotero, Amaya, Quintanilla, San Millán, Valdosa, Greda, Rubio, Moratilla, Colgadizos, Carbonero, Hierro, Tazones, Monfrecho, Contés, Espigüete, Valdecebollas, Ibio, Navajos, Sardanedo, Autilla, Villanueva, Vegapajar y Ardal. La operación dirigida por el señor Cabello quedó terminada en el año 1886.

En el vértice Quintanilla, punto de intersección o confluencia de las cadenas geodésicas del meridiano de Madrid, y del paralelo de Palencia se realizaron una serie de observaciones astronómicas, necesarias para la determinación de latitud y acimut de una dirección, durante una campaña llevada a cabo por el señor Esteban Gómez durante los meses de junio y julio del año 1878. Las observaciones comprendieron:

— Determinación previa del estado del cronómetro.

— Determinación de latitud por observaciones de distancias cenitales de la Polar, mediante la realización de treinta y seis series de observaciones entre el 25 de junio y el 13 de julio.

— Determinación de latitud por observaciones circummeridianas de otras estrellas, mediante la realización de cuarenta y cinco series de observaciones a siete estrellas, entre el 29 de junio y el 12 de julio.

— Determinación de latitud por observación de varias estrellas por el primer vertical, mediante la realización de dieci-

nueve series de observaciones a diez estrellas entre el 12 y 25 de junio.

— Determinación del acimut de la dirección Quintanilla-San Millán, habiéndose realizado cuarenta series de observaciones distribuidas entre la mañana y la tarde, en el periodo comprendido entre los días 26 de junio y 12 de julio, cuando las condiciones atmosféricas lo permitieron, ya que en esos días se produjeron fuertes tormentas y nieblas que ocasionaron irradiaciones laterales debidas a los movimientos continuos ascendentes, y oscilatorios de la atmósfera que hacían difíciles e inseguras las observaciones.

Todo el estado de direcciones de la red geodésica fundamental de la provincia de Burgos y sus enlaces, queda reflejado esquemáticamente en el adjunto cuadro 1, y en la figura 3.

Posteriormente, durante la realización de la red geodésica provincial de segundo orden, en el año 1910, se efectuó el enlace geodésico de los vértices Quintanilla, Valdosía y San Millán, con la capital de la provincia, escogiéndose a tal efecto la aguja de una torre de la Catedral de Burgos. Este vértice ha quedado así incorporado de una manera complementaria a la red geodésica de primer orden.

En la realización del proyecto de una nueva red geodésica fundamental, cuyo inicio se fecha en el año 1933, y que posteriormente se decidió abandonar ante la posibilidad de compensar la red española dentro de la red europea, y cuya característica principal era la longitud de lado, superior a los 100 kilómetros, en contraste con los 40 kilómetros adoptados en la red geodésica tradicional, se había mantenido dentro de la provincia de Burgos el vértice de San Millán, enlazado como se muestra en la figura 4, con los vértices denominados Espigüete, Lerón, Aitzgorri, Moncayo, Alto Rey, y Peñalara, alguno de los cuales era ya vértice en la red geodésica fundamental.

En las dos últimas décadas el trabajo realizado se ha orientado al reconocimiento y reconstrucción, si las circunstancias lo exigían, de las señales de la red, y a la preparación y realización de operaciones de medición directa de lados geodésicos, utilizando la técnica ya mencionada anteriormente de la trilateración.

En una primera campaña llevada a cabo en el verano del año 1958, se efectuó la medición con geodímetro del lado Quintanilla-Valdosía. El geodímetro, es un aparato de procedencia

sueca, que emplea una luz modulada para medir las distancias en función del tiempo que tarda en recorrerlas, si bien no se mide el tiempo directamente dada la pequeñísima fracción de segundo que sería preciso apreciar, considerando que la velocidad de la luz es del orden de los 300.000 kilómetros por segundo. Es necesario, por tanto, producir una luz polarizada, de intensidad pulsátil según una ley sinusoidal, que permita determinar, por reflexión del rayo luminoso en otro punto, un desfase proporcional al tiempo invertido en recorrer el camino de ida y regreso. Para la medición del lado fue necesario utilizar el auxilio de un vértice intermedio dividiendo la longitud total en dos secciones, realizándose veintiocho series desde este vértice auxiliar a cada uno de los vértices, Quintanilla y San Millán, y determinándose una distancia entre ambos de 43.529,104 metros.

Algunos años más tarde, durante la reobservación de la red geodésica de las provincias vascongadas, y su conexión con la red fundamental, se efectuó la medición de varios lados de la red, en el verano del año 1969. Afectan a los vértices burgaleses, las siguientes mediciones de lados:

Altotero-Valnera.

Altotero-Foncea.

Altotero-Aro.

Valnera-Sollube.

Valnera-Cerrodo.

Valnera-Aro.

Las mediciones fueron realizadas con telurómetro, aparato más moderno que el geodímetro anteriormente reseñado, y que permite la medición de distancias mayores, que en este caso fueron de hasta 70 kilómetros.

El principio de funcionamiento del telurómetro está basado en la técnica del radar, utilizando en lugar de luz modulada, micro-ondas de 10 centímetros de longitud, con lo que se eliminan los efectos de dispersión y evita constituya una dificultad las condiciones de visibilidad, al mismo tiempo que permite a los operadores la intercomunicación radiotelefónica.

Frente al geodímetro que generalmente y salvo para distancias muy cortas, debe utilizarse en horas nocturnas, el telurómetro presenta la ventaja de su utilización en condiciones meteorológicas adversas, de niebla o lluvia, e incluso entre arbo-

lado no muy espeso. En ambos aparatos, las condiciones de propagación están bajo la influencia de la temperatura, presión y estado higrométrico del aire, en función de los cuales es preciso determinar la velocidad de propagación de la onda luminosa o de radio.

