

MAPPING

VOL. 22 • Nº 158 • MARZO - ABRIL 2013 • ISSN: 1.131-9.100



**EL CERO
HIDROGRÁFICO**
y su enlace
con las referencias
cartográficas
verticales

**NORMALIZACIÓN EN
METROLOGÍA DIMENSIONAL**
Certificación y acreditación

**ACTUALIZACIÓN
DE LAS DELIMITACIONES
TERRITORIALES**
en Cantabria

**CALIBRACIÓN GEOMÉTRICA
DE ESCÁNER LÁSER
TERRESTRE mediante**
software específico

**APLICACIONES DE TÉCNICAS
DE FOTOGRAMETRÍA DIGITAL**
en el trazado de una línea
de transmisión eléctrica

ARTICULACIÓN PRODUCTIVA
en las Redes
de Innovación Tecnológica



MAPPING

VOL.22 Nº158 MARZO-ABRIL 2013 ISSN: 1.131-9.100

Sumario



Pág. 04

Normalización en metrología dimensional: certificación y acreditación. Procedimientos técnicos de calibración. Certificados de verificación vs certificados de calibración

M^a T. Fernández Pareja, M. C. Cortés Calvo, A. García Pablos



Pág. 14

Actualización de las delimitaciones territoriales en Cantabria

A. Mañero García, F. Piña García, J. Miguel García Lario, J. Manuel Pérez Casas



Pág. 30

Calibración geométrica de escáner láser terrestre mediante software específico

D. García San Miguel, J.L. Lerma García, S. Navarro Tarín



Pág. 42

El cero hidrográfico y su enlace con las referencias cartográficas verticales

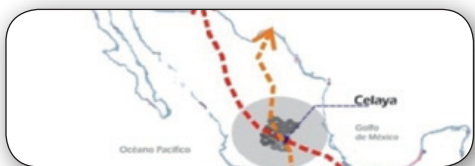
S. Moreno Soba, J. A. Rengel Ortega, J. M. Quijano De Benito, A. Fernández Ros



Pág. 52

Aplicación de técnicas de fotogrametría digital en el trazado de una línea de transmisión eléctrica

R. Antequera Regalado



Pág. 58

Articulación Productiva en las Redes de Innovación Tecnológica. Caso Guanajuato, México

L. del Carmen Álvarez-Castañón



Pág. 70

Noticias



Pág. 74

Eventos



MAPPING
**Revista Internacional
de Ciencias de la Tierra**

*El conocimiento de hoy
es la base del mañana*

La calidad de la geotecnología hecha revista

MAPPING

VOL.22 Nº158 MARZO-ABRIL 2013 ISSN: 1.131-9.100

DISTRIBUCIÓN, SUSCRIPCIÓN Y VENTA

eGeoMapping S.L.
C/ Linneo 37. 1ªB. Escalera Central
28005. Madrid. España
Teléfono: 913010564
info@mappinginteractivo.es
www.mappinginteractivo.es

DISEÑO Y MAQUETACIÓN

Altermedia Comunicación 2000 S.L.

IMPRESIÓN

Xiana y Cuélebre S.L.

Los artículos publicados expresan sólo la opinión de los autores. Los editores no se identifican necesariamente con las opiniones recogidas en la publicación.

Las fotografías o imágenes incluidas en la presente publicación pertenecen al archivo del autor o han sido suministradas por las compañías propietarias de los productos. Prohibida la reproducción parcial o total de los artículos sin previa autorización y reconocimiento de su origen. Esta revista ha sido impresa en papel ecológico.



FOTO DE PORTADA:

Cruce de Autopista Sur con Carretera 56,
Cali. Colombia

Autor: Jimmy Celis

Fotografía tomada con dron sin IMU,
apoyada con puntos de control observados
con equipos GPS.

Depósito Legal: B-4.987-92

ISSN: 1.131-9.100

PRESIDENTE

Benjamín Piña Patón

DIRECTOR

Miguel Ángel Ruiz Tejada

maruiz@egeomapping.com

REDACTORA JEFA

Marta Criado Valdés

mcriado@egeomapping.com

CONSEJO DE REDACCIÓN

Julián Aguirre de Mata

Profesor Titular de Escuela Universitaria.

E.T.S.I. Topografía, Geodesia y Cartografía.

Universidad Politécnica de Madrid

Manuel Alcázar Molina

Profesor de Universidad. Universidad de Jaén

Marina A. Álvarez Alonso

Profesor Titular de Universidad. E.T.S.I.

Topografía, Geodesia y Cartografía.

Universidad Politécnica de Madrid

Carlos Javier Broncano Mateos

Jefe del Área de Fotogrametría y Teledetección

del Departamento de Geodesia y Topografía

(Escuela de Guerra del Ejército)

Joan Capdevila Subirana

Director del Servicio Regional del Instituto

Geográfico Nacional de España en Cataluña

Mercedes Farjas Abadía

Catedrático de Escuela Universitaria.

E.T.S.I. Topografía, Geodesia y Cartografía.

Universidad Politécnica de Madrid

Mª Teresa Fernández Pareja

Profesor Titular de Escuela Universitaria.

E.T.S.I. Topografía, Geodesia y Cartografía.

Universidad Politécnica de Madrid

Florentino García González

Abogado

Francisco Javier González Matesanz

Subdirector General Adjunto de Geodesia y

Cartografía. Instituto Geográfico Nacional de

España

Luis Joyanes Aguilar

Catedrático de Lenguajes y Sistemas Informáticos.

Universidad Pontificia de Salamanca

Julio Mezcu Rodríguez

Jefe del Área de Proyectos Internacionales.

Instituto Geográfico Nacional de España

Ricardo Rodríguez Cielos

Profesor de Escuela Universitaria. E.T.S.I.

Telecomunicación. U. Politécnica de Madrid

Antonio Federico Rodríguez Pascual

Jefe de Área de Infraestructura de Información

Geográfica. Instituto Geográfico Nacional de

España

Roberto Rodríguez-Solano Suárez

Catedrático de Escuela Universitaria. E.U.I.T.

Forestal. Universidad Politécnica de Madrid

Andrés Seco Meneses

Profesor Titular de Universidad. E.T.S.I.

Agrónomos. Universidad Pública de Navarra

Antonio Vázquez Hoehne

Profesor Titular de Escuela Universitaria.

E.T.S.I. Topografía, Geodesia y Cartografía.

Universidad Politécnica de Madrid

CONSEJO ASESOR

Maximiliano Arenas García

Director Zona División Asuntos Ferroviarios.

Acciona Infraestructuras

Miguel Bello Mora

Director General de Elecnor Deimos

Andrés Díez Galilea

Vicepresidente del Instituto Nacional de

Ingeniería Técnica Española (INITE)

Ignacio Durán Boo

Director del Centro Experto de SIG y Catastro.

Informática El Corte Inglés

Ourania Mavrantza

Dra. Ingeniera en Teledetección. Gerencia

del Sistema de Gestión de Calidad. Catastro

Nacional de Grecia (KTIMATOLOGIO S.A.)

Javier Peñafiel de Pedro

Director Regional España y Portugal TOPCON

POSITIONING SPAIN

Benjamín Piña Patón

Director del Área de Fomento en Cantabria.

Representante del Estado en el Consejo de

Ordenación del Territorio y Urbanismo

Jesús Velasco Gómez

Director de Escuela Universitaria. E.T.S.I.

Topografía, Geodesia y Cartografía.

Universidad Politécnica de Madrid

Normalización en Metrología dimensional: certificación y acreditación. Procedimientos técnicos de calibración. Certificados de verificación vs certificados de calibración

REVISTA **MAPPING**
Vol. 22, 158, 4-12
marzo-abril 2013
ISSN: 1.131-9.100

M^a Teresa Fernández Pareja (1), Miguel C. Cortés Calvo (2), Almudena García Pablos (3)

Resumen

La elaboración y difusión de normas aplicadas a las actividades científicas, industriales o económicas con el fin de ordenarlas y mejorarlas, se realiza a través de la normalización. La tendencia actual hacia la globalización en el comercio mundial y la distribución internacional de productos manufacturados señala la importancia de la uniformidad en las mediciones con la aparición simultánea de sistemas de acreditación y de reconocimiento internacional de mediciones.

En el ámbito de los proyectos geomáticos, la metodología aplicada en la captura de datos está directamente relacionada con el instrumental que se vaya a utilizar, siendo primordial conocer las posibilidades que ofrece su utilización, así como la calidad de la medida que puede proporcionar.

La calidad de medida del instrumental geodésico se determina mediante su calibración, por lo que resulta fundamental el diseño de procedimientos apropiados y adaptados a este instrumental específico que permitan conocer, a través de los certificados de calibración emitidos por laboratorios acreditados, la calidad de medida que proporcionan los equipos y su incertidumbre asociada con trazabilidad a patrones nacionales. Los certificados o informes de verificación se limitan a indicar la repetibilidad de una medida, normalmente mediante su desviación típica, sin la exigencia de trazabilidad metrológica.

Abstract

Elaboration and diffusion of rules applied to the scientific, industrial or economic activities with the purpose of ordering and improving them, are made through the standardization. Nowadays tendency towards the globalization in world-wide commerce and the international manufactured product distribution indicates the importance of the consistency in the measurements together with the simultaneous appearance of accreditation systems and international recognition of measurements.

In the scope of Geomatics projects, the methodology applied in the data capture is directly related to the instruments that are going to be used, being fundamental to know the possibilities that its use offers, as well as the quality of the measurement that can provide. The quality of measurement of geodesic instruments is determined by means of its calibration, reason why the design of appropriate and adapted procedures to these specific instruments is fundamental, in order to know, through certificates of calibration issued by accredited laboratories, the quality of the measurement that they provide and its associated uncertainty with traceability to national measurement standard. The certificates of verification indicate the repeatability of a measurement, normally by means of their standard deviation, without the exigency of metrological traceability.

Palabras clave: **calibración, Metrología, normalización, verificación.**

Key words: **calibration, Metrology, standardization, verification.**

(1) Universidad Politécnica de Madrid. Departamento de Ingeniería Topográfica y Cartografía
te_fer@topografia.upm.es

(2) Allied Force Command Madrid (OTAN)
miguelcorcal@hotmail.com

(3) Universidad Politécnica de Madrid. Departamento de Física Aplicada a la Ingeniería Industrial
almudena.garcia.pablos@gmail.com

Recepción: 12-06-2012
Aprobación: 15-07-2012

1. INTRODUCCIÓN

Actualmente, las exigencias de calidad hacen que aumente el número de empresas y organizaciones que implantan sistemas de gestión de la calidad para el mantenimiento de su competitividad, requiriendo los servicios de las instituciones responsables de la certificación, la acreditación y la Metrología.

La globalización en el comercio mundial, la cada vez mayor complejidad de bienes y servicios, así como la preocupación por la salud, la seguridad y el medio ambiente, son cuestiones que señalan la importancia de la uniformidad en las mediciones con la aparición simultánea de sistemas de acreditación y de reconocimiento internacional de mediciones. La certificación es la confirmación de que una organización ha establecido un sistema de gestión de la calidad conforme con ciertos requisitos. La acreditación confirma la competencia técnica de un organismo de evaluación de la conformidad y garantiza la fiabilidad de sus resultados.

En el ámbito de la Geomática, la captura de datos, normalmente masiva, está relacionada directamente con el instrumental que se vaya a utilizar. Un conocimiento fiable de la calidad de medida que proporcionan los equipos, garantizará que los resultados de las mediciones realizadas son conformes a las precisiones pretendidas en el proyecto [HEN07]. La calidad de medida de los equipos geodésicos se puede determinar mediante su calibración, para lo que es necesario desarrollar procedimientos que garanticen resultados técnicamente fiables y proporcionen la incertidumbre asociada a la medida con trazabilidad a patrones nacionales.

Las organizaciones o laboratorios que emiten certificados de calibración deben avalar la calidad de las mediciones que realizan mediante la aplicación de procedimientos adecuados, garantizando que son técnicamente competentes y asegurando la trazabilidad de las medidas.

2. NORMALIZACIÓN, CERTIFICACIÓN Y ACREDITACIÓN

Los términos normalización y certificación se aplican en numerosas actividades de muy diferentes áreas, siendo importante la correcta utilización y diferenciación entre dichos términos y muy especialmente en el área de la Metrología, entendiendo ésta como la ciencia que se ocupa de los procesos de medición y su estudio, incluyendo los instrumentos que se utilizan y su calibración, y asistiendo a propósitos tanto industriales como de investigación científica. La organización metroológica mundial, que per-

La normalización, entendida como la elaboración, difusión y aplicación de normas que se aplican a actividades científicas, industriales o económicas con el fin de ordenarlas y mejorarlas está directamente relacionada con la ciencia de la Metrología

mite compartir una percepción común de lo que se entiende por una determinada magnitud, es imprescindible para poder conectar las actividades humanas por encima de las fronteras geográficas y profesionales. Por tanto, la normalización, entendida como la elaboración, difusión y aplicación de normas que se aplican a actividades científicas, industriales o económicas con el fin de ordenarlas y mejorarlas está directamente relacionada con la ciencia de la Metrología. El mismo argumento se podría considerar respecto a la certificación, concibiéndola como la acción llevada a cabo por una entidad, reconocida como independiente de las partes interesadas, mediante la que se manifiesta la conformidad, solicitada con carácter voluntario, de una determinada organización con los requisitos mínimos definidos en las normas o especificaciones técnicas. La entidad certificadora independiente mencionada es en España la Asociación Española de Normalización y Certificación (AENOR), que a su vez está acreditada por la Entidad Nacional de Acreditación (ENAC). AENOR está dedicada al desarrollo de la normalización y la certificación en todos los sectores industriales y de servicios.

AENOR, además de ser miembro de pleno derecho del

La certificación es la acción llevada a cabo por una entidad, reconocida como independiente de las partes interesadas, mediante la que se manifiesta la conformidad, solicitada con carácter voluntario, de una determinada organización con los requisitos mínimos definidos en las normas o especificaciones técnicas

Comité Européen de Normalisation (CEN) y del Comité Européen de Normalisation ELECTrotechnique (CENELEC), es miembro de la Organización Internacional de Normalización (ISO), participando en su Consejo y en los distintos órganos técnicos que elaboran las normas ISO. En la estructura de AENOR existen órganos técnicos denominados Comités Técnicos de Normalización (AEN/CTN) que se encargan de estudiar y plantear las necesidades de cada sector, así como de elaborar y aprobar los proyectos de normas que se publican como normas UNE (Una Norma Española).

Es importante resaltar que la adopción de las normas internacionales elaboradas en ISO no es obligatoria para los países miembros de estas organizaciones. Sin embargo, no ocurre lo mismo con los organismos europeos de normalización, que obligan a sus miembros a adoptar las normas europeas que en ellos se elaboran. Por este motivo, las normas elaboradas por el CEN, por el CENELEC o por el Instituto Europeo de Normas de Telecomunicación (ETSI) son incorporadas sistemáticamente al catálogo de AENOR alcanzando la categoría de normas nacionales.

AENOR está acreditada por ENAC para la certificación, entre otros, de los sistemas de la calidad ISO 9000 y la certificación de productos en veintidós sectores. Con AENOR se tiene la posibilidad de obtener una certificación reconocida internacionalmente y fundamentada en los principios de independencia, imparcialidad, transparencia y objetividad, que permite abrir las puertas de nuevos mercados y contribuye a mejorar los procesos, productos y servicios y, con ello, la satisfacción de los clientes; una empresa, ya sea grande o pequeña, existe mientras tenga clientes.

La acreditación es una herramienta establecida a escala internacional para generar confianza sobre las actuaciones de una categoría de organizaciones denominadas, de manera general, organismos de evaluación de la conformidad, y abarca a los laboratorios de ensayo, laboratorios de calibración, entidades de inspección, entidades de certificación, verificadores ambientales y proveedores de programas de intercomparación. La acreditación se define como el procedimiento mediante el cual un organismo autorizado reconoce formalmente que una organización es competente para la realización de una determinada actividad de evaluación de la conformidad. Dicha evaluación queda definida en ISO/IEC 17000 como «*la demostración de que los requisitos específicos referentes a un producto, proceso, sistema, persona o entidad se cumplen*».

Los organismos de acreditación comprueban, mediante evaluaciones independientes e imparciales, la competencia de los evaluadores de la conformidad con objeto de dar confianza al comprador y a la administración, y contribuyen a su vez, a facilitar el comercio nacio-

La acreditación se define como el procedimiento mediante el cual un organismo autorizado reconoce formalmente que una organización es competente para la realización de una determinada actividad de evaluación de la conformidad

nal e internacional. Un requisito previo para la igualdad de condiciones en el comercio es que cualquier producto o servicio aceptado formalmente en un país pueda, a igualdad de requisitos, circular libremente en otros países sin necesidad de verse sometido nuevamente a ensayos, inspecciones o certificaciones. La acreditación, por tanto, garantiza que los organismos de evaluación de la conformidad de distintos países desempeñan su tarea de manera equivalente, generando la adecuada confianza tanto en la competencia técnica de los evaluadores de la conformidad como en su capacidad de proporcionar un servicio adecuado a las necesidades de sus clientes, que posibilita la aceptación mutua de resultados.

ENAC se constituye con la misión de acreditar, a través de un sistema conforme a normas internacionales, la competencia técnica de una entidad para certificar o inspeccionar, o de un laboratorio de ensayo o calibración, que opere tanto en el ámbito voluntario de la calidad como en el ámbito obligatorio cuando reglamentariamente se establezca.