V. --- LA RED NACIONAL DE NIVELACIONES DE PRECISION Y DE ALTA PRECISION

V.1. --- Proceso histórico.

La determinación aproximada de altitudes que podía realizarse simultáneamente a la observación de la red geodésica, no era suficiente para el grado de exactitud que debía darse al levantamiento del país. Para ello era preciso la inicial determinación de una cota de origen, y la realización de una **red de nivelaciones de precisión (NP)**; transformada posteriormente en **red de nivelaciones de alta precisión (NAP)**, siguiendo la terminología adoptada en la XVII Conferencia General de la Asociación Geodésica Internacional celebrada en Hamburgo, en septiembre de 1912.

En el año 1871 se iniciaron en España los trabajos de nivelación de precisión, según unas instrucciones preparadas al efecto. Preferentemente deberían realizarse siguiendo las vías de comunicación: carreteras, caminos y ferrocarriles.

El 12 de agosto de ese año dieron comienzo los trabajos del itinerario Alicante-Madrid, que debía enlazar la cota origen situada en Alicante, con la base central de Madrideojos y el Observatorio Astronómico. Todo el trabajo realizado, extendido para dar cota a vértices próximos al itinerario, se realizó con cuatro equipos y una duración de 916 días totales de trabajo de equipos. En la realización del trabajo se establecían unas señales, que aún pueden verse hoy en muchos lugares, consistentes en unas piezas de bronce fundido de forma cilíndrica de 0,10 m. de longitud y 0,03 m. de diámetro terminada en un extremo por un disco o placa circular del mismo metal de 0,08 m. de diámetro y 0,006 mm. de espesor en el cual están grabadas las iniciales NP. Este cilindro se introduce verticalmente y se emploma en un taladro abierto en la roca o sillar de alguna construcción cuya permanencia ofreciese suficiente garantía,

quedando rasante al suelo la cara superior del disco. Aunque se eligieron edificios perdurables, como Iglesias, Ayuntamientos..., la permanencia definitiva en ningún caso quedaba asegurada, determinándose otras señales denominadas de 1.ª clase, consistentes en un clavo de bronce fundido cuyo cuerpo tiene 0,10 m. de longitud y 0,01 de diámetro, y la cabeza 0,015 m. de diámetro y 0,01 m. de espesor, que se introdujeron simplemente a martillo de manera que su cabeza también enrasase con la cara superior de la piedra.

La cota origen de nivelaciones, tal y como se explicó en la definición de geoide, debía de ser el nivel medio del mar determinado en un puerto. Se eligió a tal efecto el puerto de Alicante, proyectándose e instalándose un mareógrafo, en la parte exterior del muelle, que comenzó a funcionar el 1 de marzo de 1874, realizándose una nivelación para trasladar esa cota al cuarto peldaño de la escalerilla del muelle, frente a la casilla de Obras Públicas. No obstante, durante el período comprendido entre el 1 de julio de 1870 y el 30 de junio de 1872, el ingeniero Jefe de Caminos, Canales y Puertos de Alicante, señor Jáudenes, realizó en la mencionada escalerilla del muelle, observaciones tendentes a determinar la altura del nivel del mar, sirviendo estos resultados de base a los primeros trabajos de nivelación realizados.

Posteriormente se puso en funcionamiento otro mareógrafo en Santander (1 de julio de 1876), y unos años más tarde el de Cádiz (1 de octubre de 1880). En la actualidad la red de mareógrafos del Instituto Geográfico y Catastral, comprende instalaciones en Alicante, Almería, Cádiz, La Coruña, Santander y Santa Cruz de Tenerife; a los que es necesario agregar aquellas instalaciones dependientes de las Juntas de Obras del Puerto y del Instituto de Oceanografía.

La referencia en el Observatorio Astronómico, presentaba la particularidad geológica de que la colina de El Retiro en que se asienta el Observatorio, hacía temer por la movilidad de la señal, por lo que en previsión de un posible movimiento, y para mayor seguridad se buscó la materialización de un polígono con cuatro vértices más en la Puerta de Alcalá, Museo del Prado, Ayuntamiento, y Palacio Real, lo que proporciona el medio de juzgar la inmovilidad de uno cualquiera de los mismos.

V.2. --- Desarrollo de la Red Nacional de Nivelaciones.

Como ya se indicó anteriormente, la red nacional de nivelaciones de precisión se ha realizado siguiendo itinerarios de carretera y ferrocarril, cubriendo prácticamente todo el territorio nacional con una estructuración típicamente radial, similar a la de la red de comunicaciones.

Tras el itinerario Alicante-Madrid, realizado en los años 1871 y 1872, se formó un proyecto de plan general para toda la península, que incluía la continuación de este itinerario hasta Santander; y otras tres líneas que partiendo de Madrid hasta las costas se dirigen hacia el N. O., N. E., y S. respectivamente. La primera de estas tres líneas enlazaba las nivelaciones españolas con las francesas por Perpignán, y otra línea que partiendo de Madrid termina en la frontera francesa por Irún, completaba esta unión. Con la tercera línea se pretendía enlazar los Observatorios de Madrid y San Fernando; y con otras dos que comenzaban en Madrid y se dirigían al O. hacia Lisboa y Oporto se enlazaban los trabajos españoles y portugueses. Las demás líneas radiales y transversales, tenían por objeto alcanzar a todas las capitales de provincia y poblaciones de importancia, formando polígonos cerrados que sirvieran de base a las nivelaciones topográficas del mapa nacional.

Los polígonos que inicialmente se formaron, fueron los ocho siguientes:

- Núm. 1: Alicante-Albacete-Murcia-Alicante.
- Núm. 2: Albacete-Bailén-Madridejos-Albacete.
- Núm. 3: Casas del Campillo-Madridejos-Madrid-Valencia-Casas del Campillo.
- Núm. 4: Valencia-Madrid-Zaragoza-Sagunto-Valencia.
- Núm. 5: Sagunto-Teruel-Zaragoza-Castellón-Sagunto.
- Núm. 6: Madridejos-Avila-Segovia-Madrid-Madridejos.
- Núm. 7: Madrid-Sigüenza-Soria-Aranda-Segovia-Madrid.
- Núm. 8: Aranda-Santander-Durango-Soria-Aranda.

Posteriormente, y con el objeto de hacer más público el conocimiento de las señales, suministrando datos de altitudes a cuantas personas pudieran solicitarlos, se estudió la colocación en sitio visible de las estaciones de ferrocarril de unas planchas en las que se contenía la indicación de la altitud correspondiente a una recta marcada en ellas. Aprobada la idea

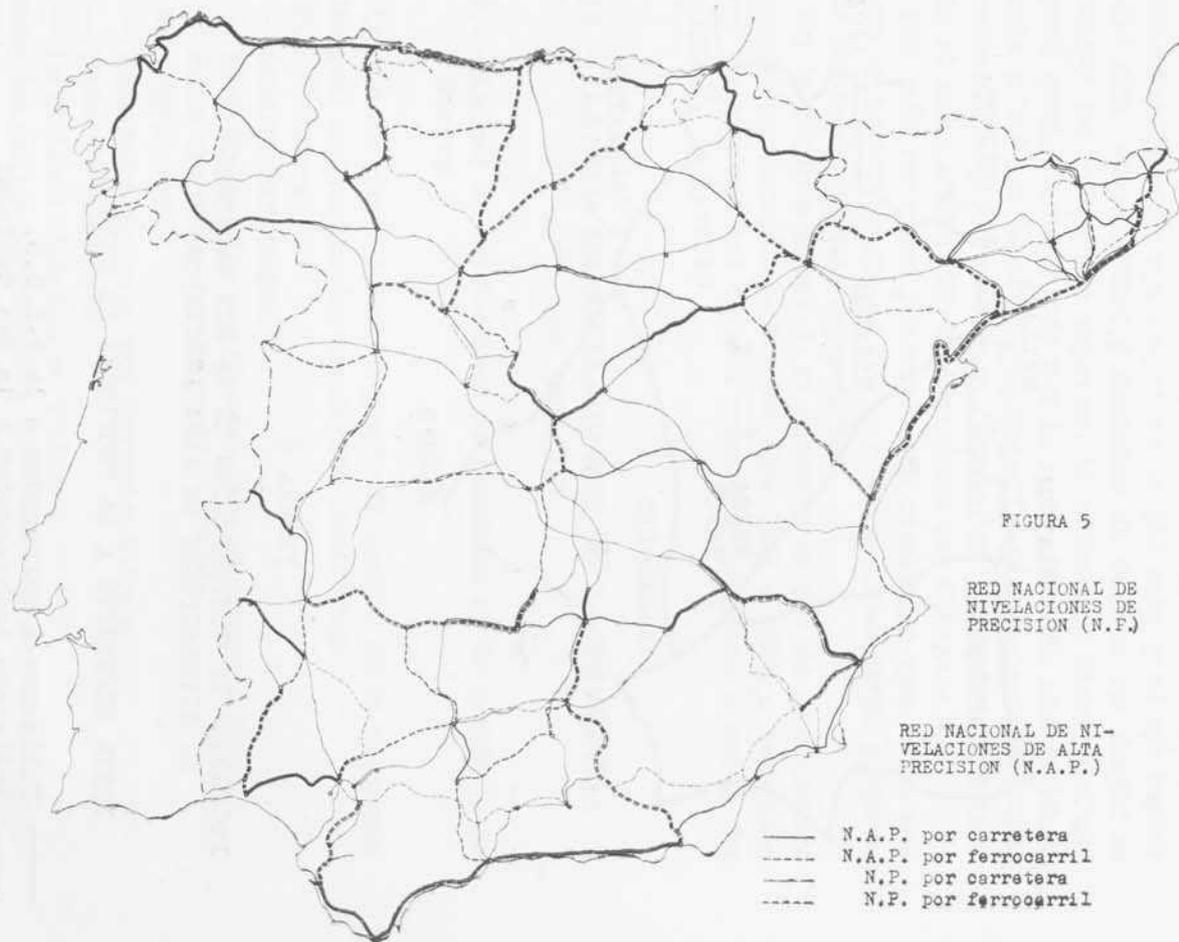


FIGURA 5

RED NACIONAL DE NIVELACIONES DE PRECISION (N.F.)

RED NACIONAL DE NIVELACIONES DE ALTA PRECISION (N.A.P.)

- N.A.P. por carretera
- - - N.A.P. por ferrocarril
- N.P. por carretera
- - - N.P. por ferrocarril