ENAC participa activamente con las organizaciones y foros internacionales, como European Cooperation for Accreditation (EA), International Laboratory Accreditation Cooperation (ILAC) e International Accreditation Forum (IAF), donde se establecen las políticas en materia de la evaluación de la conformidad; en estos foros se elabora la documentación técnica precisa para garantizar la adecuada homogeneidad en las actuaciones de los organismos de acreditación. De esta forma se consigue que un informe o certificado emitido por una entidad acreditada en un país sea aceptado en el resto de los países integrados en las organizaciones internacionales mencionadas.

En el ámbito de los laboratorios de calibración, los organismos de acreditación que reconocen la competencia de dichos laboratorios, utilizan como base para su acreditación la norma UNE-EN ISO/IEC 17025:2005, [UNE05]. Esta norma contiene los requisitos que los laboratorios de calibración han de cumplir si desean demostrar que

En el ámbito de los laboratorios de calibración, los organismos de acreditación que reconocen la competencia de dichos laboratorios, utilizan como base para su acreditación la norma UNE-EN ISO/IEC 17025:2005, [UNE05]. Esta norma contiene los requisitos que los laboratorios de calibración han de cumplir si desean demostrar que disponen de un sistema de gestión de la calidad, que son técnicamente competentes y que aseguran la cadena de la trazabilidad

disponen de un sistema de gestión de la calidad, que son técnicamente competentes, capaces de producir resultados válidos y que, garantizando la trazabilidad de los patrones depositados en el laboratorio a patrones nacionales o internacionales, queda establecida una cadena ininterrumpida de comparaciones, es decir, se asegura la cadena de la trazabilidad. En estas condiciones, las acreditaciones concedidas son plenamente válidas y aceptadas, tanto en España como en el ámbito internacional.

Cualquier laboratorio, tanto público como privado, con o sin fines lucrativos, con independencia de su tamaño, de la realización de otras actividades diferentes a la calibración o de su asociación con otros grupos o instituciones, puede actuar como solicitante de acreditación a ENAC. El laboratorio es responsable de realizar sus actividades de calibración conforme a los requisitos exigidos, y de satisfacer las necesidades de los clientes, de las autoridades reguladoras o de las organizaciones encargadas de su reconocimiento. Así mismo, el laboratorio acreditado deberá participar de forma regular en intercomparaciones que cubran todas las familias de calibraciones incluidas en su alcance de acreditación. Para ello deberá disponer de estrategias y procedimientos que aseguren su participación en dichas intercomparaciones y establezcan la metodología y responsabilidades para evaluar los resultados obtenidos.

Por todo lo expuesto anteriormente, se podría afirmar que las empresas, organismos y entidades del sector de la Geomática, conscientes de la necesidad de implantar sistemas de gestión de la calidad para el mantenimiento de

su competitividad, requieren cada vez más los servicios de las instituciones responsables de la normalización, la acreditación y la Metrología.

3. PROCEDIMIENTOS TÉCNICOS DE CALIBRACIÓN DE INSTRUMENTAL GEODÉSICO

Un laboratorio de calibración acreditado deberá disponer de Procedimientos Técnicos de Calibración (PTC) para todos los trabajos incluidos en el alcance de la acreditación cuyo contenido englobará la información suficiente para permitir la realización de las calibraciones.

Los PTC constituyen uno de los documentos básicos del manual de calidad, deben estar sometidos a un control, tanto si se dispone de ellos en soporte lógico como analógico, y ser revisados periódicamente por el personal autorizado. Se establecerá una metodología eficaz para, en su caso, modificar los PTC incluyendo las modificaciones de los documentos mantenidos en sistemas informáticos.

En definitiva, el conjunto de las operaciones a realizar para cada uno de los parámetros a calibrar, deberá ser descrito de forma clara y detallada en el correspondiente PTC.

3.1 Estructura general de un Procedimiento Técnico de Calibración

La descripción de cualquier PTC, y en particular de instrumental geodésico, debe reflejar que tanto el proceso de calibración como el tratamiento de datos, estimación de incertidumbres e interpretación de resultados sea el más adecuado y se ajuste a los requisitos de diseño [CEN03]. En la consecución de este objetivo, la estructura del procedimiento se perfilará de modo que contenga al menos la siguiente información:

- Identificación apropiada y única del procedimiento
- Definición del campo de aplicación
- Descripción del tipo de objeto sometido a calibración
- Parámetros o magnitudes y rangos por determinar
- Aparatos y equipos
- Patrones de referencia y materiales de referencia necesarios
- Condiciones ambientales requeridas y periodos de estabilización
- Descripción del procedimiento
- Criterios de aceptación y rechazo
- Datos que deben registrarse y método de cálculo y presentación
- Incertidumbre o procedimiento de estimación de la incertidumbre

3.2 Diseño de los PTC de instrumental geodésico: estudios previos y definición del modelo metrológico

El correcto diseño de los PTC de instrumentos geodésicos exige un profundo conocimiento del instrumental que proporciona las magnitudes objeto de estudio. Este conocimiento profundo requiere la necesidad de realizar, por un lado, estudios previos relacionados con los dispositivos que van a permitir la medida de las magnitudes de interés, [ROE65], [MAU81], [SHE03], [SCH06], y por otro, el análisis de la normativa relacionada con la determinación de la calidad de la medida, [DIN18732] y [ISO17123]. Con ello se quiere poner de manifiesto la importancia que tiene la normalización en Metrología dimensional y, más concretamente, en el control de instrumental geodésico, siendo la normalización parte integral de la política de innovación de la Unión Europea dirigida a simplificar y mejorar el marco legislativo, a aumentar la competitividad de las empresas y a eliminar los obstáculos al comercio internacional mediante la supresión de barreras técnicas.

Por otro lado, es imprescindible una adecuada definición de la función modelo ya que de ella derivan los dos elementos del resultado de la medición: valor del mensurando e incertidumbre asociada a dicho valor.

Cualquier medida puede expresarse mediante una relación funcional si se explicitan las correcciones aplicadas, ya que siempre ha de existir al menos la corrección de calibración. En el caso concreto de la calibración de un elemento, bien sea un patrón o un instrumento, los resultados se recogen en el documento denominado certificado o informe de calibración. Esos resultados se requerirán posteriormente en la utilización del elemento, ya sea para medir, o cuando dicho elemento se vaya a emplear en la calibración de otro dentro de la práctica habitual de disseminación metrológica formando parte de una cadena de trazabilidad. El resultado de la calibración de un patrón se concreta en el valor de una magnitud y su incertidumbre.

En el proceso de calibración es fundamental la definición de un modelo metrológico apropiado que permita realizar el inventario de incertidumbres y determinar los coeficientes de sensibilidad de cada una de las magnitudes de entrada, todo ello siguiendo las recomendaciones de la Guía para la expresión de la incertidumbre de medida (GUM), [BIP08-1].

3.3 PTC de instrumental geodésico

En el caso concreto de un laboratorio de calibración de instrumental geodésico, los PTC se referirán a teodolitos, niveles, estaciones totales, instrumentos de MED (Medición Electromagnética de Distancias), equipos TLS (Terrestrial Laser Scanner) o equipos GNSS (Global Navigation Satellite System), de modo que la aplicación del procedimiento no entrañe ningún tipo de duda en su realización.



Figura 1. Conjunto de colimadores para la calibración de ángulos horizontales y verticales

De lo expuesto se deduce que el diseño y desarrollo de los procedimientos exige un profundo conocimiento del instrumental objeto de estudio con el fin de que las diferentes fases de la calibración, es decir, la preparación y el proceso de calibración propiamente dicho, el tratamiento de los datos, la estimación de incertidumbres y la interpretación de resultados, queden perfectamente definidas y explicadas, sean las más adecuadas y se ajusten a los requisitos de diseño. Con todo ello se pretende disponer de unos PTC que cumplan los requisitos exigidos por la norma UNE-EN ISO/IEC 17025:2005, [UNE05] y podrían aplicarse en un laboratorio de calibración de instrumental geodésico que haya sido sometido a un proceso de acreditación.

Los PTC de instrumental geodésico se pueden diseñar para su aplicación en laboratorio o en condiciones de campo, dependiendo del alcance de la acreditación y de la capacidad óptima de medida declarada en el proceso de acreditación.

A continuación se indican los fundamentos teóricos sobre los que se desarrollan los PTC de los distintos equipos de medida mencionados.



Figura 2. Calibración de la longitud de onda modulante

En el caso de los teodolitos, la calibración de los ángulos horizontales se basa en el método de cierre angular de una vuelta de horizonte. En el procedimiento de calibración se miden los ángulos de cada serie en distintas partes del círculo y se realiza un análisis estadístico de las diferentes series de medidas. Para determinar la calidad de medida de los ángulos verticales, se realizan punterías a señales bien definidas situadas de manera que cubran el rango habitual de las observaciones de ángulos verticales. Se realizan diferentes series de observaciones y se evalúan conjuntamente los datos obtenidos en las diferentes series, ver la Figura 1.

La calibración de niveles puede realizarse por dos procedimientos distintos, uno de ellos diseñado en laboratorio y el otro en campo, pudiendo ser ambos procedimientos complementarios. La calibración en laboratorio requiere un equipamiento especial y efectuar punterías a un colimador óptico patrón de horizontalidad. La calibración en campo se lleva a cabo mediante la determinación del desnivel entre dos puntos, realizando diferentes series de observaciones en unas condiciones de reproducibilidad previamente definidas.

El PTC de estaciones totales requiere una configuración geométrica triangular en la que se deben satisfacer ciertos requisitos de la distancia entre los tres puntos. Los valores nominales son las coordenadas de los puntos. El proceso de medición permite determinar la repetibilidad del instrumento para una posición y altura.

La calibración de los equipos de MED se puede ejecutar en laboratorio o en campo. La principal ventaja de la aplicación del PTC en laboratorio es la determinación del error de escala mediante la calibración de la longitud de onda modulante, sin embargo los costes son altos, ver la Figura 2. Por otra parte, las medidas llevadas a cabo en los laboratorios alcanzan exactitudes más altas que las que se consiguen en condiciones de campo. En ocasiones es conveniente que las condiciones elegidas para la aplicación del PTC sean similares a las esperadas en un determinado proyecto. El PTC aplicado en condiciones de campo está basado en la medida de distancias en todas las combinaciones posibles en una base de calibración sin necesidad de conocer los valores nominales de los tramos. La desviación típica experimental de una medida de distancia se determina mediante el ajuste de las combinaciones de distancias medidas.

En lo referente a la calibración de equipos GNSS no existe actualmente un consenso aceptado internacionalmente para determinar la calidad de medida de los equipos ni se asegura la trazabilidad legal de las mediciones y sus incertidumbres. Esto es debido a que se trata de un campo muy complejo y se contemplan diferentes puntos de vista con respecto a lo que sería exactamente necesario para calibrar dichos equipos y llevar a cabo la calibración. En investigaciones recientes se han propuesto diversas alternativas en diferentes redes de control que presentan unas características físicas y geométricas que permiten su utilización de forma práctica, inmediata y eficiente, reuniendo los requisitos para considerarlas como redes patrón con el fin asegurar la trazabilidad en la calibración de equipos GNSS [FER11-1] y [FER11-2].

Respecto a la calibración de equipos TLS, es inexistente en la actualidad la publicación de una norma consensuada internacionalmente en la que se proponga una metodología que permita estimar la repetibilidad de los equipos. Si a este hecho se le une el que los fabricantes no proporcionan las especificaciones técnicas de los equipos que ofrecen de una forma normalizada, se encuentran dificultades en la interpretación de los estimadores de la precisión de la medida de equipos TLS.

En la actualidad se están evaluando los datos de medición de diversos equipos TLS en el Laboratorio de Control Metrológico de Instrumental Geodésico y Topográfico (LCMIGT) de la E.T.S.I. en Topografía, Geodesia y Cartografía de la UPM. En los ensayos se utilizan modelos geomé-

tricos con trazabilidad a patrones nacionales, así mismo se están analizando metrológicamente los resultados de los barridos sobre diferentes muestras de materiales y distintas orientaciones. El objetivo de los ensayos realizados tanto en laboratorio, con condiciones meteorológicas controladas, como en campo, es el diseño y desarrollo de procedimientos que permitan dar los primeros pasos para la evaluación de la incertidumbre de medida de los equipos TLS.

4. CERTIFICADOS DE VERIFICACIÓN VS CERTIFICADOS DE CALIBRACIÓN

En ocasiones los términos verificación y calibración se confunden o no se diferencian claramente pudiéndose llegar a cometer irregularidades en los procedimientos aplicados y en los informes que se emiten.

El control de los instrumentos de medida, en particular del instrumental geodésico, puede realizarse mediante la verificación aplicando los procesos descritos en algún tipo de norma ampliamente reconocida, determinándose la repetibilidad del instrumento sometido al proceso de verificación. La verificación consiste en revisar, inspeccionar, ensayar, comprobar o supervisar documentalmente que el instrumental es conforme a unos requisitos especificados. En cierto modo, podría considerarse la verificación como una aproximación a la calibración ya que, más que el resultado final, lo que especialmente interesa es saber si a partir de ese resultado se cumplen unos requisitos.

La calibración, según el Vocabulario Internacional de términos Metrológicos, [BIP08-2], se define como el conjunto de operaciones que establecen, en condiciones especificadas, la relación entre los valores de una magnitud indicados por un instrumento de medida o un sistema de medida, o los valores representados por una medida materializada o por un material de referencia, y los valores correspondientes de esa magnitud realizados por patrones.

Según esta definición, la calibración exige la aplicación de procedimientos rigurosos que determinen las características metrológicas del instrumento mediante comparación con patrones de medida o materiales de referencia certificados. El resultado de la calibración queda reflejado en un informe denominado certificado o informe de calibración, en el que debe incluirse la incertidumbre asociada al resultado de la medición y es emitido por el laboratorio acreditado que realiza las calibraciones. La información que contiene un certificado de calibración debe ser exacta y clara, sin ambigüedades y objetiva de

La calibración exige procedimientos rigurosos que determinen las características metrológicas del instrumento mediante comparación con patrones de medida o materiales de referencia certificados. El resultado de la calibración queda reflejado en certificado o informe de calibración, en el que debe incluirse la incertidumbre asociada al resultado de la medición y es emitido por el laboratorio acreditado que realiza las calibraciones

acuerdo con las instrucciones específicas contenidas en los procedimientos de calibración. Pueden ser emitidos en papel o mediante transferencia electrónica de datos siempre que se cumplan los requisitos de la norma internacional UNE-EN ISO/IEC 17025. De acuerdo con esta norma, los certificados de calibración deben incluir la siguiente información:

- Título: «Certificado de Calibración»
- Nombre y dirección del laboratorio
- Una identificación única del certificado de calibración que podría ser un número de serie; una identificación en cada página que permita reconocerla como parte del certificado de calibración; y una indicación clara del final del certificado
- Nombre y dirección del cliente
- Identificación del método utilizado
- Descripción, estado e identificación del objeto sometido a calibración
- Fecha de la recepción del objeto de calibración cuando ésta sea crítica para la validez y aplicación de los resultados, así como la fecha de realización de cada calibración
- Referencia a los procedimientos utilizados por el laboratorio u otras entidades cuando influyan en la validez o aplicación de los resultados
- Resultados de la calibración con las unidades cuando proceda
- Nombre, cargo y firma o identificación de la persona o personas autorizadas
- Cuando proceda, una declaración de que los resultados se refieren únicamente a los objetos sometidos a calibración

- Se recomienda incluir una declaración indicando que el certificado no podrá ser reproducido parcialmente sin la aprobación por escrito del laboratorio que lo emite y del organismo de acreditación
- Las condiciones en las que se realizan las calibraciones y que influyen en los resultados de medida
- La incertidumbre de medida y/o una declaración del cumplimiento de una cierta especificación metrológica
- Evidencia de la trazabilidad de las medidas

Conviene prestar especial atención al formato de los certificados que se diseñarán para cada tipo de calibración que se realice, evitando que se produzcan interpretaciones erróneas o usos incorrectos.

4.1 Expresión de la incertidumbre en los certificados de calibración

El resultado completo de la medición, que consiste en el estimado y del mensurando y la incertidumbre expandida asociada U , se expresa en los certificados de calibración en la forma $y \pm U$. Debe incluirse una nota en la que se especifique el factor de cobertura, k , determinado para el cálculo de la incertidumbre expandida U .

El proceso para la estimación de la incertidumbre de medida es el siguiente:

a) Expresar en términos matemáticos la dependencia del mensurando o magnitud de salida Y respecto de las magnitudes de entrada X_i , según la expresión $Y = f(X_1, X_2, \dots, X_n)$.

b) Identificar y aplicar las correcciones significativas.

c) Relacionar todas las fuentes de incertidumbre en la forma de un análisis de incertidumbres según se especifica en la GUM, [BIP08-1].

d) Calcular la incertidumbre típica $u(\bar{q})$ para magnitudes medidas reiteradamente como una desviación típica experimental de la media aritmética.

e) Para valores únicos, por ejemplo resultantes de mediciones previas, valores de corrección, valores tomados de publicaciones técnicas, etc., se adopta la incertidumbre típica cuando se conozca o pueda calcularse. Si no se dispone de datos de los que pueda derivar la incertidumbre típica, estimar el valor $u(x)$ basándose en la experiencia científica.

f) Para magnitudes de entrada para las que se conoce o puede suponerse una distribución de probabilidad, calcular el valor esperado y la incertidumbre típica $u(x)$ de acuerdo con el contenido de la GUM.

g) Calcular para cada magnitud de entrada X_i la contribución $u_i(y)$ a la incertidumbre asociada a la estimación de salida resultante de la estimación de entrada x_i , aplicando las ecuaciones:

$$u_i(y) = c_i u(x_i); \quad i=1,2,\dots,N$$

donde c_i es el coeficiente de sensibilidad asociado a la estimación de entrada x_i , es decir, la derivada parcial de la función modelo f con respecto a X_i evaluada para las estimaciones de entrada x_i

$$c_i = \frac{\partial f}{\partial x_i} = \frac{\partial f}{\partial X_i} \Big|_{X_1=x_1, \dots, X_N=x_N}$$

El cuadrado de la incertidumbre típica del mensurando será:

$$u^2(y) = \sum_{i=1}^N u_i^2(y)$$

Si las magnitudes de entrada están correladas, se aplicará el procedimiento que se describe en la GUM para este caso.

h) Calcular la incertidumbre expandida U , aplicando un factor de cobertura k a la incertidumbre típica $u(y)$ asociada a la estimación de salida.

i) Informar en el certificado de calibración del resultado de la medición, indicando el estimado y del mensurando, la incertidumbre expandida asociada U y el factor de cobertura k .