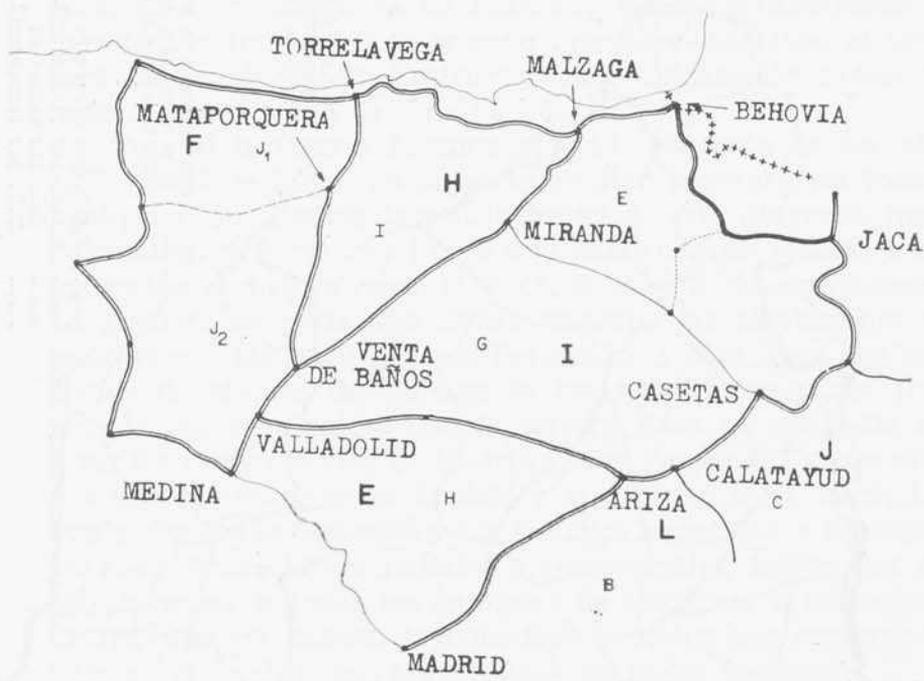


FIGURA 6

POLIGONOS DE COMPENSACION DE LA RED NACIONAL DE NIVELACIONES DE ALTA PRECISION

PARTE REFERENTE A LA PROVINCIA DE BURGOS

- Polígonos incorporados a la R.E.U.N.
- - - Polígonos incorporados a la Red Nacional

por el Gobierno de S. M. Alfonso XII, se dispuso por Real Orden de 9 de febrero de 1885 la colocación de dichas placas de forma ovalada cuyo eje mayor es de 657 mm. y el eje menor de 414 mm., en el centro y teniendo de base el eje mayor se colocarán las cifras que expresen la altitud de dicho eje, que además queda determinado por la base plana de una moldura situada a los dos lados del número. La inscripción dice: «Dirección General del Instituto Geográfico y Estadístico-Altura sobre el nivel medio del Mediterráneo en Alicante».

Por esta razón los itinerarios de nivelación que hasta entonces se habían realizado por carretera, comenzaron a ejecutarse siguiendo las vías ferroviarias.

En la adjunta figura 5, se presenta la red de nivelaciones de precisión, ejecutada entre los años 1871 y 1924; y asimismo la red de nivelaciones de alta precisión ejecutada a partir del año 1924.

VI. --- LA RED DE NIVELACIONES EN LA PROVINCIA DE BURGOS

VI. 1. --- La red de nivelaciones de precisión en la provincia de Burgos.

La red de nivelaciones de precisión dentro de la provincia de Burgos, comprende los siguientes itinerarios:

Por carretera:

— Madrid-Santander.

— Madrid-Aranda, por Guadalajara, Sigüenza y Soria.

— Soria Durango, por Logroño y Vitoria.

Por ferrocarril:

— Valladolid-Behovia, por Burgos y Vitoria.

— Palencia-Santander.

— La Robla a Cabañas de Virtus.

de todos los cuales haremos una breve descripción, en su discorrir a través de la provincia de Burgos.

Itinerario Madrid-Santander. — Comenzado en el mes de mayo del año 1873, atraviesa la provincia de Burgos, en sentido Sur-Norte, siguiendo el trazado actual de las carreteras N-1 y N-623. La línea de nivelación comienza en Madrid, en la señal del Palacio Real, sigue por la carretera de Segovia, y pasando

por Sepúlveda, se une en Boceguillas a la carretera general de Madrid a Burgos, desde donde continúa por carretera a Santander, terminando en el puerto. La longitud total de línea nivelada es de 557 kilómetros, considerando dos transversales realizadas, a San Lorenzo de El Escorial, y a San Ildefonso, y sendas especiales a los vértices geodésicos de primer orden, Carbonero, Rubio, Quintanilla, Altotero y Llatias.

La línea consta de veinticinco secciones, más las transversales y ramales a vértices indicados. De ellos corresponden a territorio burgalés los siguientes:

- Sección 12 entre Onrubia y Aranda de Duero.
- Sección 13 entre Aranda de Duero y Bahabón.
- Sección 14 entre Bahabón y Lerma.
- Sección 15 entre Lerma y Cogollos.
- Sección vértice Quintanilla.
- Sección 16 entre Cogollos y Burgos.
- Sección 17 entre Burgos y Quintanaortuño.
- Sección 18 entre Quintanaortuño y Quintanilla Sobresierra.
- Sección 19 entre Quintanilla Sobresierra y Tubilla del Agua.
- Sección vértice Altotero.
- Sección 20 entre Tubilla del Agua y Quintanilla de Escalada.
- Sección 21 entre Quintanilla de Escalada y Cilleruelo de Bezana.

Sección 22 entre Cilleruelo de Bezana y Los Perales.

Posteriormente, en el año 1881, decidió repetirse la nivelación del itinerario Madrid-Santander, excepto las secciones segunda, tercera, cuarta y quinta, dado que se dudaba de la bondad y exactitud de la operación inicialmente realizada. La repetición de los trabajos de nivelación de esta línea, junto con la de Alicante-Madrid, ha hecho variar el valor de las altitudes de los puntos de arranque de las demás líneas anteriormente niveladas, variando consecuentemente el de todas las señales establecidas.

Itinerario Madrid-Aranda. — La línea de Madrid a Aranda de Duero, por Guadalajara, Sigüenza y Soria, se comenzó en abril del año 1874, con una extensión incluidos los anexos a los vértices Santos, Hontalvilla, Hinodejo y Moratilla de 387,595 kilómetros, divididos en veintinueve secciones. La línea comienza en Madrid, en la señal NP situada debajo del arco de la Plaza de la Independencia (Puerta de Alcalá), se dirige por la carretera de Aragón, hasta encontrar la de Sigüenza, en la Venta

y Portazgo de Almadrones, sigue por esta carretera y toma en Sigüenza la que conduce a Soria, hasta llegar a esta ciudad, y continuando por la carretera de Soria a Valladolid, por la actual N-122, termina en la señal NP 38 situada en Aranda de Duero formando un gran polígono con parte del de Madrid, y de la línea de Madrid a Santander.