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

De los conceptos e ideas expuestos se pueden extraer las siguientes conclusiones:

- La normalización, fundamental en gran diversidad de actividades, es básica en las ciencias experimentales cuando se trata de conseguir mediciones uniformes y aceptadas internacionalmente.
- Se considera esencial determinar la calidad de medida del instrumental que se utiliza en la captura de datos en proyectos geomáticos, así como conocer si dicho instrumental es conforme a las especificaciones del fabricante.
- El diseño de procedimientos de calibración basados en normas y recomendaciones internacionales va a permitir conocer la repetibilidad de los equipos y su incertidumbre de medida.
- La acreditación de laboratorios de calibración asegura la trazabilidad de los patrones, consiguiéndose la diseminación metrológica desde los patrones internacionales a los depositados en los laboratorios acreditados.
- La definición adecuada del modelo metrológico es primordial, pues de él deriva el resultado de la medición y su incertidumbre.

- Como recomendaciones se indican las siguientes:
- Aplicar procedimientos de calibración basados en normas internacionales.
 - Realizar la estimación de incertidumbres siguiendo las indicaciones de la GUM.
 - Diferenciar los procesos de verificación y calibración con el fin de no cometer irregularidades en los informes que se emitan.
 - Calibrar periódicamente los equipos de medida en laboratorios acreditados.

REFERENCIAS

- [BIP08-1] BIPM, IEC, IFCC, ILAC, ISO, IUPAC, IUPAP and OIML 2008 *Evaluation of Measurement Data—Guide to the Expression of Uncertainty in Measurement* JCGM 100:2008.
- [BIP08-2] BIPM, IEC, IFCC, ILAC, ISO, IUPAC, IUPAP and OIML 2008 *International Vocabulary of Metrology—Basic and General Concepts and Associated Terms* JCGM 200:2008.
- [CEN03] Centro Español de Metrología. *Procedimiento para la realización de procedimientos de calibración*. Ministerio de Industria, Turismo y Comercio. 4^a Edición. 2003.
- [DIN18732] Deutsche Norm DIN 18732. *Feldverfahren zur Genauigkeitsuntersuchung geodätischer Instrumente*.
- [FER11-1] Fernández Pareja, T; Vicente y Oliva, J. *Global Navigation Satellite System equipment calibration*. 15th *International Congress of Metrology*. Paris, October 2011.
- [FER11-2] Fernández Pareja, T; Vicente y Oliva, J. *Metrological control of Global Navigation Satellite System (GNSS) equipment*. 4th *Manufacturing Engineering Society International Conference*. Cádiz, September 2011.
- [HEN07] Hennes, M. Heister, H. *Neuere Aspekte zur Definition und zum Gebrauch von Genauigkeitsmassen in der Ingenieurgeodäsie*. *Allgemeine Vermessungsnachrichten*. Oktober 2007. pp 375-383.
- [ISO17123] International Standard ISO 17123. *Optics and optical instruments – Field procedures for testing geodetic and surveying instruments*.
- [MAU81] Maurer, W. *Ein neues Verfahren zur Untersuchung von Theodolittekreisen*. *F.I.G. International Kongress*. Schweiz 1981.
- [ROE65] Roelofs, R. 1965. *Optimalisierung der kreisteilungsuntersuchung*. *Zeitschrift für Vermessungswesen*. Heft 12, 90 Jahrgang, Dezember 1965. pp 489-496.
- [SCH06] Schüler, T. 2006. *Impact of systematic errors on precise long baseline kinematic GPS positioning*. *GPS Solutions*. N° 2, Vol. 10, May 2006. pp 108-125.
- [SHE03] A. Sherrer, R. 2003. *The Compact Method of Testing Total Stations*. *Survey Review*. N° 288, Vol. 37, April 2003. pp 145-154.

[UNE05] UNE-EN ISO/IEC 17025:2005. *Requisitos generales relativos a la competencia de los laboratorios de ensayo y calibración*.

Sobre los autores

M^a Teresa Fernández Pareja

Dr. Ingeniero en Geodesia y Cartografía por la Universidad Politécnica de Madrid. Pertenece al cuerpo de PTEU. Desarrolla su actividad docente e investigadora en la E.T.S.I. en Topografía, Geodesia y Cartografía y en la E.T.S.I. Industriales de la UPM. Imparte docencia en el Máster en Metrología de la E.T.S.I. Industriales y el Centro Español de Metrología. Coordinadora de diversas asignaturas del Máster Universitario en Ingeniería Geodésica y Cartografía (UPM). Responsable de la línea de investigación en Control metrológico del centro Geol+D así como del Laboratorio de Control Metrológico de Instrumental Geodésico y Topográfico de la E.T.S.I. en Topografía, Geodesia y Cartografía.

Miguel C. Cortés Calvo

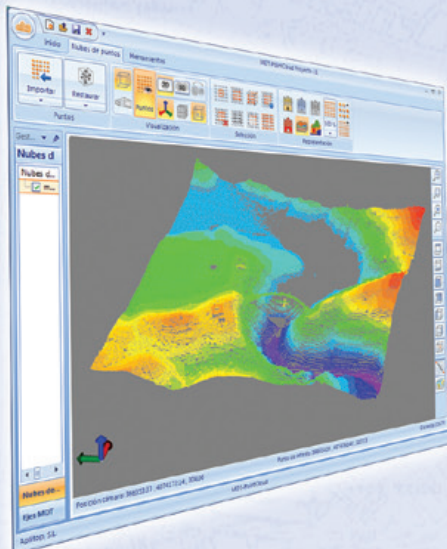
Teniente Coronel de Artillería, Geodesta Militar y Máster Universitario en Ingeniería Geodésica y Cartografía (UPM). Entre 1994 y 2005, destinado en el Centro Geográfico del Ejército, desarrollando actividades en los campos de Formación Cartográfica y Geodesia, Fotogrametría y Tratamiento de Imágenes, y jefe de la Unidad de Apoyo Geográfico del Ejército de Tierra desde su creación en 2001 hasta 2005. Desplegado en el Supreme Headquarters Allied Powers in Europe (OTAN) como Geodatabase Manager en 2001, ha participado en campañas geodésicas en Mostar (Bosnia Herzegovina) y en la Antártida. Desde 2006 está destinado en el Force Command Madrid (OTAN), como Geospatial Section Head. Desplegado en 2008 en ISAF como Chief Geospatial Officer, en Kabul (Afganistán). Colabora en el Laboratorio de Control Metrológico de Instrumental Geodésico y Topográfico de la E.T.S.I. en Topografía, Geodesia y Cartografía.

Almudena García Pablos

Ingeniera Técnica en Topografía por la Universidad Politécnica de Madrid (2010). Colaboración con el Laboratorio de Geomatica, Politecnico di Milano (2010-2011). Máster en Metrología por la UPM en colaboración con el Centro Español de Metrología (2012). Durante los años 2009 y 2010 ejecución de trabajos de topografía industrial en Airbus. Desarrollo de actividades de dirección, gestión y producción en la empresa Topografía Aranjuez C.B durante los años 2011 y 2012. Es colaboradora principal de la línea de investigación en Control metrológico del centro Geol+D en el Laboratorio de Control Metrológico de Instrumental Geodésico y Topográfico de la E.T.S.I. en Topografía, Geodesia y Cartografía.



TcpMDT PointCloud



Extensión de MDT para explotación de Nubes de Puntos

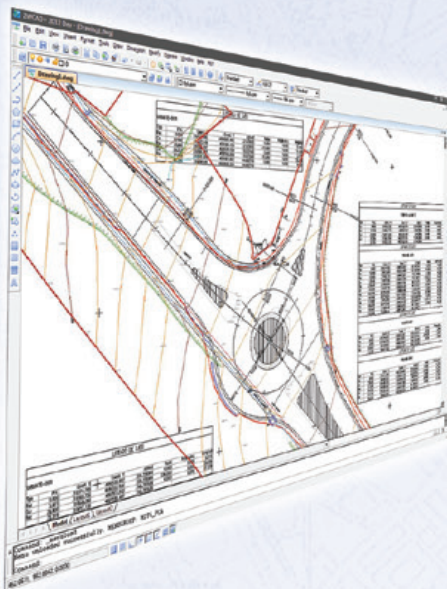
Aplicación integrada en TcpMDT que permite la visualización y explotación de nubes de puntos capturadas con tecnología LiDAR o escáners convencionales.

Cursos OnLine



TcpMDT CAD

Powered by ZWCAD+



Proyectos de Topografía y CAD en un solo producto

Diseñado para aquellos profesionales que buscan una herramienta para la realización de proyectos sin necesidad de adquirir además una costosa plataforma CAD.

Cursos On-line de MDT

Ofrecen tutoriales en video con audio y comentarios, documentación y manuales, cuestionarios de autoevaluación y ejercicios prácticos. También incluyen el apoyo de un tutor para resolver cualquier cuestión.

EN CONTINUA INNOVACIÓN



Actualización de las delimitaciones territoriales en Cantabria

REVISTA **MAPPING**
Vol. 22, 158, 14-28
marzo-abril 2013
ISSN: 1.131-9.100

Antonio Mañero García¹
Felipe Piña García²
Juan Miguel García Lario, José Manuel Pérez Casas³

Resumen

El Término municipal abarca el territorio en el cual el ayuntamiento ejerce sus competencias, sus límites son una serie de líneas jurisdiccionales definidas por un título jurídico, generalmente un acta de deslinde firmada de mutuo acuerdo entre ambos ayuntamientos.

Para la representación gráfica de estas líneas se realizaron poligonales de brújula que recorrían los mojones del límite municipal. La precisión con la que están grafiadas se corresponde con las técnicas topográficas de la época (principios s. XX) y con la finalidad perseguida que era representarlas en el MTN50, no siendo esta precisión compatible con las grandes escalas utilizadas hoy en día en el catastro, cartografía autonómica, planes de ordenación urbana, etc. de ahí la necesidad de la actualización geométrica de las líneas.

Para esta finalidad el Instituto Geográfico Nacional (IGN) ha diseñado el Plan Nacional de Actualización de las Delimitaciones Territoriales (PNADT). Este Plan permitirá mejorar geométricamente la definición de las líneas inscritas en el Registro Central de Cartografía (RCC) del IGN, la cual debe de acompañarse de la correspondiente actualización del título jurídico.

En esta ponencia se explica la problemática y las metodologías seguidas en Cantabria en el Plan Nacional de Actualización de las Delimitaciones Territoriales.

Abstract

The municipal territory covers the land under managed by the Municipality and it is limited by a set of jurisdictional boundaries defined by a legal title, usually a memorandum of agreement between the two commissions of both councils.

For the graphic representation of these boundaries, a series of compass polygonals were performed following the municipal boundaries from boundary mark to boundary mark. Their accuracy corresponds to the available topographic techniques at that time (beginning of XX century) and to the purpose wanted: to portray them on the National Topographic Map at scale 1:50,000. This accuracy is not compatible with big scales used in cadastral works, regional and local cartography and urban plans cartography.

In order to geometrically improve the graphic description of the municipal boundaries registered in the Cartographic Central Register, the IGN has designed the Updating National Plan for Territorial Boundaries.

On this article, the need for the geometrical updating of those lines and the methodology followed in Cantabria in order to legally update the corresponding legal titles are explained.

Palabras clave: deslinde, jurisdicción, línea límite, mojón, Registro Central de Cartografía, replanteo, término municipal, bajamar escorada.

Key words: boundary mark, demarcation, city limits, lowest astronomical tide, jurisdiction, landmark.

(1) Instituto Geográfico Nacional. Universidad de Cantabria
antonio.manero@seap.minhap.es

(2) Universidad de Cantabria

(3) Instituto Geográfico Nacional

Recepción: 05-09-2012
Aprobación 29-12-2012

1. INTRODUCCIÓN

El término municipal abarca el territorio en el cual el ayuntamiento ejerce sus competencias, según se establece en el artículo 12.1 de la Ley 7/1985 de 2 de abril de Bases de Régimen Local. Los límites del ayuntamiento terminan donde comienzan los de los términos municipales colindantes, esa separación está materializada por una serie de líneas jurisdiccionales, tantas como el número de Ayuntamientos vecinos, con la excepción de los ayuntamientos fronterizos y los costeros, teniendo estos últimos por vecino al Estado, bien sea en el mar territorial o en las aguas interiores.

Cada línea está formada por una serie de puntos singulares de paso, denominados generalmente mojones, y por la unión entre ellos, que puede ser la línea recta o bien seguir un accidente geográfico de carácter lineal como una divisoria de aguas, el eje de un arroyo, un camino, etc.

Todos los mojones que definen la línea, con la excepción de los extremos, son comunes a dos términos municipales y se denominan M2T, los extremos de la línea son mojones M3T o más, al ser comunes a 3 o más términos municipales, la excepción serían los términos municipales totalmente enclavados en otros, que solo tendrían mojones M2T al tener un único vecino, y los términos costeros, en los que el límite con el «mar», en realidad con las aguas interiores o el mar territorial pertenecientes ambos al Estado, lo marca la bajamar escorada o máxima bajamar viva equinoccial, siendo la determinación de esta responsabilidad del Instituto Hidrográfico de la Marina (IHM), las líneas que confluyen en esa línea acaban generalmente en un punto en el borde del acantilado o «borde del mar» y por lo tanto en esas líneas se considera que solo tienen un único M3T, pues el del «mar» se considera M2T, en realidad este es un M3T en el que el tercer colindante es el Estado.

2. EL IGN Y LAS DELIMITACIONES TERRITORIALES

A finales del siglo XIX y principios del XX una de las tareas encomendadas al Instituto Geográfico y Catastral era la realización del Mapa Topográfico Nacional a escala 1:50.000 (MTN50). Los trabajos topográficos de campo necesarios para su realización se hacían por términos municipales, lo primero de todo era la triangulación y a continuación se hacía el levantamiento planimétrico del término municipal, en éste la primera tarea a realizar era el reconocimiento y levantamiento topográfico de las líneas límite del término municipal, se disponía así de un

Los límites municipales y sus variaciones deben de estar inscritos en el Registro de Entidades Locales (REL) del Ministerio de Hacienda y Administraciones Públicas

gran polígono, enlazado con los vértices topográficos de la zona y que engloba al término municipal. Una vez completado este trabajo se realizaba el levantamiento del término municipal mediante itinerarios que partían y cerraban en puntos de este polígono, en general de mojones del límite del municipio.

Para el reconocimiento y señalamiento de los mojones de la línea se citaba previamente a las Comisiones de los respectivos ayuntamientos, una vez finalizando el reconocimiento se levantaba un acta de la operación practicada. Esta tarea se facilitaba en el caso de disponer de las actas que previamente hubiesen hecho los ayuntamientos.

Para la redacción de las actas se seguían las instrucciones de la Dirección del Instituto Geográfico Nacional, en las que se daba un modelo de acta pormenorizando con todas las variantes posibles, indicando todos los pasos a seguir, desde las citaciones hasta la firma y sellado de actas, sirva como muestra de la minuciosidad el detalle sobre la prohibición del envío de actas para su sellado por correo «...Las actas para ser selladas se remitirán por propio, quedando terminantemente prohibido el envío por correo de las mismas, haciéndose responsable el operador de todo extravío...»

Una vez finalizado el señalamiento de los mojones y de la línea límite se hacía el levantamiento topográfico de la misma, ya sin la intervención de las comisiones. El levantamiento se hacía mediante poligonales de brújula taquimétrica y estadía vertical, generalmente por el método de estaciones alternas, procurando, siempre que fuera posible, hacer estación en todos los mojones, radiando a la vez el mayor número de referencias posibles, (radiaciones a vértices de la triangulación, detalles topográficos, etc.)

Actualmente según la legislación vigente, los límites municipales y sus variaciones deben de estar inscritos en el Registro de Entidades Locales (REL) del Ministerio de Hacienda y Administraciones Públicas según se establece en el Real Decreto 382/1986, de 10 de febrero, (modificado por el Real Decreto 1499/1990, de 23 de noviembre), entre los datos inscribibles esta su «*extensión superficial y límites del término municipal*», (Art. 3.c), facilitando el Ministerio al IGN todos aquellos datos del REL que pueda precisar para el desarrollo de sus actividades y asimismo podrá recabar información a fin de comprobar y certificar,

cuando proceda, los datos del Registro de Entidades Locales (Art. 14).