De esta línea, las secciones que se refieren a la provincia de Burgos, son:

Sección 24 entre Langa y Vadocondes.

Sección 25 entre Vadocondes y Aranda de Duero.

Itinerario Soria-Durango. — En el año 1878, se efectuó la nivelación de la línea Soria-Durango, por Logroño y Vitoria. Este itinerario da comienzo en Soria en la señal principal NP 70, sigue por la actual N-111, a Logroño, desde aquí a Vitoria, atravesando el territorio burgalés del Condado de Treviño, y de Vitoria a Durango por la N-240 y la C-6211, hasta la señal principal NP 363, en Durango, con un recorrido total de 144,459 kilómetros.

Las secciones que atraviesan el Condado, son:

Sección 12 entre Peñacerrada y Uzquiano.

Sección 13 entre Uzquiano y Vitoria.

Itinerario Valladolid-Behovia. — A raíz del cambio ocurrido en el año 1885, en que se decidió la realización de itinerarios por ferrocarril, en lugar de los habituales hasta entonces por carretera, se niveló en el año 1888 la línea de ferrocarril de Valladolid a Behovia, en la frontera francesa, por Burgos y Vitoria; cumpliéndose así el objetivo de poder dar cota a las estaciones de la vía férrea de Madrid a Irún; realizándose al año siguiente, esto es, en 1889, la implantación de las planchas de señalización que aún hoy pueden verse en buen estado de conservación en la mayoría de las estaciones ferroviarias. Esta línea que por una parte cerraba el polígono Tordesillas-Valladolid-Burgos-Aranda-Segovia-Sanchidrián-Tordesillas; divide además, en dos transversales, el polígono Santander-Durango-Vitoria-Logroño-Soria-Aranda-Burgos, con lo que se consigue una mejor homogeneidad de datos y compensación de los polígonos.

Toda la línea, con una longitud total de 400,138 kilómetros, está dividida en cuarenta y siete secciones, y de ellas corresponden a territorio ubrgalés las siguientes:

Sección 8 entre la estación de Quintana y la estación de Villodrigo.

Sección 9 entre la estación de Villodrigo y la estación de Villaquirán.

Sección 10 entre la estación de Villaquirán y la estación de Estépar.

Sección 11 entre la estación de Estépar y la estación de Quintanilleja.

Sección 12 entre la estación de Quintanilleja y la estación de Burgos.

Sección de enlace de Burgos.

Sección 13 entre la estación de Burgos y la estación de Quintanapalla.

Sección 14 entre la estación de Quintanapalla y la estación de Santa Olalla.

Sección 15 entre la estación de Santa Olalla y la estación de Briviesca.

Sección 16 entre la estación de Briviesca y la estación de Pancorbo.

Sección 17 entre la estación de Pancorbo y la estación de Miranda.

Sección 18 entre la estación de Miranda y la estación de Manzanos.

Sección 19 entre la estación de Manzanos y la estación de Nanclares.

Itinerario Palencia-Santander.— Este itinerario, realizado en el año 1909, en la parte que nos ocupa, atraviesa en una longitud de unos cinco kilómetros la parte occidental de la provincia, en el término municipal de San Quirce de Ríopisuerga. Consta de veintisiete secciones, y la parte correspondiente a territorio burgalés es la Sección 10 entre la estación de Herrera de Pisuerga y la estación de Alar del Rey.

Itinerario La Robla - Cabañas de Virtus.— Este itinerario realizado en el año 1921, sigue el recorrido del ferrocarril de vía estrecha de La Robla a Bilbao, si bien la parte nivelada, veintiuna secciones, finaliza en Cabañas de Virtus, desde donde se realizó una línea de cierre a Cilleruelo de Bezana, en el itinerario Madrid-Santander.

Las secciones que corresponden a territorio burgalés son:
Sección 20 entre la estación de Las Rozas y la estación de Arija.

Sección 21 entre la estación de Arija y la estación de Cañas de Virtus.

Todo el estado de altitudes deducido de la red de nivelaciones de precisión, referente a la provincia de Burgos y, en cuanto afecta a los puntos más representativos y de fácil identificación se encuentran recogidos en los adjuntos cuadros 2, (a b, c, d, e, f).

VI.2. --- La red de nivelaciones de alta precisión en la provincia de Burgos.

Como ya se indicó anteriormente, en años posteriores se efectuó una reestructuración de la red para adaptarla a las condiciones establecidas internacionalmente. El proyecto realizado entonces, incluía dentro del espacio territorial burgalés, la nueva nivelación de los itinerarios por ferrocarril de Medina del Campo a Vitoria, y de Venta de Baños a Santander; y la nueva ejecución de los itinerarios de Tudela a Miranda de Ebro, por ferrocarril, y de Jadraque a Burgos, por Almazán, El Burgo de Osma, San Leonardo y Salas de los Infantes, por carretera. Al mismo tiempo se consideraban necesarias algunas determinaciones de la intensidad de la gravedad, fijándose Burgos y Aranda de Duero, como puntos a realizar. Este proyecto de Red de Nivelaciones de Alta Precisión, sufrió en el transcurso del tiempo, varias e importantes modificaciones, y en consecuencia, la red realmente realizada en la provincia comprende los siguientes itinerarios.

Por carretera:

- Ariza-Valladolid.
- Aranda de Duero-Cogollos.

Por ferrocarril:

- Santander-Venta de Baños.
- Miranda de Ebro-Valladolid.
- Miranda de Ebro-Casetas.
- Málzaga-Miranda de Ebro.

de los que haremos una pequeña descripción, ya que los valores de las altitudes no han sido publicados.

Itinerario Ariza-Valladolid. — Realizado en el año 1928, sigue desde Ariza, por Almazán, hasta El Burgo de Osma, el trazado de la carretera C-116; y desde aquí hasta Valladolid, por Aranda de Duero y Peñafiel, la N-122, en un discurrir paralelo

al ferrocarril, a cuyas estaciones da cota. Desde El Burgo de Osma hasta Aranda de Duero, es coincidente con el itinerario Madrid-Aranda, por Guadalajara, Sigüenza y Soria, realizado en el año 1874, dentro de la red de nivelaciones de precisión. Cruza la provincia de Burgos, por su zona sur, en dirección Este-Oeste, con un recorrido de aproximadamente 52 kilómetros; y en la compensación rigurosa se ha utilizado el concepto de cota geopotencial de acuerdo con los datos suministrados por la gravimetría, con objeto de poder integrarle en la red europea de nivelaciones de alta precisión (R.E.U.N.).

Itinerario Aranda de Duero-Cogollos. — Este itinerario, como parte del completo Aranda de Duero-Burgos, fue proyectado en el año 1964, sin que desde entonces se haya realizado otro trabajo que la implantación de los clavos de control. Sigue el discurrir de la carretera nacional de Madrid a Irún, N-I, a su paso por la provincia desde el Sur hasta Burgos.

Itinerario Santander-Venta de Baños. — Realizado en el año 1945, sigue por ferrocarril el mismo recorrido efectuado en el año 1909, no habiendo sido calculado en cotas geopotenciales.

Itinerario Miranda de Ebro-Valladolid. — Este itinerario, por Burgos y Venta de Baños, sigue por ferrocarril el mismo recorrido efectuado en el año 1888. Esta nueva nivelación fue realizada en el año 1946, y ha sido compensada para su integración en la red europea de nivelaciones de alta precisión (R.E.U.N.).

Itinerario Miranda de Ebro-Casetas. — Realizado también en el año 1946, y bajo las mismas condiciones que el itinerario anterior, tiene un brevísimo recorrido por territorio burgalés, desde su inició en la estación de Miranda de Ebro hasta el límite provincial.

Itinerario Málzaga-Miranda de Ebro. — Este itinerario realizado en el año 1947, no calculado en cotas geopotenciales, afecta a la provincia de Burgos, en su travesía por el Condado de Treviño y en el acceso a la estación de Miranda de Ebro. Su recorrido es coincidente con el itinerario Valladolid-Behevia de la red de nivelaciones de precisión.

La señal fundamental de la red, a partir de la cual se han trasladado las altitudes a todas las líneas que forman parte de la red, es la NP 1 establecida en el Ayuntamiento de Alicante, con una altitud definida de 3,4095 metros sobre el nivel medio del mar medido en el periodo comprendido entre el 1

de julio de 1870 y el 30 de junio de 1872, en aquel puerto mediterráneo.

El concepto de cota geopotencial reconocido actualmente como la única magnitud verdaderamente sin ambigüedad que define la posición de un punto en las técnicas de la nivelación de alta precisión, está basado en el concepto anteriormente definido del geode como superficie equipotencial, como figura de equilibrio de las masas oceánicas sometidas únicamente a la acción de la gravedad. De hecho para la determinación de estas cotas geopotenciales se han realizado observaciones con gravímetro a lo largo de las líneas niveladas e incluso en Burgos se ha realizado una determinación de la desviación de la vertical.

En la figura 6, se presentan definidos esquemáticamente los polígonos de compensación integrados en la red de nivelaciones de alta precisión (polígonos E, G, I), y los polígonos ya calculados en cotas geopotenciales e integrados en las redes europeas (R. E. U. N.), (polígonos H, I), tal como los definimos a continuación:

Polígonos de la red de nivelaciones de alta precisión:

Polígono E. Miranda - Málzaga - Behovia - Jaca-Tardienta-Casetas-Alfaro-Miranda.

Polígono G. Miranda-Alfaro-Casetas-Calatayud-Ariza-Valladolid-Venta de Baños-Miranda.

Polígono I. Venta de Baños - Mataporquera - Torrelavega-Málzaga-Miranda-Venta de Baños.

Polígonos de la red europea de nivelaciones de alta precisión:

Polígono H. Se corresponde con el polígono I de la red nacional.

Polígono I. Está formado por los polígonos E y G de la red nacional; Miranda-Málzaga-Behovia-Jaca-Tardienta-Casetas-Calatayud-Ariza-Valladolid-Venta de Baños-Miranda.

Fernando ARANAZ DEL RIO

(Concluirá)

CUADRO 1
ESTADO DE DIRECCIONES DE LA RED GEODESICA
PROVINCIA DE BURGOS

PROV.	VERTICE	N.º	Visuales desde los vértices						Cadena		
			V43	V45	V46	V47	V48	V49	MM	CN	PP
BURG.	Valnera	43	—	○	○		∅		x	x	
	Altonero	45	○	—	○	○	○	○	x		
	Amaya	46	○	○	—	○	○	○	x		
	Quintanilla	47	★	○	○	—	○	○	x		x
	San Millán	48	∅	○	○	○	—	○	x		x
	Valdosa	49		○	○	○	○	—	x		x
SEGV.	Rubio	51				○	○	○	x		
PALEN.	Greda	50			○	○	○	○	x		x
	Autilla	201			★						x
	Vegapajar	203			○	○	○	○			x
	Villanueva	202			○						x
	Valcabadillo				&						
	Espigüete	174			○						x
	Valdecebollas	175	○		○						x
ASTR.	Contés	173	○		○						x
SANT.	Ibio	176	○								x
	Llatias	41	○						x		x
	Cerrodo	42	∅						x		x
VIZC.	Solluve	177	∅								x
ALAV.	Aro	44	∅	∅			∅		x		x
LOGR.	Foncea				&			&			
	Chilzarrias							&			
	Cebollera	205					∅				x
SORIA	Ardal	204					○	○			x
	Moratilla	52					○	○	x		
MADR.	Colgadillos	53						○	x		