Por otro lado según el Real Decreto 1545/2007, de 23 de noviembre, por el que se regula el Sistema Cartográfico Nacional, deberán inscribirse obligatoriamente en el Registro Central de Cartografía (RCC) las líneas límite de los términos municipales (Art. 20.1.d), la inscripción de la línea límite deberá de contener, como mínimo, la siguiente documentación (Art. 21.2):

- a) *Identificación de la línea.*
- b) *Definición de la línea mediante la descripción geométrica establecida por los vértices que la constituyen y la descripción literal de las líneas que los unen.*
- c) *Referencia al título jurídico en que trae causa su inscripción.*

A la vista de esto se puede ver la profunda interrelación de ambos registros, en el Registro de Entidades Locales (REL) la unidad registral es el término municipal con su superficie, en el Registro Central de Cartografía (RCC) la unidad registral la línea límite con su geometría y su título jurídico. Siendo en la práctica las líneas inscritas en el RCC las que por unión de todas las correspondientes a cada término municipal, nos permiten obtener su geometría total y por consiguiente su superficie en una ficha registral que se facilita a los ayuntamientos y al propio REL cada vez que éste a su vez comunica al RCC alguna variación de un término municipal.

A su vez para el deslinde y la resolución de discrepancias entre términos municipales, en el ordenamiento jurídico estatal existen dos normas reguladoras, el Real Decreto 1690/1986, de 11 de julio, por el que se aprueba el Reglamento de Población y Demarcación de las Entidades Locales, de aplicación a las líneas entre términos pertenecientes a una misma Comunidad Autónoma y el Real Decreto 3426/2000, de 15 de diciembre, por el que se regula el procedimiento de Deslinde de Términos Municipales pertenecientes a diferentes Comunidades Autónomas. En estos Reales Decretos se especifican los procedimientos y los órganos instructores de los mismos, que son la Comunidad Autónoma y el Ministerio de Hacienda y Administraciones Públicas según sean las líneas, intra-autonómicas o inter-autonómicas. Así en el Real Decreto 1690/1986, del Reglamento de Población y Demarcación de la Entidades Locales, las discrepancias que se susciten entre municipios serán resueltas por la CC.AA. «previo informe del IGN y dictamen del Consejo de Estado o del órgano consultivo superior del Consejo de Gobierno de aquella, si existiera» (Art. 24) y en el Real Decreto 3426/2000, sobre el Deslinde de Términos Municipales pertenecientes a diferentes Comunidades Autónomas la resolución de discrepancias corresponde al Ministerio de Hacienda y Adminis-

En el Registro de Entidades Locales (REL) la unidad registral es el Término Municipal con su superficie, en el Registro Central de Cartografía (RCC) la unidad registral la línea límite con su geometría y su título jurídico. Siendo en la práctica las líneas inscritas en el RCC las que, por unión de todas las correspondientes a cada Término Municipal, nos permiten obtener su geometría total y su superficie

traciones Públicas previo «informe-propuesta de deslinde» del IGN y Dictamen del Consejo de Estado (Art. 3).

Algunas comunidades Autónomas disponen de su propia legislación en materia de delimitaciones territoriales, especificándose en algunas que el informe preceptivo lo realice el IGN, en otras solo especifica la necesidad de un informe técnico, o incluso que sea algún organismo técnico de la propia Comunidad. En el caso de existir aspectos no contemplados en la normativa autonómica se suelen usar supletoriamente las dos normas estatales y en concreto el Decreto 3426/2000, sobre el Deslinde de Términos Municipales pertenecientes a diferentes Comunidades Autónomas el cual dada su minuciosidad contempla prácticamente todos los posibles supuestos.

Como se puede ver, la experiencia del IGN en materia de delimitaciones territoriales abarca más de un siglo, manteniendo un Servicio de Delimitaciones Territoriales especializado en los trabajos de resolución de discrepancias, siendo ponentes de los informes preceptivos en ambos procedimientos, los de líneas intra-autonómicas e interautonómicas.

3. ANÁLISIS DE LOS TRABAJOS TOPOGRÁFICOS

Para la representación gráfica de los límites municipales ya hemos comentado que se realizaron una serie de poligonales de brújula del límite municipal, y en la mayoría de los casos el dibujo actual de las líneas se corresponde con los resultados de aquellos levantamientos, siendo la

precisión con la que están grafiadas en la actualidad la correspondiente a las técnicas topográficas de la época (principios del siglo pasado), que se adecuaba a la finalidad perseguida que era representarlas en el Mapa Topográfico Nacional a escala 1:50.000, no siendo esta precisión compatible con las grandes escalas utilizadas hoy en día en el Catastro, en la cartografía municipal y autonómica o en la cartografía de los planes de ordenación urbana, siendo por todo ello la precisa delimitación del Término Municipal un elemento esencial no solo para el adecuado funcionamiento de la Administración Local sino también para el ejercicio de otras potestades publicas como la jurisdicción, la ordenación del territorio y el urbanismo.

Vamos a estudiar ahora las precisiones, en un sentido estricto para analizar la incertidumbre de los trabajos de topografía en las delimitaciones territoriales habría que estudiar la incertidumbre de todos las operaciones topográficas realizadas dentro de un sistema de referencia determinado con su marco asociado, evidentemente en las fechas de realización de los trabajos no existían las posibilidades técnicas de hoy en día. Es por esto que vamos a realizar un estudio de los errores relativos entre los diversos mojones de la línea límite, pues siempre existirá alguno al que podamos enlazar nuestros trabajos.

3.1 Errores instrumentales

La mayoría de las brújulas taquimétricas empleadas en los trabajos tenían las siguientes características:

- Sensibilidad del nivel: $S=60''$
- Aumentos del antejo: $A=20$
- Apreciación de la lectura: $a=15''$

Para el estudio de los errores cometidos en una poligonal de brújula con mira estadimétrica vertical y la correspondiente radiación del mojón desde una estación de la poligonal, para un error en el estacionamiento y en la posición de la mira de $e=20$ cm, una distancia media de radiación $D=200$ m y haciendo dos lecturas, tenemos:

- Error de verticalidad: $e_v = \frac{S}{12} = \frac{60''}{12} = 5''$
- Error de puntería: $e_p = \frac{10''}{A} \left(1 + \frac{4A}{100} \right) \cong 1''$
- Error de lectura: $e_l = \frac{2}{3} a \frac{1}{\sqrt{2}} = 424''$
- Error de dirección: $e_d = \frac{e}{D} \cdot 206265 = 206''$
- El error total angular será: $e_a = \sqrt{e_v^2 + e_p^2 + e_l^2 + e_d^2} = 471''$

El error en la medida de distancias, aunque depende de la distancia y las condiciones de visibilidad, para un antejo de 20 aumentos y constante diastimométrica $K=100$ puede suponerse, un error relativo entre $\varepsilon = 0,4 \%$ y $\varepsilon = 0,5 \%$ según las miras sean centimétricas o bicentimétricas. [OJE84], [DOM74].

3.2 Errores en la radiación

Con estas características los errores en una radiación única con $e_a = 15' = 900''$ y para una distancia de 300 m serían:

- Error longitudinal:

$$e_l = \varepsilon \cdot D = 0.0045 \cdot 300 = 1.35 \text{ m}$$

- Error transversal:

$$e_t = e_a \cdot D = \frac{900}{206265} \cdot 300 = 1.31 \text{ m}$$

Errores que son del mismo orden, siendo el máximo posible el mayor de los dos. [PIÑ10].

3.3 Errores en las poligonales de brújula

En las poligonales de brújula, al ser un instrumento auto orientador, los errores angulares se transmiten a lo largo de la poligonal sin aumentar, si se admite que en cada medida de rumbo se cometen errores independientes y similares, si sustituimos esos errores por el de dirección de la brújula que se emplee en las observaciones, resultará un error angular de la poligonal de:

$$E_a \leq \frac{L}{n} e_a \sqrt{n}$$

$$E_l \leq \frac{L}{n} \cdot \varepsilon$$

El error lineal para un tramo será para n tramos:

$$E_l \leq \frac{L}{n} \cdot \varepsilon \cdot \sqrt{n}$$

Si aplicamos estas relaciones a la longitud media de las líneas de Cantabria, que es de 5 700 m con poligonales de 26 tramos, en un punto intermedio de la poligonal obtenemos unos errores de $E_a \leq 1.8 \text{ m}$ y $E_l \leq 3.6 \text{ m}$ [OJE84] [PIÑ10].

Valores que son muy similares a las tolerancias prescritas por el catastro italiano de la época para las poligonales

$$t = a\sqrt{L} + 0.0008L + 0.1\sqrt{n-1}$$

siendo n el nº de tramos de la poligonal, L la longitud y a un parámetro en función de la orografía del terreno, pudiendo adoptar valores entre 0.015 y 0.025, si aplicamos el parámetro más desfavorable a nuestro caso obtenemos una tolerancia de 3.9 m. [PAS24].

3.4 Errores finales en el mojón

Considerando tanto los errores en la poligonal como en la radiación, el error máximo en el mojón sería la componente cuadrática de los máximos de ambos, que nos da un error total máximo cercano a los 4 m.

Las instrucciones del IGN establecían como tolerancia en los desarrollos gráficos de las poligonales $E \leq 10 \cdot \sqrt{k}$ para términos municipales con perímetro inferior a 100 km, siendo k la longitud del mismo. Aplicando a Cantabria donde tenemos un perímetro medio de 36 km, obtendríamos una tolerancia de 60 m, condición perfectamente asumible con la instrumentación empleada. Esta tolerancia, si bien hoy en día nos parece excesiva, hay que pensar que era para realizar un desarrollo gráfico a escala 1:25.000 (en escala son 2.4 mm) para ser reducido luego a la escala 1:50.000 del Mapa Topográfico Nacional [FOS44]. A la hora de replantear si disponemos de datos numéricos la incertidumbre asociada será la teórica, pero si utilizamos documentación gráfica habría que tener en cuenta el correspondiente incremento de las tolerancias.

Ya hemos visto que de acuerdo a la instrumentación empleada tenemos unas precisiones «teóricas» de unos 4 m, pero en las actividades topográficas de campo hay que tener en cuenta la gran influencia de las condiciones ambientales en las medidas, por ejemplo que el viento mueva la mira y dificulte la medida, que una de las visuales esté a contraluz y así la medición de ese ángulo o distancia sea de peor calidad, o incluso que al medir por estaciones alternas no nos demos cuenta de la existencia de anomalías magnéticas locales que distorsionen las medidas angulares. Experiencias realizadas para ajustar las poligonales entre dos mojones M3T, es decir a lo largo de una línea, comparando datos reales de campo con el desarrollo de las libretas han dado errores muy variables. En los trabajos realizados hasta la fecha en Cantabria, que abarcan unas 90 líneas y los que se han realizado previamente en el País Vasco en unas 257 líneas, se comprueba que los errores están muy por encima de lo esperado, siendo inadmisibles para cualquier trabajo cartográfico para escalas mayores que 1:50.000, pues superan el valor de 10-15 m. los residuos, la desviación estándar o cualquier otro valor estadístico en la mayoría de los casos, apareciendo bastantes puntos con errores superiores a los 60 m.

En la Base de Datos de Líneas Límite del RCC, las líneas grafiadas provienen de la digitalización de las planimetrías o «pañoletas» del 1:50.000 de la época, evidentemente las coordenadas tienen errores absolutos mayores que los comentados en el caso del encaje del desarrollo numérico de la poligonal entre mojones M3T, en el análisis de las líneas replanteadas hasta la fecha en Cantabria, obtenemos una media de los errores absolutos entre las

coordenadas de la Base de Datos de Líneas Límite del RCC y las «reales» de 25 m, apareciendo 73 mojones con valores superiores a 60 m y superando 4 de ellos los 200 m. Si hacemos un filtrado más exhaustivo de los datos detectamos dos líneas que acaparan la mayoría de los mojones con diferencias superiores a 100 m explicables en parte por la difícil orografía de la zona. Al eliminar de la estadística estas dos líneas, claramente una excepción, el promedio de los errores baja a 23 m, lo que nos demuestra con datos reales que en la mayoría de los casos las líneas de la Base de Datos del RCC solo valen para integrarse en un sistema cartográfico a determinadas escalas.

4. SITUACIÓN EN CANTABRIA Y NECESIDAD DE ACTUACIÓN

Para el análisis en Cantabria se ha realizado un estudio exhaustivo de los archivos del RCC revisando toda la documentación existente, actas de deslindes, cuadernos de campo y planimetrías de todos los términos municipales de Cantabria. Teniendo toda la información de cada línea en unas fichas por término municipal en la que se describe para cada línea, la documentación existente, longitud de la línea, número de mojones, año de realización del trabajo de campo, brújula utilizada, declinación magnética de la brújula, incidencias en la línea (mojones no reconocidos, línea provisional, ausencias en las actas, etc.).

En resumen tenemos 338 líneas, de las cuales:

- 247 líneas son intraautonómicas con 2.590 mojones y una longitud total de 1.358 km
- 65 líneas son interautonómicas con 728 mojones y una longitud total de 438 km
- 26 líneas son de costa

La longitud de las líneas exceptuando la de costa por ser de otra tipología y no tener mojones son 1796 km con un total de 3318 mojones.

Ya hemos visto que según el Real Decreto 1545/2007, de 23 de noviembre, por el que se regula el Sistema Cartográfico Nacional, toda la documentación de los límites municipales debe de estar inscrita en el Registro Central de Cartografía del Instituto Geográfico Nacional (Art. 20.1.d), siendo este un requisito imprescindible para que aparezcan representadas en la cartografía (Art.20.3), además el fichero gráfico de las líneas, forma parte del Equipamiento Geográfico de Referencia Nacional (Art. 4.1) estando disponible para su descarga, por cualquier usuario que lo necesite, en la página web del IGN.

Nos encontramos así, que en el RCC la mayoría de las líneas límite se encuentran bien definidas jurídicamente,

es decir, tienen su título jurídico en regla, no siendo así en el caso de la definición geométrica de las mismas, materializada en el fichero gráfico de límites municipales del RCC, pues no responden a los estándares de precisión requeridos hoy en día.

De todo esto se deduce que las líneas jurisdiccionales tienen una doble naturaleza, jurídica y geométrica, siendo el título jurídico insuficiente para determinar la ubicación de los mojones en la mayoría de los casos. Y en el caso de acudir a los datos geométricos del levantamiento, éstos ya hemos visto que tienen una precisión que no es adecuada para las escalas utilizadas hoy en día. Esto hace que se presenten numerosos conflictos de territorialidad entre municipios agravados por la puesta en valor de terrenos, por la instalación de repetidores de telefonía móvil, generadores eólicos, aprovechamientos hidráulicos, etc. en terrenos que anteriormente no tenían aprovechamientos.

5. PROCEDIMIENTO SEGUIDO

Para resolver toda esta problemática es necesario mejorar geoméricamente la definición de las líneas inscritas en el RCC, localizando todos los mojones que definen la línea, dando coordenadas a éstos y definiendo por coordenadas el trazado de la línea límite entre cada dos mojones en el caso de que no sean alineaciones rectas. Una vez determinadas las coordenadas, es necesario darle carácter jurídico a éstas mediante la firma de un acta adicional que incorpore las coordenadas de los mojones y la línea entre ellos, unificando de esta manera la dualidad jurídico-geométrica de las líneas en un único documento.

Este acta adicional tiene que ser firmada de mutuo acuerdo por las comisiones y en él muestran su conformidad con el acta obrante en el RCC y la asignación de coordenadas precisas a los mojones descritos en ella. De esta forma el título jurídico adquiere además carácter geométrico, garantizando los principios de autonomía municipal y eliminando toda posibilidad de interpretación sobre la ubicación de los mojones y por lo tanto la mayor fuente de conflictos jurisdiccionales entre ayuntamientos.

Para materializar estas mejoras el IGN ha diseñado el Plan Nacional de Actualización de las Delimitaciones Territoriales que se desarrolla mediante convenios individuales con las respectivas Comunidades Autónomas.

Este plan se está realizando en la Comunidad Autónoma de Cantabria mediante la firma de un convenio marco entre el IGN/CNIG y la Comunidad Autónoma que se está desarrollando en adendas anuales.

Una vez finalizados los trámites administrativos de redacción de la adenda, decisión de líneas a realizar de acuerdo con las necesidades de la CC.AA. y del IGN, co-

Los trabajos se efectúan a partir de la documentación de los archivos del IGN, actas, cuadernos de campo, planimetrías, cuadernos interiores, triangulaciones topográficas, resoluciones administrativas o sentencias, judiciales si las hubiera, así como del fichero gráfico de las líneas más actualizado, que es el que está disponible en el Centro de descargas del CNIG

mienzan los trabajos técnicos, que los podemos desglosar en las siguientes fases:

- Desarrollo y cálculo
- Trabajos de campo
- Presentaciones a las comisiones municipales
- Firma de actas adicionales con coordenadas
- Informes finales y envío de documentación

6. DESARROLLO Y CÁLCULO

6.1 Documentación de partida

Los trabajos se efectúan a partir de la documentación obrante en los archivos del IGN, actas, cuadernos de campo, planimetrías, cuadernos interiores, triangulaciones topográficas, resoluciones administrativas o sentencias, judiciales si las hubiera, así como del fichero gráfico de las líneas más actualizado, que es el que está disponible en el Centro de Descargas del CNIG como parte del Equipamiento Geográfico de Referencia y que es facilitado por el Registro Central de Cartografía (RCC), (*RD 1545/2007 del Sistema Cartográfico Nacional, Art. 20-4 y Art.21-2, Ley 14/2010 sobre las Infraestructuras y los Servicios de Información Geográfica en España, Art.17-3a y Anexo I, Art.1d*).

De la documentación empleada, las actas y cuadernos de campo es la documentación de primera mano, es decir está sin manipular pues son los datos originales del «reconocimiento y señalamiento de los mojones de la línea», es por ello que son los documentos empleados prioritariamente. Las planimetrías son la representación gráfica de los cuadernos de campo y por lo tanto, son documentos derivados susceptibles de tener errores, lo mismo le ocurre a los cuadernos interiores que se corresponden con itinerarios para hacer el levantamiento del término municipal y que parten de los mojones levantados en

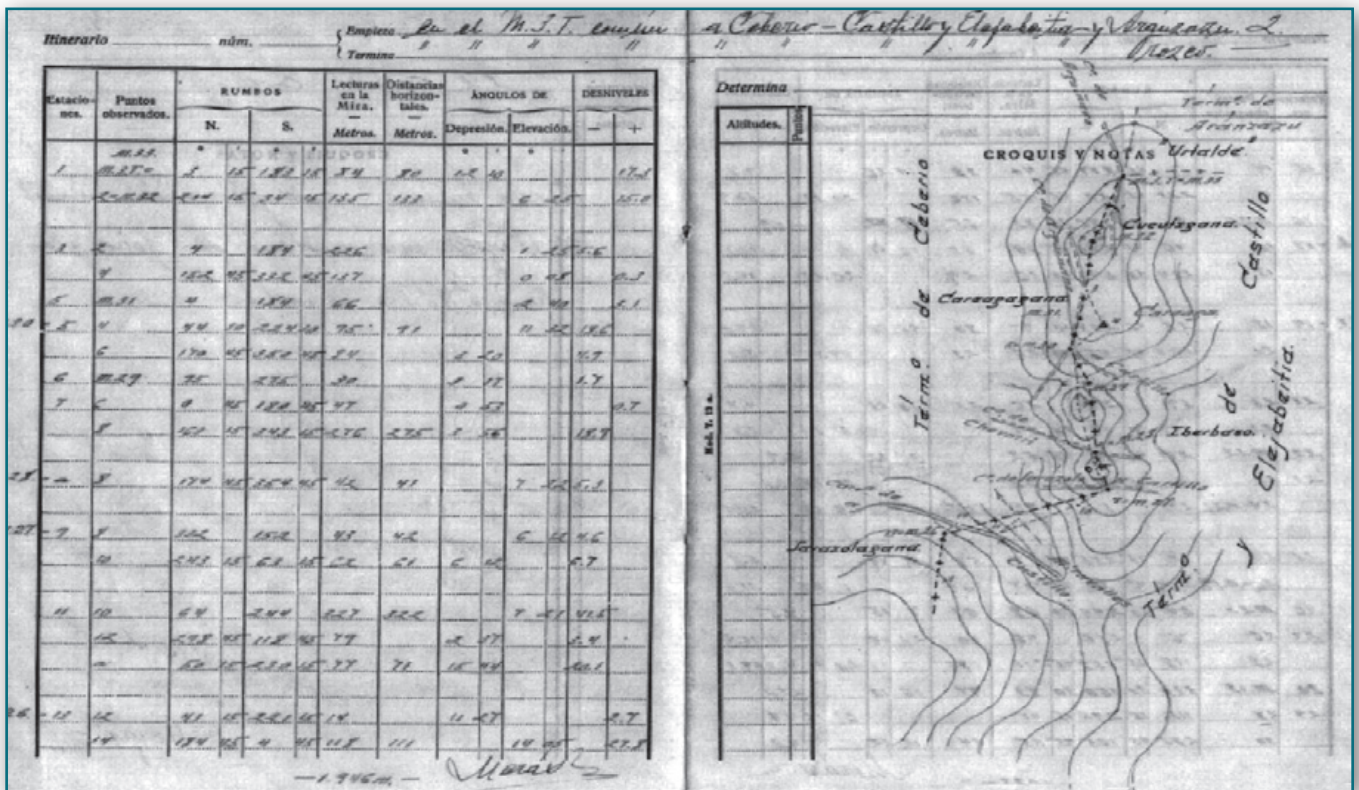
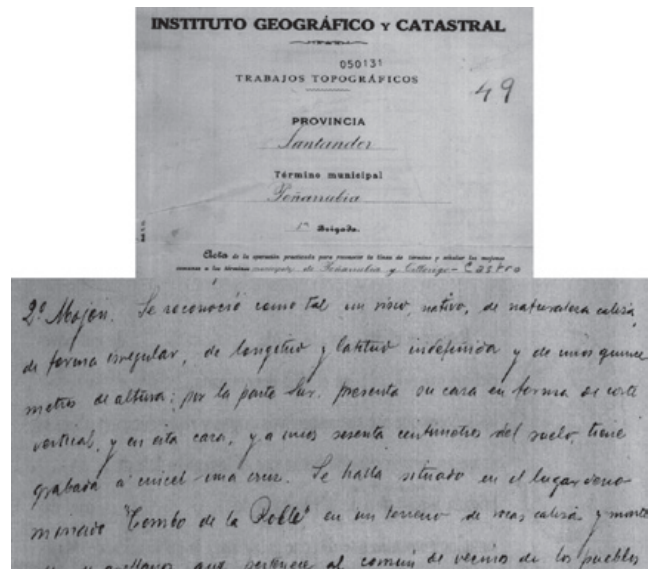
los cuadernos de campo de las líneas límite. Dado que el topógrafo que realizaba el levantamiento, visaba a todos los vértices de la triangulación topográfica del término municipal, se emplean los cálculos correspondientes a la triangulación para un encaje más preciso de las poligonales. Por último, se emplean ortofotografías del PNOA y de vuelos antiguos, en algunas se ha llegado a localizar algún mojón, así como cartografía de referencia, MTN25 y MTN50, cartografía autonómica, y cartografía catastral sobre todo las hojas antiguas, realizadas a mediados del siglo pasado, por el Instituto Geográfico y Catastral en las que en los polígonos catastrales se representaban los mojones de la línea límite que aparecían.

Hay que poner especial cuidado en recabar toda la información, puede ocurrir que de alguna línea exista documentación sobre un expediente de deslinde realizado por la CC.AA. sin la participación del IGN y por lo tanto no esté en los archivos del RCC.

Las actas son el documento que constituye el título jurídico de la línea. Es un documento literal firmado por las comisiones asistentes al deslinde. En él se describen los mojones, la ubicación y como transcurre la línea entre cada dos de ellos, así como la conformidad o no de las comisiones. La primera consideración sobre el mismo, es que en la mayoría de los casos la descripción de la ubicación del mojón, en ausencia de éste, no permite situarlo

con exactitud, la siguiente es que este documento tiene validez jurídica y por lo tanto las condiciones que dicta sobre la ubicación de los mojones deben de cumplirse.

El cuaderno de campo asociado al acta es el documento técnico que nos permite la recuperación de los mojones, contiene los datos numéricos de la observación de la poligonal que recorre todos los mojones junto con un croquis de los mojones, los puntos radiados de la topografía de la zona.



Arriba: Figura 1. Acta de deslinde y detalle de la descripción del mojón. Abajo: Figura 2. Cuaderno de campo y detalle de la libreta

6.2 Cálculo

Para realizar el cálculo y el desarrollo de las libretas de brújula es necesario tener en cuenta las precauciones siguientes:

- Son poligonales de brújula, habitualmente por estaciones alternas y las distancias se miden con miras estadimétricas.
- Hay que corregir los rumbos con la declinación de la brújula (declinación de la época en la zona + declinación del instrumento), generalmente aparece en la portada de las libretas.
- Aun no siendo estrictamente necesario, dadas las precisiones que se manejan, conviene efectuar todas las reducciones que conlleva el trabajar en proyección UTM, pues el encaje le efectuaremos sobre cartografía en esta proyección.
- Es necesario calcular todos los puntos de la poligonal incluyendo todos los radiados y destacados, así como las visuales a puntos lejanos como vértices y torres de iglesias, puntos que nos permitirán realizar un mejor encaje de la poligonal.

Una vez realizado el cálculo de coordenadas, importamos la poligonal junto con las radiaciones efectuadas desde la misma a un fichero CAD como un bloque. En el caso de que dispongamos de coordenadas precisas de los extremos y por lo tanto conozcamos los errores de cierre, éstos no deben compensarse, se debe de evitar cualquier tratamiento de errores global de la poligonal, repartiríamos en ese caso los posibles errores groseros en toda la poligonal, es preferible romper la misma en tramos entre puntos de control conocidos, éstos se buscan sobre la ortofoto y la cartografía, estudiando la ubicación de los mojones y de los puntos radiados a lo largo de la poligonal, como esquinas de casas, hitos km, collados, cerros, visuales a vértices, torres de iglesia, etc (información que proporciona el croquis del cuaderno o la planimetría) para de este modo ir efectuando ajustes parciales de fragmentos de poligonal entre ellos.

En el caso de disponer de coordenadas de precisión de alguno de los extremos de la línea, se emplearán estas mismas para efectuar el encaje inicial, con independencia de que después sea necesario realizar encajes parciales.

Por último, se obtendrían coordenadas «aproximadas» de todos los mojones y puntos de la poligonal para poder efectuar en el campo la búsqueda y replanteo de los mojones. Las coordenadas de los puntos radiados nos permitirán comprobar la bondad de nuestro ajuste e incluso estudiar la necesidad de nuevos encajes geométricos para tener una mayor precisión en la búsqueda.

6.3 Consideraciones sobre los extremos de la línea

Con respecto a los extremos de las líneas hay que operar según el tipo de mojón:

M3T o mojón de más términos, hay que disponer de toda documentación de las líneas que confluyen en ese mojón, aunque no esté previsto realizarlas durante los trabajos, para poder desarrollarlas todas y de esta forma el encaje de las líneas confluyentes sea lo más fidedigno posible, evitando contradicciones e incongruencias con el resto de las líneas, puede haber una modificación del M3T en una de las líneas con un acta posterior a la fecha de la que estamos realizando.

M2T, este caso se da cuando la línea acaba en el mar, puede ocurrir que ese mojón esté muy alejado de la línea de bajamar escorada (límite del municipio con el mar), hay que prolongar la línea hasta su intersección y la descripción geométrica de ese tramo incluirla en el acta adicional. Actualmente la «línea de costa» que figura en el fichero del RCC se corresponde con la que figura en el MTN25, línea que no sigue ese criterio, estando dibujada a efectos de cierre perimetral a la espera de incorporar el verdadero límite del término municipal con el Estado en las aguas interiores o el mar territorial, esa línea es la bajamar escorada, y su definición es responsabilidad del IHM. En las imágenes siguientes se presenta la problemática y su posible solución.

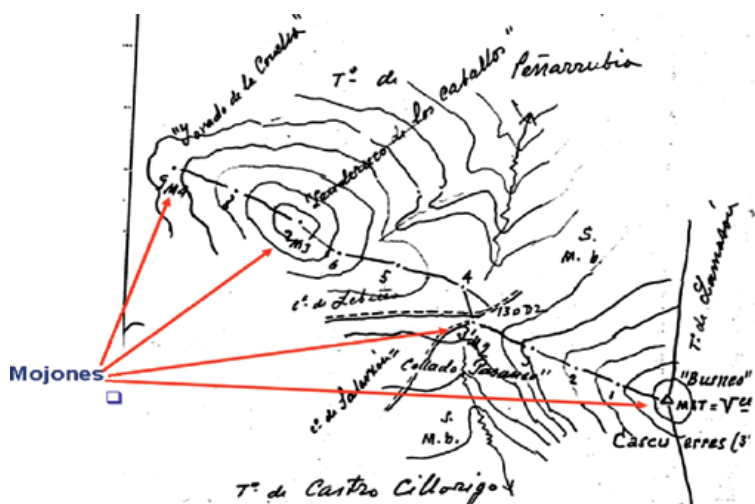


Figura 3. Unión de línea límite con el «mar»

La descripción del M18=M3T que se realiza en el acta adicional, presenta incongruencias geométricas con lo representado en el fichero gráfico de líneas límite obrante en el RCC, para solucionarlo correctamente, habría que modificar la descripción del M18 del acta adicional añadiendo el siguiente texto:

«La ubicación del mojón M18=M3T que figura en el acta de 23 de agosto de 1926 no coincide con el límite de ambos términos con el mar que figura en el fichero gráfico del RCC, para cerrar ambos términos, las comisiones de los dos ayuntamientos acuerdan prolongar la línea desde el mencionado M18 hasta el límite con el mar en el punto de coordenadas X= 447030.5, Y=4815721.7 en el Sistema de Referencia Geodésico ETRS89»

6.4 Incongruencias geométricas

En esta fase del trabajo tiene mucha importancia la detección de posibles incongruencias geométricas en las descripciones de las ubicaciones de los mojones y de cómo transcurre la línea entre ellos.

Esta detección inicial es fundamental pues nos permitirá exponerla a las comisiones y lo que es más importante tratar de arreglarlo en el acta adicional mediante una nueva descripción ayudados en su caso de las coordenadas de puntos auxiliares que mejoren la definición de la línea y que subsanen la incongruencia o el posible error.

En el ejemplo del fragmento de mapa que se adjunta, la línea entre los dos mojones está definida:

«...la divisoria determinada por...Alto de Porracolina, Alto de Pipiones, Collado de Pozuco, Alto de la Porra Hormigas... por lo que la línea de término sigue sin interrupción la divisoria determinada por los puntos anteriormente enumerados...»

Si observamos la cartografía, donde se aprecia la línea errónea dibujada en la misma, vemos que se incumple en el tramo entre el Alto de Pipiones y el Collado del Pozuco, al ser esto imposible. Una de las posibles soluciones sería

la línea continua en color rojo, ésta sigue la divisoria con la excepción antes mencionada, para ello habría que incorporar al acta adicional el siguiente texto:

«...Ante la incongruencia geométrica detectada en la descripción de la línea entre los mojones M1 y M2 que figura en el acta de 25 de junio de 1927, en concreto entre los puntos del Alto de Pipiones y el Collado del Pozuco, las comisiones presentes deciden, que la línea de término entre los mojones M1 y M2 sigue la divisoria de aguas por los puntos descritos en el acta con la excepción del tramo entre el Alto de Pipiones y El Collado del Pozuco que va desde el Alto de Pipiones en línea recta hasta el punto de coordenadas X=447030.5, Y=4815721.7 (en el Sistema de Referencia Geodésico ETRS89) y desde este sigue por la divisoria hasta el Alto del Pozuco...»

7. TRABAJOS DE CAMPO

Antes de iniciar los trabajos de campo el Gobierno de Cantabria comunica a los ayuntamientos implicados el inicio de los trabajos de campo en próximas fechas, contactando telefónicamente desde el Servicio Regional del IGN con el secretario del ayuntamiento o el alcalde para recordarles el comienzo de los trabajos y pedirles su colaboración con los técnicos, así como resolver cualquier duda que tengan con respecto al proyecto.

Durante el transcurso de los trabajos los equipos deben de visitar todos los ayuntamientos implicados, solucionar cualquier duda que tengan con respecto al proyecto y en muchos casos nos facilitarán información de las ubicaciones de los mojones y accesos a los mismos, así como cualquier información relevante de la línea.

También conviene contactar con la Consejería de Ganadería Pesca y Desarrollo Rural del Gobierno de Cantabria que es la responsable de los montes y en concreto con los jefes de las comarcas forestales, estos nos facilitarán información del estado de las pistas y los accesos y el caso de zonas de maleza nos ayudarán con las brigadas forestales a despejar la zona.

7.1 Búsqueda de mojones y Replanteo

Con las coordenadas «aproximadas» calculadas en gabinete, comenzamos la búsqueda en modo navegación GPS y en sus proximida-

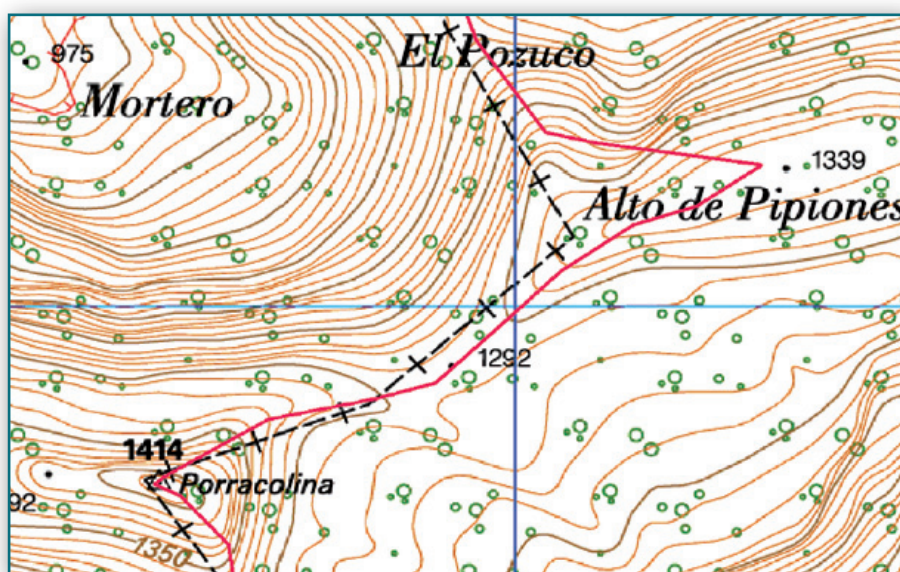


Figura 4. Línea propuesta

des en modo replanteo, llegados al punto hay que mirar en el entorno siguiendo las descripciones del acta hasta localizar el mojón, despejando la zona de maleza si es necesario. Una vez localizado el mojón se miden sus coordenadas precisas y se comparan con las que llevábamos «aproximadas» por si fuera necesario realizar un nuevo encaje de la poligonal que nos permita localizar más fácilmente el resto de los mojones.