SIGNOS CONVENCIONALES

- Observación en ambas direcciones, compensada
- ∅ Observación en ambas direcciones, sin compensar
- ★ Observación en una dirección, compensada
- & Observación en ambas direcciones, red complementaria

- MM Cadena del meridiano de Madrid
- CN Cadena de costa Norte
- PP Cadena del paralelo de Palencia

NOTAS COMPLEMENTARIAS

Vértice Llatias.— Medida del acimut Llatias (41)-Valnera (43).

Vértice Quintanilla.— Estación astronómica de latitud media del acimut Quintanilla (47)-San Millán (48).

RED DE NIVELACIONES DE PRECISION

Cuadro 2 (a).—LINEA DE MADRID A SANTANDER

<i>Señales</i>	<i>Altitudes</i>	<i>Reseña de las señales</i>
NP P	636,629	Madrid, Palacio Real, en el arco de la derecha que da paso desde la plaza de Oriente a la de Armas.
11	842,811	Milagros, en el extremo N. pretil E. de un puente sobre el Riaza.
1	791,455	Aranda de Duero, en el pretil O. de un puente sobre el Duero.
NP 38	794,451	Aranda de Duero, Iglesia parroquial de Santa María, sobre una losa del pavimento y próximo a la puerta principal.
o 12	840,560	Gumiel de Hizán, sobre el pretil O. de un puente que se halla a la salida de dicho pueblo.
1	895,338	Bahabón de Esgueva, en el extremo N. y zócalo del pretil O. de un puente sobre el Esgueva.
NP 39	919,412	Bahabón de Esgueva, Iglesia parroquial, al lado de la pila del agua bendita.
o 15	921,398	Granja de Guimara, en el pretil O. del extremo S. de un puente próximo a dicha Granja.
NP 40	832,209	Lerma, Iglesia de San Juan, en el interior y próximo a la cancela de la puerta S.
o 20	820,752	Lerma, en el extremo N. del pretil O. del puente sobre el Arlanza.
3	901,123	Valdorros, sobre el pretil O. de un puente que se halla frente a dicho pueblo.
NP 41	885,965	Cogollos. Iglesia parroquial, en una losa del pavimento cerca de la puerta S.
o 1	903,849	Carretera de Madrid a Burgos, en la imposta O. de una alcantarilla próxima al poste kilométrico núm. 224.
15	856,264	Carretera de Madrid a Burgos, en la imposta N. E. de un puente próximo al poste kilométrico núm. 238.
NP 42	852,790	Burgos, palacio de la Diputación, en el interior.
o 9	848,323	Carretera de Burgos a Santander, en la imposta E. de una alcantarilla que se halla próxima al poste kilométrico núm. 249.
NP 43	873,743	Quintanaortuño, Iglesia parroquial, en el interior y en el batiente de la puerta.

o 1	860,104	Carretera de Burgos a Santander, en la imposta N. O. de una alcantarilla que se halla próxima al poste kilométrico núm. 253.
NP 44	949,036	Quintanilla-Sobresierra, Casa Ayuntamiento, en el interior.
o 7	997,961	Masa, Iglesia parroquial, en una piedra del interior.
NP 45	773,840	Tubilla del Agua, Iglesia parroquial, en el interior.
o 1	746,469	Carretera de Burgos a Santander, en la imposta de una alcantarilla que se haya próxima al poste kilométrico núm. 288.
NP 46	663,075	Quintanilla-Escalada, en el estribo S. E. de un puente colgante sobre el rio Ebro.
o 1	697,970	Carretera de Burgos a Santander, en una roca frente al poste kilométrico núm. 302.
16	974,827	Carretera de Burgos a Santander, Venta de Barrio, en una piedra del zócalo en el ángulo S. O.
23	852,878	Carretera de Burgos a Santander, al pie del pretil O. extremo S. de un puente que se halla entre los kilómetros núms. 323 y 324.
NP 47	868,580	Cilleruelo de Bezana, Casa Concejo, en una piedra del interior y próximo a la puerta.
o 9	976,466	Carretera de Burgos a Santander, puerto del Escudo, en el poste que marca la divisoria de las provincias de Burgos y Santander.
o A	0,493	Santander, en la piedra del ángulo del muelle de Maliaño, junto a la casilla del contramaestre.

NOTA. — Las altitudes en metros.

RED DE NIVELACIONES DE PRECISION

Cuadro 2 (b). — LINEA DE ARANDA A SORIA

<i>Señales</i>	<i>Altitudes</i>	<i>Reseña de las señales</i>
o 6	803,735	Carretera de Valladolid a Soria, sobre el poste
NP 38	794,451	Aranda de Duero, Iglesia de Santa María, en de las piedras que dividen las sepulturas y como a un metro de la puerta de entrada.
o 12	791,456	Aranda de Duero, en el extremo N. del pretil O. del puente que hay sobre el Duero, a la entrada de la población.
NP 77	809,374	kilométrico núm. 110. Vadocondes, Iglesia parroquial, en la grada del altar del Niño Jesús.

o 15	813,915	Carretera de Valladolid a Soria, en el pretil N. de un puente situado frente a Vadocondes y como a 200 m. del kilómetro núm. 106.
o 8	824,200	Carretera de Valladolid a Soria, en el pretil N. extremo O. de un puente sobre el Duero, frente al convento de La Vid.
NP 70	1052,008	Soria, Gobierno Civil, en el batiente de piedra de la puerta principal.