Si después de esa búsqueda el mojón no aparece y en las proximidades hay un punto que cumpla los criterios del acta como intersección de lindes cerro, cruce caminos... etc. se tomará éste como mojón y se medirán sus coordenadas precisas. En caso de no ser así, replanteamos las coordenadas «aproximadas» que llevamos y marcamos el punto con una estaca, dando éstas por buenas, con independencia de que en los días posteriores al trabajar en el resto de la líneas, cuando aparezcan más mojones y realicemos nuevos encajes de la línea que hagan necesario mover la estaca del mojón replanteado a las nuevas coordenadas más precisas calculadas.

7.2 Medición de coordenadas

Para dar coordenadas se emplean técnicas GPS en modo RTK por telefonía con la Red de estaciones GNSS del Gobierno de Cantabria y con la que dispone el IGN en Santander.

En caso de tener problemas de cobertura 3G en la zona de trabajo se emplea un repetidor de telefonía vía radio que se instala provisionalmente en la zona, y en caso necesario se mide con el otro equipo haciendo RTK vía radio o incluso como último recurso se efectúa una observación en estático para dar coordenadas al mojón o para que nos sirva de base GPS para los días siguientes.

Si la zona de trabajo se encuentra en bosque o existen obstrucciones que dificulten la recepción de la señal, es obligatorio realizar 3 medidas de coordenadas independientes que sean coincidentes, es decir, medimos, apagaremos el aparato y le volvemos a encender para realizar una nueva medición del punto y así hasta 3 veces con el objeto de tener 3 valores de las coordenadas obtenidos con resoluciones de ambigüedades diferentes, de esta manera podemos constatar la calidad de las coordenadas evitando los falsos fijos que se producen en estas zonas.

En caso de no ser posible la determinación de coordenadas por este método se utilizarán los clásicos de topografía. En el claro del bosque más próximo medimos

con GPS las coordenadas de dos puntos lo suficientemente alejados entre sí, que usaremos como base y referencia de orientación y desde éstos por métodos de poligonación o radiación damos coordenadas al mojón. En zonas de monte bajo o arbolado de poca altura como los encinares, podemos emplear un jalón de gran longitud para que la antena GPS quede por encima de la copa de los árboles y obtengamos una medición correcta del punto, evidentemente con las precauciones adecuadas para asegurar la máxima verticalidad del jalón.

Se trabajará directamente en el Sistema de Referencia Geodésico ETRS89, registrando las altitudes elipsoidales. Para transformar las coordenadas ETRS89 a ED50 y las altitudes elipsoidales a ortométricas se empleará el programa «PAG» facilitado por el Consejo Superior Geográfico y desarrollado por el centro de Aplicaciones Geodésicas del IGN.

Las coordenadas se darán redondeadas al dm, precisión suficiente para planos a escalas 1:1.000 y menores.

7.3 Nuevos ajustes de la línea en campo

Con las coordenadas precisas de los mojones que se encuentren en un primer recorrido de la línea, se efectúa un nuevo ajuste de la misma, encajando geoméricamente las coordenadas de los mojones desaparecidos entre los existentes antes y después del mojón, este nuevo encaje nos permitirá una mayor precisión en las coordenadas del mojón desaparecido e incluso poder localizarle en una nueva visita al campo.



Figura 5. Mojón inaccesible, foto de la reseña

7.4 Mojones auxiliares y mojones en puntos inaccesibles

La mayoría de los mojones situados en puntos inaccesibles, como intersecciones de ríos, etc. como no existe mojón físico, en la mayoría de los casos hay un mojón auxiliar en el borde del río que nos sirve de testigo del principal. En estos casos la foto que aparece en la reseña, será una foto del entorno del punto, en la que se haga una marca con la ubicación aproximada del mojón, las coordenadas se determinarán de forma gráfica en la cartografía o la ortofoto y se dan redondeadas al metro.

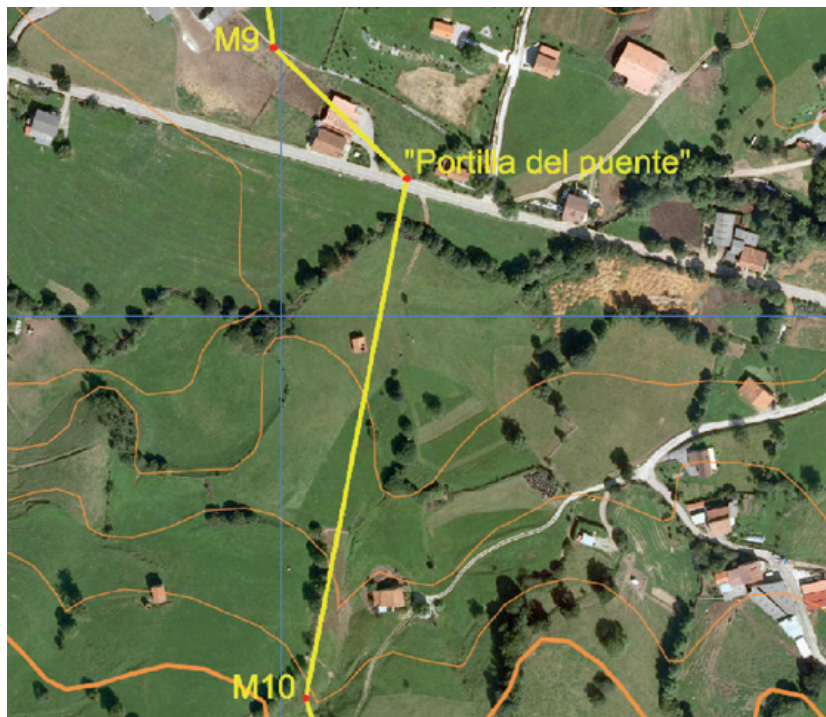
Los mojones auxiliares se considerarán como principales a efectos de medición reseña y fotografía, llevan su propia reseña al margen del que representan.

7.5 Puntos intermedios reseñados en el acta

En las actas de deslinde se describe cómo transcurre la línea entre cada 2 mojones, en algunos casos se indica que la línea pasa por un punto notable o viene desde el mojón anterior pasando por una serie de puntos, el cerro, la esquina de una casa... etc., hay que localizar estos puntos en el terreno y darles coordenadas, éstas se tienen que incluir en el acta adicional y en el fichero de CAD, rotulándolas con el nombre que aparecen en el acta.

7.6 Concreción geométrica de la línea

Para la concreción geométrica de la línea entre cada dos mojones en los casos de que no sea la línea recta y no pasen por puntos singulares que se puedan medir directamente en el campo, se determinará una poligonal de puntos que siga el trazado indicado en el acta (eje arroyo, divisoria...) medida sobre la ortofoto o la cartografía 1:5.000, si se dispone o se tiene acceso a documentación exclusivamente técnica de calidad que facilite la determinación de la divisoria o el eje del arroyo, como pueda ser ficheros de LIDAR, hay que emplearlos. Las coordenadas de los puntos de esa poligonal se redondearán al metro y el listado de puntos debe de aparecer en el acta adicional.



A la línea de término entre los mojones 9 y 10, definida en el acta de la siguiente manera: <<...va desde el mojón noveno, en línea recta al centro de la portilla conocida por la "Portilla de el Puente" junto a la carretera de El Soto de Villacariedo continuando desde dicha portilla al mojón décimo en línea recta. >> se le asigna el siguiente punto intermedio, obtenido del cuaderno de campo de 1927:

| PUNTO | COORD. UTM (ED50) | | COORD. UTM (ETRS89) | |
|----------------------------|-------------------|---------|---------------------|---------|
| | X | Y | X | Y |
| M9-1 (Portilla del Puente) | 425187 | 4791294 | 425080 | 4791088 |

Figura 6. Puntos intermedios, coordenadas en acta adicional

A la línea de término entre los mojones 1 y 2, definida en el acta como el eje de las aguas corrientes del río Pisueña, se le asignan para definirla los siguientes puntos intermedios

| PUNTO | COORD. UTM (ED50) | | COORD. UTM (ETRS89) | |
|-------|-------------------|---------|---------------------|---------|
| | X | Y | X | Y |
| M1-1 | 432044 | 4792632 | 431938 | 4792426 |
| M1-2 | 432010 | 4792606 | 431904 | 4792400 |
| M1-3 | 431958 | 4792580 | 431852 | 4792374 |
| M1-4 | 431943 | 4792547 | 431837 | 4792341 |
| M1-5 | 431938 | 4792514 | 431832 | 4792308 |
| M1-6 | 431942 | 4792476 | 431836 | 4792270 |
| M1-7 | 431966 | 4792432 | 431860 | 4792226 |

A la línea de término entre los mojones 2 y 3, definida ahora por mutuo acuerdo entre las partes según se expresa más arriba en este mismo acta, como el eje de las aguas corrientes del río Pisueña en la actualidad, se le asignan para definirla los siguientes puntos intermedios

| PUNTO | COORD. UTM (ED50) | | COORD. UTM (ETRS89) | |
|-------|-------------------|---------|---------------------|---------|
| | X | Y | X | Y |
| M2-1 | 431213 | 4790849 | 431106 | 4790643 |
| M2-2 | 431223 | 4790817 | 431116 | 4790611 |
| M2-3 | 431253 | 4790699 | 431146 | 4790493 |
| M2-4 | 431258 | 4790679 | 431151 | 4790473 |
| M2-5 | 431316 | 4790632 | 431208 | 4790426 |
| M2-6 | 431326 | 4790604 | 431218 | 4790398 |



Figura 7. Concreción de la línea en acta adicional

8. PRESENTACIONES A LAS COMISIONES

Una vez realizado el trabajo hay que presentar los resultados a las comisiones de los respectivos ayuntamientos para su validación, para ello los técnicos de campo elaboran un calendario de presentaciones.

El Gobierno Regional cita a los ayuntamientos respectivos con una antelación mínima de 3 semanas de acuerdo con el calendario elaborado por los técnicos en el que se detalla para cada línea el día y la hora de la reunión, así como el lugar de la citación y les recuerda la necesidad de formar una comisión de deslinde que será la encargada de asistir a las reuniones y firmar el acta adicional en caso de acuerdo.

La semana anterior a las presentaciones desde el Servicio Regional del IGN se contacta telefónicamente con todos los secretarios de los ayuntamientos implicados para comprobar que tienen las comisiones formadas y recordarles las fechas y lugares de sus reuniones.

8.1 Presentación

La presentación consta de dos partes, una primera en la que con ayuda de métodos audiovisuales se les muestra la línea y una segunda en la que se efectúa un recorrido en el campo por la línea o los mojones que estimen conveniente las comisiones.

La presentación audiovisual se efectúa aprovechando las funcionalidades en 3D de Google Earth empleando el MDT que lleva incorporado pero añadiendo la ortofoto del PNOA para tener la máxima resolución sobre el terreno. Sobre Google Earth se cargan los mojones, la geometría de la línea (fichero KMZ) y las fotos de los mojones georreferenciadas, la explicación se irá acompañando de lecturas del acta en los casos en los que sea necesario aclarar algún detalle.

Por último se les explica, que en caso de estar de acuerdo hay que firmar un acta adicional con las coordenadas de los mojones y del trazado de la línea entre ellos, así como ratificar la misma por los respectivos plenos para que las coordenadas tengan validez jurídica y se pueda actualizar el fichero de líneas del RCC y la cartografía. Al finalizar la reunión se entrega a ambas comisiones un CD con toda la documentación para que la puedan estudiar, citándoles a una nueva reunión en el plazo de 1 mes en la que si están de acuerdo se firmará un acta adicional que refrende las coordenadas medidas.

8.2 Líneas y mojones provisionales

En el caso de haber provisionalidades, en la presentación, se muestra ese tramo sin línea para que ambas comisiones puedan debatir libremente el acuerdo que consideren más oportuno sin predisponer en uno u otro sentido, facilitando la ayuda que precisen, mostrando en pantalla sobre la cartografía o la ortofoto las diversas alternativas que ambas comisiones propongan, incluso en caso necesario se ayuda técnicamente a las comisiones en la visita al campo a la zona provisional por si es necesario precisar algún punto y darle coordenadas.

Si hay acuerdo, en el acta adicional se hará mención detallada de la voluntad de ambas comisiones de resolver la provisionalidad de la forma que se especifica, esta resolución tiene que ser concreta, por coordenadas, de una forma que no pueda generar dudas de interpretación en el futuro.

Si no se llega a ningún acuerdo, se les plantea la posibilidad de ratificar el resto de la línea manteniendo las provisionalidades. Reflejando esta intención en el acta adicional, quedando representada la línea con la geometría con la que figura en el RCC, esta línea se dibujará con línea discontinua añadiendo el texto de «tramo provisional», en el caso de mojones provisionales se rotulará junto al n.º «Mojón provisional».



Figura 8. Tramo provisional

8.3 Fichas

De cada uno de los mojones se realiza una ficha según el modelo que se adjunta. Las coordenadas figurarán en ETRS89 y ED50, reseñando la altura elipsoidal además de la ortométrica, como dígito significativo se deja el dm con la excepción de los puntos inaccesibles que se obtengan de la cartografía o las ortofotos en los que el dígito significativo será el metro.

Los mojones auxiliares llevan su propia ficha independiente del que representan, circunstancia que debe quedar clara en la propia reseña.

La descripción de la línea entre un mojón y el anterior debe de reflejar literalmente lo que pone el acta con todas las particularidades que tenga.

8.4 Mojón M3T inter-comunitario

En el caso de que uno de los extremos de la línea sea a su vez un mojón del límite con otra Comunidad Autónoma hay que citar a la comisión del ayuntamiento limítrofe. El Gobierno de Cantabria trasladará la citación al organismo de la comunidad vecina con responsabilidades en delimitaciones territoriales, el cual se encargara de la citación del propio ayuntamiento según el calendario previsto.

El acta adicional debe de reflejar esta circunstancia, añadiendo que el refrendo jurídico de los resultados en los que se refiere al M3T intercomunitario se rige por el RD 3426/2000, de 15 de diciembre por el que se regula el procedimiento de deslinde de términos municipales pertenecientes a distintas Comunidades Autónomas.

8.5 Entrega de documentación

En la reunión se les entrega un CD con la información siguiente:

- Ortofoto de la zona con la línea y los mojones dibujados.
- Fichas de los mojones con coordenadas
- Borrador del acta que se propone firmar
- Fichero de CAD (DXF) con los mojones y el trazado de la línea.

9. REUNIONES DE FIRMAS

Para las firmas se elabora un nuevo calendario de reuniones con el que el Gobierno Regional cita a los ayuntamientos respectivos con una antelación mínima de 3 semanas, recordándoles la necesidad de que acuda la comisión de deslinde al completo para firmar el acta adicional en caso de acuerdo.

Los comisión estará formada por el alcalde, tres concejales, el secretario y el perito (Art.17, R D 1690/1986, Reglamento de Población y Demarcación de las Entidades

Figura 9. Modelo de ficha de mojón

Figura 10. Mojón intercomunitario en acta

Locales), a todos los efectos se considera la comisión constituida cuando asisten la mayoría de los miembros y entre ellos se encuentra el secretario y el perito. En el caso de discrepancias entre los miembros de una comisión, se considera que ésta da su conformidad o disconformidad con los trabajos cuando la mayoría está de acuerdo, pudiendo reflejarse en el acta adicional el voto discrepante de algún miembro de la comisión.

Aunque no es estrictamente necesario, conviene que los secretarios de los dos ayuntamientos, sellen las actas. Por último para que el acta adicional tenga validez, debe de ser ratificada por el pleno de los respectivos ayuntamientos.



Figura 10. Mojón histórico

9.1 Actas adicionales

Las actas adicionales se redactarán según un modelo tipo, adaptado a las circunstancias particulares. Siempre deben de hacer referencia al acta de la que son adicionales, indicar la referencia jurídica y llevar el listado de coordenadas de los mojones, de los puntos singulares y de los puntos de la línea entre cada dos mojones en los casos en los que la línea no sea recta, en los sistemas de referencia ETRS89 y ED50.

9.2 Negativa a firmar por uno de los ayuntamientos

En el caso de no querer firmar el acta por parte de una de las comisiones o por las dos, se les indica que nuestra actuación finaliza en este punto, pues nuestro trabajo se basa en un procedimiento de mutuo acuerdo.

Se indica a las comisiones la posibilidad de redactar actas por separado que reflejen los puntos en desacuerdo y que deben de remitir al Gobierno de Cantabria para la apertura de un expediente de resolución de discrepancias, aportando cada una de las partes lo que consideren oportuno, o incluso aportando el informe que se les entrega al finalizar los trabajos si están de acuerdo con él.

9.3 Ratificaciones y actas adicionales

Para finalizar todo el procedimiento anterior las actas adicionales firmadas deben de ser ratificadas por los plenos de los respectivos ayuntamientos (*Ley 7/1985 Re-*

guladora de las Bases de Régimen Local, Art. 47-2c) y éstos deben enviar copia de la misma entre otros al Registro de Entidades Locales del Ministerio de Hacienda y Administraciones Públicas (Real Decreto 382/1986 de creación del Registro de Entidades Locales y los Reales Decretos 1499/1990 y 339/2005 que modifican el de creación, Art. 11, RD 1690/1986 del Reglamento de Población y Demarcación Territorial de las Entidades Locales, Art.22), al Gobierno de Cantabria y al IGN a efectos de su inscripción en el RCC (RD 1690/1986 del Reglamento de Población y Demarcación Territorial de las Entidades Locales,

Art.21 y RD 1545/2007 del Sistema Cartográfico Nacional, Art.20-1d y Art.20-3), requisito previo para la inclusión de las líneas en la cartografía oficial. Se adjunta así mismo un fichero CAD con la geometría de las líneas para facilitar la labor de los técnicos a la hora de actualizar el fichero gráfico de Delimitaciones Territoriales correspondiente al Equipamiento Geográfico de Referencia Nacional. (RD 1545/2007 del Sistema Cartográfico Nacional, Art. 20-4 y Art.21-2 Ley 14/2010 sobre las Infraestructuras y los Servicios de Información Geográfica en España, Art.17-3a y Anexo I, Art.1d).