NOTA.—Las altitudes en metros.

RED DE NIVELACIONES DE PRECISION

Cuadro 2 (c).—LINEA DE SIGUENZA A DURANGO, POR SORIA

<i>Señales</i>	<i>Altitudes</i>	<i>Reseña de las señales</i>
NP 64	984,662	Sigüenza, Seminario, en el batiente de la puerta.
o 10	544,621	Carretera de Madrid a Logroño; sobre el pretil E. de un puente próximo a Venta de Armentia.
NP 386	599,390	Uzquiano, Iglesia, en el primer escalón de la grada del presbiterio.
o 1	591,572	Venta de Uzquiano, en una piedra saliente de la fachada exterior de dicha venta.
NP 363	116,178	Durango, Casa Ayuntamiento, en el segundo escalón de la escalera.

NOTA.—Las altitudes en metros.

RED DE NIVELACIONES DE PRECISION

Cuadro 2 (d).—LINEA DE VALLADOLID A BEHOVIA

<i>Señales</i>	<i>Altitudes</i>	<i>Reseña de las señales</i>
o 1	689,275	Valladolid, en el umbral de la puerta del Colegio de Caballería.
o 9	782,092	Vía férrea de Madrid a Irún, en el pretil de una alcantarilla situada al final del kilómetro 337 y a la entrada del pueblo de Villazopeque.
NP 893	781,898	Villaquirán, estación del ferrocarril, en una piedra a la izquierda de la puerta de la habitación donde está el telégrafo.
o 7	789,361	Vía férrea de Madrid a Irún, en una alcantarilla situada al comienzo del kilómetro 347.

NP 894	798,143	Estépar, estación del ferrocarril, en una piedra del andén.
o 3	803,013	Vía férrea de Madrid a Irún, en el pretil del puente situado en el kilómetro 354.
6	812,057	Vía férrea de Madrid a Irún, en la segunda pila del puente sobre el río Arlanzón, en el kilómetro 357.
NP 895	817,552	Quintanilleja, estación del ferrocarril, al pie del muro de dicha estación.
o 4	828,097	Vía férrea de Madrid a Irún, en la pila de un pontón inmediato al pueblo de Villalvilla, en el kilómetro 364.
NP 896	851,241	Burgos, estación del ferrocarril, en una piedra del andén.
o 5	869,474	Vía férrea de Madrid a Irún, en la tajea del paso a nivel del kilómetro 375.
9	887,169	Vía férrea de Madrid a Irún, en una tajea que se encuentra en el kilómetro 379.
NP 897	909,182	Quintanapalía, estación del ferrocarril, al pie del muro de fachada.
o 11	871,639	Vía férrea de Madrid a Irún, en la imposta de un viaducto, enfrente del pueblo de Piedrahíta, al final del kilómetro 398.
NP 898	831,646	Santa Olalla, estación del ferrocarril, en una piedra del andén.
o 2	813,787	Vía férrea de Madrid a Irún, en la imposta S. de una alcantarilla que se halla a 70 metros del kilómetro 404.
o 13	729,664	Vía férrea de Madrid a Irún, en la imposta N. de un puente que se halla a 28 metros del kilómetro 415.
NP 899	721,663	Briviesca, estación del ferrocarril, en una piedra colocada en el andén y al pie del muro de fachada.
o 11	677,704	Vía férrea de Madrid a Irún, en una piedra, al pie del muro de fachada de la estación de Calzada de Bureba.
21	636,971	Vía férrea de Madrid a Irún, en la imposta N. de una alcantarilla situada en el paso a nivel de la Caseta del Prado.
NP 900	630,656	Pancorbo, estación del ferrocarril, en una piedra colocada al pie del muro de fachada.
o 2	616,946	Vía férrea de Madrid a Irún, en la imposta E. extremo S. del puente de las Termópilas.
19	459,221	Vía férrea de Madrid a Irún, en la imposta E. extremo N. del puente sobre el río Ebro.
NP 901	459,845	Miranda de Ebro, estación del ferrocarril, en una piedra colocada al pie del muro entre la puerta de equipajes y la de fonda.

o 4	477,458	Via férrea de Madrid a Irún, en una piedra del andén del apeadero de La Puebla de Arganzón.
NP 374	1,677	Puente de Behovia, en el primer escalón de la escalinata del Cuartel de Carabineros.

NOTA.—Las altitudes en metros.

RED DE NIVELACIONES DE PRECISION

Cuadro 2 (f).—LINEA DE LA ROBLA A CABAÑAS DE VIRTUS

<i>Señales</i>	<i>Altitudes</i>	<i>Reseña de las señales</i>
NP 1023	956,700	La Robla, estación de los ferrocarriles del Norte, en el andén, al pie de la fachada principal.
NP 2150	845,431	Arija, estación, en un sillar en el andén al pie de la fachada.
o	837,903	Via férrea de La Robla a Valmaseda, en la tapa de una atarjea a 18 pasos antes del kilómetro 197.
o	839,073	Via férrea de La Robla a Valmaseda, en la tapa de una atarjea a 309 pasos después del kilómetro 202.
NP 2145	854,031	Cabañas de Virtus, estación, en un sillar al pie de la fachada principal.

NOTA.—Las altitudes en metros.

RED DE NIVELACIONES DE PRECISION

Cuadro 2 (e).—LINEA DE PALENCIA A SANTANDER

<i>Señales</i>	<i>Altitudes</i>	<i>Reseña de las señales</i>
NP 1044	739,199	Palencia, estación, sobre el batiente de la puerta izquierda a la de salida.
o	847,077	Via férrea, en la plataforma del disco de entrada a la estación de Alar del Rey.
NP 1924	63,720	Santander, Estación Meteorológica, sobre el batiente de la puerta principal.

NOTA.—Las altitudes en metros.