9.4 Reconstrucción de mojones

Durante los trabajos los mojones que han desaparecido se señalan de forma provisional para que las comisiones puedan ver su ubicación, pero no se efectúa una reconstrucción del mismo. Ésta ya no es necesaria pues las coordenadas de los mojones que se firman en el acta adicional permiten replantear la posición original con gran precisión, no era este el caso en el siglo pasado pues en el acta se definían unas ubicaciones de los mojones de manera descriptiva y los datos de campo no tenían la precisión necesaria.

No obstante la gente que vive en el campo le suele dar mucha importancia a la existencia de una señal física sobre el terreno, por lo que desde los equipos de trabajo se ofrece a los ayuntamientos el apoyo técnico para cuan-

do decidan reconstruir los mojones desaparecidos, esta reconstrucción se debe de realizar de mutuo acuerdo y con una supervisión técnica para tener clara la ubicación precisa del mojón.

Con respecto a los mojones existentes el criterio seguido es su conservación, en la mayoría de los casos se pueden considerar históricos pues algunos tienen más de 300 años como atestiguan las fechas de las distintas visitas de jurisdicción grabadas en ellos.

9.5 Informes.

La documentación se entrega en un dossier con copia digital de la misma. El dossier debe de incluir la siguiente documentación:

- Memoria.
- Actas, cuadernos, de campo, resoluciones administrativas y sentencias judiciales empleados en el replanteo.
- Acta adicional en caso de que se firme.
- Fichas de los mojones.
- Ortofoto con la línea sobre impuesta y los mojones señalados y rotulados
- CD con un fichero PDF con toda la información analógica y un fichero de CAD en formato DXF con los mojones y la geometría de la línea entre ellos.

Del informe se envían copias a los Ayuntamientos implicados, al Gobierno de Cantabria, al IGN para su archivo en el RCC, así mismo se envía copia del fichero gráfico a La Gerencia del Catastro para los efectos oportunos.

10. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

En este artículo se demuestra la validez del método seguido para actualizar las delimitaciones territoriales, eliminando las incertidumbres en la determinación de las líneas a partir del título jurídico en el que se sustentan, mediante la unificación de esa dualidad geométrico-jurídica que tienen las líneas en un acta adicional con coordenadas, con todas las garantías jurídicas tal y como establece la legislación vigente y respetando en todo momento la autonomía municipal en la determinación de sus propios límites. El método seguido es fruto de la experiencia de muchos años de trabajo en la materia de los autores, siendo validado durante los trabajos realizados en Cantabria en los que se lleva realizado prácticamente una tercera parte de la Comunidad.

REFERENCIAS

- [[DOM74] F. Domínguez Gracia-Tejero, «*Topografía General y Aplicada*», 6ª edición. Editorial Dossat, Madrid.
- [FOS44] Ignacio Fossi Gutierrez, «*Tratado de Topografía*», 2ª edición. Editorial Dossat, Madrid
- [IGN54] «*Instrucciones para los trabajos topográficos. Señalamiento de los mojones y de las líneas de término*», Madrid.
- [IGN06] «*El Instituto Geográfico Nacional y las Delimitaciones Territoriales*». Documento de trabajo, octubre, Madrid.
- [OJE84] J.L. Ojeda, «*Métodos Topográficos*», Madrid.
- [PAS24] Claudio Passini, «*Tratado de Topografía*», 4ª edición. Editorial Gustavo Gili, Barcelona.
- [PIÑ10] Felipe Piña García. «*Los límites administrativos, el dominio público y la zonificación del espacio en la ordenación del territorio y el urbanismo. Análisis y evaluación posicional en Cantabria.*», Tesis doctoral U.C.Santander.

Sobre los autores

Antonio Mañero García

Ingeniero Técnico en Topografía, Director del Servicio Regional del IGN en Cantabria – País Vasco. Profesor asociado de la Universidad de Cantabria.

Felipe Piña García

Doctor por la Universidad de Cantabria, Ingeniero en Geodesia y Cartografía, Licenciado en Geografía, Profesor asociado de la Universidad de Cantabria.

Juan Miguel García Lario

Ingeniero Técnico en Topografía, Jefe del Servicio de Delimitaciones Territoriales del IGN. Miembro de la Delegación Española de la Comisión Mixta de Amojonamiento de la Frontera con Francia.

José Manuel Pérez Casas

Ingeniero Técnico en Topografía, Ingeniero en Geodesia y Cartografía. Jefe de Sección del Servicio de Delimitaciones Territoriales del IGN.



campus virtual

eGeoMapping
pone a su disposición
una **plataforma de formación**
donde encontrarás las últimas
novedades en cursos
relacionados con
las **Ciencias de la Tierra**

Cursos

- Ingeniería Geomática
- Ingeniería Civil
- Ordenación del Territorio
- Catastro y Propiedad
- Geoinformación
- Innovación social
- Biblioteconomía

Gracias a la formación e-learning se eliminan las barreras espacio-temporales de su aprendizaje
ESTUDIE DONDE Y CUANDO QUIERA
El equipo docente de eGeoMapping le espera

Calibración geométrica de escáner láser terrestre mediante software específico

REVISTA **MAPPING**
Vol. 22, 158, 30-39
marzo-abril 2013
ISSN: 1.131-9.100

D. García San Miguel¹
J. L. Lerma García²
S. Navarro Tarín³

Resumen

El empleo de tecnologías de escaneado láser para el registro masivo de información se ha visto tremendamente impulsado en estos últimos tiempos. Del mismo modo que cualquier otro instrumento topográfico o geodésico, estarán sujetos a sistematismos varios e imperfecciones. Estos sistematismos quedarán modelizados por un conjunto de parámetros adicionales de orientación interna, cuya obtención será posible gracias a la implementación de un software de cálculo específico. Se mostrarán los pasos a seguir para la consecución de la calibración geométrica de un escáner láser Leica HDS3000 de tiempo de vuelo, y se cuantificarán las mejoras logradas a posteriori.

Abstract

The use of laser scanner technology to capture massive information has been tremendously boosted in recent times. In the same way as any other surveying or geodetic instrument, they are subjected to systematic errors and imperfections. These systematic errors will be modeled by a set of additional parameters of internal orientation through the implementation of specialized software. The different steps carried out to determine the terrestrial laser scanning Leica HDS3000 geometric calibration in flight time will be presented. The a posteriori improvements will also be quantified.

Palabras clave: autocalibración, calibración geométrica, escáner láser, precisión, tiempo de vuelo.

Key words: selfcalibration, geometric calibration, laser scanner, accuracy, yime of flight.

(1) Universitat Politècnica de València. Grupo de Investigación de Fotogrametría y Láser Escáner (GIFLE).

dagarsa4@topo.upv.es

(2) Universitat Politècnica de València. Grupo de Investigación de Fotogrametría y Láser Escáner (GIFLE).

jllerma@cgf.upv.es

(3) Universitat Politècnica de València. Grupo de Investigación de Fotogrametría y Láser Escáner (GIFLE).

sannata@upvnet.upv.es

Recepción 01-06-2012
Aprobación 31-07-2012

1. INTRODUCCIÓN

En cualquier ámbito científico resulta imperativo contar con un instrumental totalmente carente de sistematismos, ya sean éstos fruto de imperfecciones en su fabricación, desgaste, o impactos. El conocimiento y determinación de estos errores se aborda habitualmente con objeto de subsanarlos o mitigarlos al máximo posible. Este proceso en el que los errores instrumentales son eliminados de los observables se denomina habitualmente *calibración geométrica*. Así mismo, el uso de equipos de escaneado láser cada día está más presente en múltiples y dispares campos de conocimiento, como construcción, patrimonio, industria o medio ambiente. Dada la velocidad de captura de información y el volumen de la misma, resulta imperativo que dicho instrumental proporcione al usuario coordenadas totalmente fiables, exentas de errores evitables. La calibración geométrica de escáneres láser (también llamada *Autocalibración* cuando es llevada a cabo en el propio lugar donde se realiza la toma de datos) se aborda generalmente desde dos perspectivas, diferenciadas básicamente por el tipo de entidad que va a registrarse y sobre la que se sustentará el modelo matemático posterior: métodos basados en entidades planas, y métodos basados en entidades puntuales. El presente artículo seguirá la segunda de las metodologías citadas, requiriéndose para ello la materialización de una red de puntos de coordenadas conocidas (red de apoyo), que constituirán precisamente esas entidades puntuales. Se realizarán medidas con el instrumento láser desde distintas posiciones, planteándose posteriormente un ajuste mínimo cuadrático conjunto con el que se pretende obtener un conjunto óptimo de *parámetros adicionales (PADs) de calibración (parámetros de orientación interna)* definitorio de los sistematismos propios del dispositivo de registro.

La calibración de equipos de escaneado láser ha sido tratada por diversos autores obedeciendo a distintos modelos de error. De entre los diferentes modelos de error planteados, el presente artículo seguirá el propuesto por Lichti [LIC06-2], formado por un total de 21 parámetros de orientación interna, divididos en grupos: 9 PADs para la distancia medida (ρ), 7 para el ángulo horizontal (Θ) y 5 para el ángulo de elevación (α). Algunos de estos parámetros responden a sistematismos clásicos de las estaciones totales ([LIC06-2]), como el error de bajada de bandera en la determinación de la distancia, o la falta de perpendicularidad entre los tres ejes del sistema instrumental (*parámetros físicos*), mientras que otros tantos se han obtenido mediante experimentación y análisis de datos test (*parámetros empíricos*) (véase [LIC06-2, LIC09]).

Lichti, Brustle & Franke [LIC07] presentan el modelo inicial y ponen a prueba el mismo con un escáner *Surphaser 25HS*. La calibración por entidades planas es puesta en práctica por Gielsdorf, Rietdorf y Gruendig [GIE04] (calibración de un dispositivo prototipo) y por Bae & Lichti [BAE06]. Parian y Gruen [PAR05] aplican una extensión del modelo planteado para cámaras panorámicas en un escáner láser *Imager 5003*. El proceso de calibración por entidades puntuales también ha sido objeto de análisis: Kersten et al. [KER05] con errores de distancia y del eje de muñones en un escáner láser *MENSI GS100*; Schneider [SCH09] plantea un modelo alternativo para calibración de un equipo *Riegl LMS-Z420i*; González-Aguilera et al. [GON11] plantean un modelo de ocho parámetros físicos evaluado en dos equipos, un *Riegl LMS-Z390i* y un *Trimble GX200*.

Los resultados obtenidos dependerán tanto del estado del instrumento, como de las propias características del mismo (campo de vista, compensador de doble, eje, etc.). Ante la inexistencia de un modelo universal o un software comercial, la presente investigación pretenderá la implementación de diversas herramientas estadísticas que permitirán al usuario obtener el conjunto de parámetros de calibración más significativos y que mejor solución aporten, todo ello desde un prisma riguroso estadísticamente hablando. El desarrollo de esta herramienta informática se ha llevado a cabo por los miembros del *Grupo de Investigación de Fotogrametría y Láser Escáner (GIFLE)* de la *Universitat Politècnica de València*. El presente artículo se estructura de la siguiente forma: en primer lugar, se presenta una exposición del modelo matemático completo; a continuación, el instrumental y las metodologías desarrolladas; y por último, los resultados obtenidos para el caso del escáner láser Leica HDS3000 con su correspondiente discusión; el artículo finaliza con unas conclusiones y recomendaciones finales.

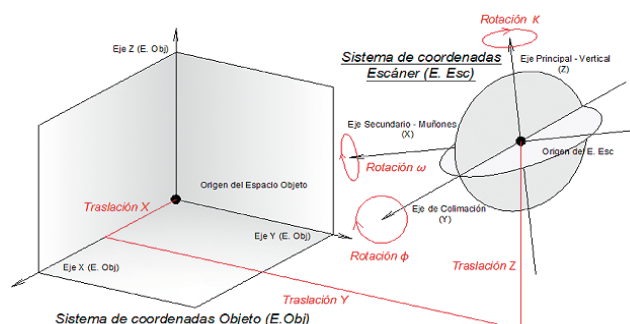


Figura 1. Representación gráfica de la transformación sólido rígido 3D. Mediante la aplicación de los seis parámetros de orientación externa los sistemas de coordenadas objeto y escáner se ubicarán de forma superpuesta

2. MODELO MATEMÁTICO

2.1 Orientación externa

Tal y como se ha comentado anteriormente, la calibración basada en entidades puntuales requerirá la materialización de una red de puntos de coordenadas conocidas (véase 3.2). De la posterior medición de dichos puntos con el equipo láser y su correspondiente relación con sus homólogos medidos previamente y calculados por técnicas microgeodésicas se obtendrá el conjunto de PAdS pretendido. Se denominará *sistema objeto* al sistema tridimensional determinado por la nube de puntos de referencia (o puntos de apoyo), y quedará relacionado con el *sistema escáner* (sistema 3D cuyo origen queda situado en el propio origen de medidas del instrumento, y cuyos ejes coinciden con los propios ejes principal, secundario y colimación del láser) mediante una transformación *sólido rígido 3D* (véase Figura 1). Dicha transformación se compone de tres giros, uno sobre cada uno de los ejes del triedro, y tres traslaciones. Este conjunto de parámetros de transformación entre ambos sistemas se denomina *parámetros de orientación externa*. Cada punto implicado proporcionará una terna de ecuaciones tal que (Eq. 1) [LER02]:

$$\begin{pmatrix} x_i \\ y_i \\ z_i \end{pmatrix} = R_\kappa R_\varphi R_\omega \begin{pmatrix} X_i & X_s \\ Y_i & Y_s \\ Z_i & Z_s \end{pmatrix} \quad (\text{Eq. 1})$$

Donde:

- (x_i, y_i, z_i) son las coordenadas del punto 'i' en el espacio escáner.
- R_ω, R_φ y R_κ son las matrices de rotación sobre los tres ejes (X, Y, Z, respectivamente)
- (X_i, Y_i, Z_i) son las coordenadas del punto 'i' en el espacio objeto.
- (X_s, Y_s, Z_s) son las coordenadas del origen del sistema escáner en el espacio objeto.
- Los parámetros de translación entre ambos orígenes vendrán dados por las diferencias $(X_i - X_s), (Y_i - Y_s)$ and $(Z_i - Z_s)$.

2.2 Orientación interna

El error manifestado en un punto (x_i, y_i, z_i) quedará dividido en tres componentes: errores en distancia ($\Delta\rho$), ángulo horizontal ($\Delta\theta$) y ángulo de elevación sobre el plano del horizonte ($\Delta\alpha$). Cada punto del modelo, aportará al sistema tres ecuaciones tales que (Eq. 2-4):

$$\rho + \varepsilon_\rho = \sqrt{x_{ij}^2 + y_{ij}^2 + z_{ij}^2} + \Delta\rho \quad (\text{Eq. 2})$$

$$\theta + \varepsilon_\theta = \text{atan} \frac{x_{ij}}{y_{ij}} + \Delta\theta \quad (\text{Eq. 3})$$

$$\alpha + \varepsilon_\alpha = \text{atan} \left(\frac{z_{ij}}{\sqrt{x_{ij}^2 + y_{ij}^2}} \right) + \Delta\alpha \quad (\text{Eq. 4})$$

Donde:

- ρ, θ y α son los observables de distancia, ángulo horizontal y elevación.
- $\Delta\rho, \Delta\theta$ y $\Delta\alpha$ son los sistematismos asociados a sus respectivos observables.
- (x_i, y_i, z_i) son las coordenadas del punto 'i' en el espacio escáner.
- ε son las magnitudes residuales, correspondientes a cada ecuación.

Los diferentes sistematismos se definen en las ecuaciones 5-7 [LIC06-2]:

$$\Delta\rho = a_0 + a_1 \rho_{ij} + a_2 \sin(\alpha_{ij}) + a_3 \sin\left(\frac{4\pi\rho_{ij}}{u_1}\right) + a_4 \cos\left(\frac{4\pi\rho_{ij}}{u_1}\right) + a_5 \sin\left(\frac{4\pi\rho_{ij}}{u_2}\right) + a_6 \cos\left(\frac{4\pi\rho_{ij}}{u_2}\right) + a_7 \sin(4\theta_{ij}) + a_8 \cos(4\theta_{ij})$$

$$\Delta\theta = b_1 \sec(\alpha_{ij}) + b_2 \tan(\alpha_{ij}) + b_3 \sin(2\theta_{ij}) + b_4 \cos(2\theta_{ij}) + b_5 \theta_{ij} + b_6 \cos(3\alpha_{ij}) + b_7 \sin(4\alpha_{ij})$$

$$(\text{Eq. 5})$$

$$(\text{Eq. 6})$$

$$\Delta\alpha = c_0 + c_1 \alpha_{ij} + c_2 \sin(\alpha_{ij}) + c_3 \sin(3\theta_{ij}) + c_4 \cos(3\theta_{ij})$$

$$(\text{Eq. 7})$$

Donde:

- Los coeficientes 'a' se asocian al error en la distancia.
- Los coeficientes 'b' se asocian al error en la medición del ángulo horizontal.
- Los coeficientes 'c' se asocian al error en la medición del ángulo de elevación.

De entre todos ellos, cabe destacar alguno de naturaleza física y bien conocido en topografía, como por ejemplo el error de bajada de bandera (a_0), el factor de escala (a_1), la falta de perpendicularidad entre los ejes instrumentales (b_1 y b_2), la excentricidad de los círculos (b_6 y b_7), error del índice vertical (c_0) o los errores de escala en las direcciones angulares (b_5 para la horizontal, c_1 para la elevación). Los parámetros a_{3-6} serán exclusivos de los instrumentos de onda continua, por lo que no participarán en el proyecto actual. Para un completo detalle del conjunto de PAdS, véase Lichti [LIC06-1, LIC06-2].

2.3 Modelo matemático conjunto

El modelo matemático final comprenderá la parte referente a la orientación interna (modelo de errores) y la referente a la orientación externa (transformación entre sistemas) integradas de forma conjunta. Cada punto observado proporcionará una terna de ecuaciones, una para cada observable (Eq. 2-4), donde las coordenadas (x y z) en el sistema escáner se obtienen a partir de la transformación sólido rígido aplicada sobre las entidades de la red de apoyo. Para la resolución de los coeficientes se planteará un ajuste mínimo cuadrático, donde la matriz de diseño (A) quedará determinada por las respectivas linealizaciones de las ecuaciones 2-4, y el vector de términos independientes (K) se formará a partir de las diferencias entre las magnitudes observadas y las calculadas mediante los parámetros aproximados.

La elección del modelo estocástico será fundamental para garantizar la rigurosidad del proceso y la significatividad estadística del conjunto de parámetros. Con este objetivo, el software implementado estará provisto de varias herramientas estadísticas que conducirán al usuario a la correcta elección de la matriz de pesos y la mejor elección del conjunto de PAdS.

Como todo proceso fotogramétrico, se tratará de un proceso iterativo y convergente, del que se obtendrán los parámetros de orientación interna (nulos a priori), las correcciones a los parámetros de orientación externa y las correcciones de los puntos de apoyo. Por último, cabe destacar la importancia del campo de vista del aparato (ya sea híbrido, o panorámico), ya que el rango de valores angulares que éste tome ha de quedar reflejado en la formación del sistema de ecuaciones.

3. CAPTURA DE LOS DATOS

3.1 Instrumental empleado

Para la puesta en práctica del experimento se empleó un Láser Leica HDS3000 (Figura 2a), escáner de pulsos láser y determinación de la distancia por tiempo de vuelo. Se trata de un modelo de arquitectura híbrida: su campo de rotación comprende la circunferencia completa en el plano horizontal y su recorrido en la dirección vertical recorre el perfil desde 50° por debajo del horizonte hasta el cénit. En base a los datos técnicos aportados por el fabricante, el aparato contará con precisiones de 4 mm en distancia y 60 μ rad ($\approx 40''$) en caso de ángulos. Otra característica reseñable, es la antigüedad y desgaste del mismo, por lo que se le presupone un error sistemático significativo. Con objeto de automatizar el proceso y conseguir la máxima precisión en la determinación del centroide de la diana registrada, se emplearán blancos específicos asociados al instrumental

La elección del modelo estocástico será fundamental para garantizar la rigurosidad del proceso y la significatividad estadística del conjunto de parámetros. Con este objetivo, el software implementado estará provisto de varias herramientas estadísticas que conducirán al usuario a la correcta elección de la matriz de pesos y la mejor elección del conjunto de PAdS

de la casa comercial Leica (dianas circulares en blanco y negro). Gracias a sus cámaras fotográficas integradas será posible efectuar la captura de las mismas a alta resolución, obviando el resto del entorno. Para la observación y cálculo de las coordenadas de la red, se empleó una estación total Leica TS-30 (Figura 2b), con precisiones angulares de $0.5''$.

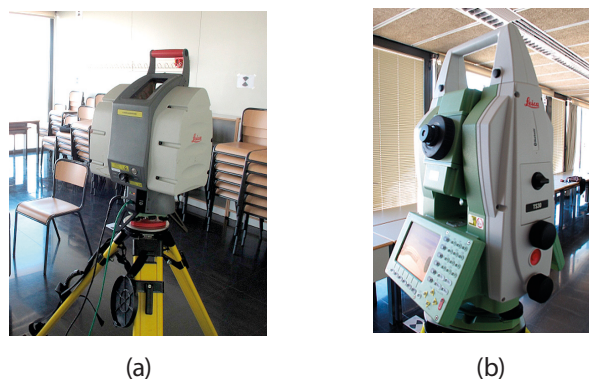


Figura 2. Instrumental empleado: a) láser escáner Leica HDS 3000; b) estación total Leica TS-30.

3.2 Red de Apoyo

El proceso de calibración a partir de entidades puntuales requerirá la materialización de una red de puntos de coordenadas conocidas, llamada habitualmente red de referencia, o red de apoyo, y que constituirá el marco sobre el que se sustentará el *espacio objeto* o *sistema de coordenadas objeto*. En este caso, la red estará formada por un total de 62 puntos (dianas circulares) distribuidas de forma homogénea a lo largo de todo el laboratorio de calibración (de dimensiones 15 x 8 x 3 m). Será vital que los puntos cubran la bóveda de registro del escáner en su totalidad, desde el cénit hasta el ángulo mínimo de eleva-

ción por debajo del plano horizontal. La distribución de los puntos puede apreciarse en la Figura 3.

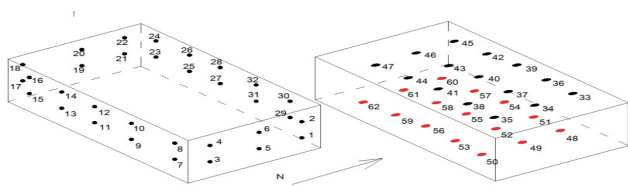


Figura 3. Red de Apoyo establecida

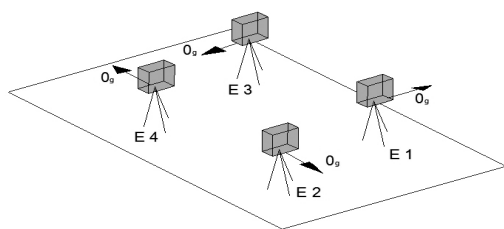


Figura 4. Estaciones de escaneo y orientaciones de sus respectivas líneas de cero

Se efectúan observaciones en ambos círculos a todos los puntos, desde tres bases ubicadas en triángulo. Para otorgar escala a la red, se medirán los segmentos del triángulo principal reiteradamente (hasta un total de 8 mediciones por segmento) con una cinta métrica de precisión. Seguidamente, se realizará un ajuste libre con todos los observables, para obtener el mejor datum y localizar posibles errores groseros. Una vez en posesión del datum, se calculará un ajuste ligado al mismo. La precisión media lograda a posteriori para los puntos fue inferior al milímetro.

3.3 Metodología a desarrollar

El desarrollo y establecimiento de una metodología completa en el proyecto de calibración será vital para el éxito del mismo. Un factor fundamental para garantizar la validez de los parámetros de calibración será la total eliminación de correlaciones entre los mismos, o bien con alguno de los parámetros de orientación externa. Bae y Lichti [BAE06] plantean una simulación con objeto de determinar las posiciones óptimas de escaneo, recomendándose un mínimo de cuatro estaciones con posiciones ortogonales de sus líneas de ceros. Además, según Alder

[ALD03] la altura de estación deberá variar también. El objetivo de estas premisas es doble: por un lado, dotar al ajuste del suficiente número de redundancias para la consecución del ajuste; y por otro lado, eliminar toda posible correlación lineal entre parámetros, que de lo contrario pueden dificultar la convergencia de la solución, y por tanto, invalidar los valores calculados. La influencia del número de escaneados en las correlaciones es expuesta por Reshetyuk [RES09, RES10]. Del mismo modo, una débil geometría de la red o un habitáculo de calibración insuficientemente grande (poca variedad en las distancias medidas) puede provocar también efectos negativos en ese sentido (véase Lichti [LIC10]). En el presente experimento, se tomarán cuatro escaneados cuya posición y orientación puede apreciarse en la Figura 4.

La eliminación de correlaciones no será atribuible exclusivamente al diseño de la red o las posiciones de escaneo. Otros factores relevantes serán aportados por las propias características del instrumento, como son la arquitectura de su campo de vista (*Field of view, FoV*) o la presencia/ausencia de compensador de doble eje. En [LIC09, LIC10] se analiza la influencia del FoV en las correlaciones, proponiéndose la medición externa de los parámetros de orientación externa y la consiguiente imposición de constreñimientos en el ajuste, pese a la dificultad que esto puede aportar a la medición (por ejemplo, la medición del origen del sistema escáner). Lichti [LIC06-2] y Reshetyuk [RES09] proponen el uso de inclinómetros para la determinación de los giros Omega y Phi.

4. APROXIMACIÓN AL CÁLCULO

4.1 Preprocesado de los datos

Los ficheros ASCII obtenidos tras la descarga de los datos se introducirán al software LASERGIFLE. Por medio de un ajuste mínimo cuadrático, se calculará un registro de las nubes de puntos escaneadas obteniéndose de esta forma los parámetros de orientación externa (POE) asociados a la estación. En este momento será posible realizar una depuración inicial de los observables mediante el análisis de los residuos generados, ya que los POE calculados jugarán un papel fundamental en el ajuste posterior, por lo que deberán ser calculados de forma satisfactoria. La causa de estos observables erróneos obedece habitualmente a ángulos de incidencia excesivamente oblicuos, o a detecciones erróneas del centroide de la diana.

Una vez en disposición de los ficheros de trabajo, el usuario de LASERGIFLE deberá especificar las preferencias del cálculo y las características del instrumento a calibrar, como el tipo de ajuste (con corrección de la red de apoyo o ajuste ligado), el número de iteraciones máximo, el umbral

de detención de las mismas (magnitud por debajo de la cuál la corrección obtenida resultará suficientemente pequeña como para detener las iteraciones), el FoV (híbrido/panorámico) o la presencia del compensador de doble eje. Pero si hay un elemento a tener en cuenta en el preprocesado, éste será la elección del modelo estocástico. La elección de los pesos correctos será fundamental para garantizar la validez de los parámetros adicionales calculados. Diversos experimentos previos realizados con datos test demuestran que una ponderación incorrecta invalida completamente los resultados buscados para las incógnitas, así como sus desviaciones típicas asociadas. De ahí que LASERGIFLE incorpore la posibilidad de realizar la comparación estadística de las varianzas a priori y a posteriori tanto de las ecuaciones (ecuaciones de distancia y angulares) como del ajuste al completo en sí (Chueca, Herráez, Berné [CHU96]).

4.2 Cálculo del ajuste

En primer lugar, y como se ha comentado previamente, existirá un considerable número de observables prescindibles. Para su localización y posterior supresión se realizarán los ajustes necesarios en ausencia de PAds. A partir de los residuos generados, el software permitirá al usuario realizar un análisis de la fiabilidad interna del ajuste por medio de diversas herramientas (Test de Baarda [BAA68], test de Pope [POP76]). Según Baselga [BAS11], no existe ningún método de detección de errores groseros que permita la detección múltiple de los mismos en ajuste mínimo cuadrático. De ahí, que dada la cantidad de observables erróneos presentes en el ajuste, se propone establecer un criterio alternativo: la eliminación de todo punto del ajuste cuya ecuación (de distancia, ángulo horizontal o de elevación) supere el valor de su desviación típica a posteriori multiplicada por 3 (desviación típica llevada a $p=99\%$). Tanto la supresión de observables como la aceptación de los mismos deberá ejecutarse bajo estricto cumplimiento del test global del modelo. Será por tanto una condición obligatoria la comprobación de la consistencia de las varianzas a priori y a posteriori, que se valorará de acuerdo a [CHU96]:

$$F_{gdl,\infty,0.01} > \frac{\hat{\sigma}_i^2}{\sigma_i^2} > F_{gdl,\infty,0.99} \quad (\text{Eq. 8})$$

Donde:

- es la varianza del observable "i" a posteriori.
- es la varianza del observable "i" a priori.
- es el valor de la distribución para los grados de libertad del ajuste, y la probabilidad asociada a la misma.

En caso de que el cociente entre estimadores satisfaga el intervalo dado por la distribución, se aceptará la hipótesis nula (varianzas estadísticamente compatibles) para un nivel

A partir de los residuos generados, el software permitirá al usuario realizar un análisis de la fiabilidad interna del ajuste por medio de diversas herramientas (Test de Baarda [BAA68], test de Pope [POP76]). Según Baselga [BAS11], no existe ningún método de detección de errores groseros que permita la detección múltiple de los mismos en ajuste mínimo cuadrático. De ahí, que dada la cantidad de observables erróneos presentes en el ajuste, se propone establecer un criterio alternativo: la eliminación de todo punto del ajuste cuya ecuación (de distancia, ángulo horizontal o de elevación) supere el valor de su desviación típica a posteriori multiplicada por 3 (desviación típica llevada a $p=99\%$)

de significación del 1%. De lo contrario, deberán de asignarse pesos más apropiados a las ecuaciones y repetir el ajuste. La realización de estos ajustes previos se repetirá tantas veces como sea necesario hasta que la totalidad de observables dudosos hayan sido localizados, y siempre satisfaciendo la Eq. 8. Una vez en disposición de los observables válidos, se procederá a un ajuste contemplando la totalidad de los parámetros de orientación interna. Del conjunto completo se irán extrayendo parámetros insuficientemente significativos y correlados, dando por buena la solución que menores errores genere en los parámetros de orientación interna, externa y coordenadas objeto. Ésta es la solución implementada en el programa LASERGIFLE.

5. ANÁLISIS DE RESULTADOS

5.1 Obtención del conjunto de parámetros adicionales

De acuerdo a lo comentado en 4.1, se procederá a la carga de los ficheros de trabajo (red de apoyo y ficheros de escaneado) y orientación de los mismos, resultando un error medio cuadrático para las transformaciones ligeramente superior a 2 mm. Seguidamente, y mediante las herramientas expuestas en el apartado 4 se llevará a

El primer ajuste se efectúa con el conjunto completo de parámetros, obteniéndose como resultado una falta de relevancia estadística para los parámetros b2 y b4 (valores de T-test de 0.08 y 0.25 respectivamente). Los estimadores experimentan una leve mejora, que no se ve acentuada hasta el ajuste con $p > 80\%$, donde la orientación externa mejora considerablemente (por la eliminación del parámetro b5)

cabo el filtrado de los datos observados, para una vez en disposición de los mismos, realizar un ajuste completo a excepción de b1 (por tratarse de un instrumental de arquitectura híbrida). A continuación, se procederá con la eliminación progresiva de parámetros atendiendo primero a sus coeficientes de correlación, y posteriormente a su significatividad estadística, eliminándose inicialmente los PADs no significativos y seguidamente los de menor probabilidad asociada (desde el 70% hasta 99.9%).

El primer ajuste se efectúa con el conjunto completo de parámetros, obteniéndose como resultado una falta de relevancia estadística para los parámetros b2 y b4

(valores de T-test de 0.08 y 0.25 respectivamente). Los estimadores experimentan una leve mejora, que no se ve acentuada hasta el ajuste con $p > 80\%$, donde la orientación externa mejora considerablemente (por la eliminación del parámetro b5). El proceso proseguirá secuencialmente, hasta dar con el conjunto de probabilidad asociada 99.9 %. Tal y como se muestra en los estimadores, los mejores resultados en los dos campos de mayor importancia (POE y apoyo) se presentan en la parametrización $p > 99.9\%$ (formada por a0, a1, a2, b6, b7, c0 y c1, véase tabla 1).

| HDS 3000 | | | |
|----------|----------|---------------|--|
| a0 | -0.00158 | ± 0.00018 | Bajada de bandera (cte. aditiva). |
| a1 | -0.00034 | ± 0.00003 | Factor de escala |
| a2 | 0.00094 | ± 0.00028 | Traslación del eje de colimación sobre el eje de muñones |
| b6 | -0.00005 | ± 0.00001 | E. residuales en la dirección horizontal |
| b7 | 0.00004 | ± 0.00001 | E. residuales en la dirección horizontal |
| c0 | -0.00021 | ± 0.00003 | E. del índice en el círculo vertical |
| c1 | 0.00022 | ± 0.00003 | E. de escala en el ángulovertical |

Tabla 1. Valores calculados para los PADs, junto con su desviación típica asociada y la descripción del mismo

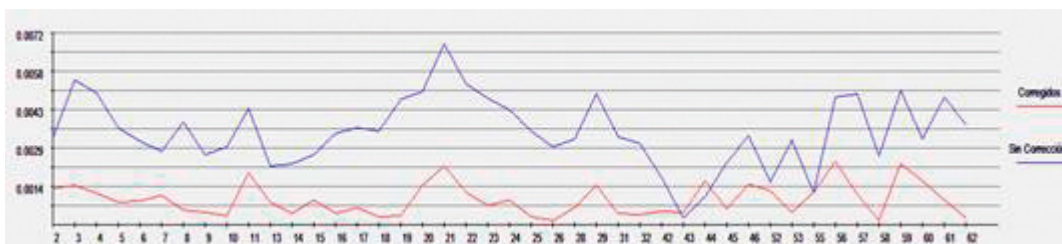


Figura 5a. Errores para el Scan 3

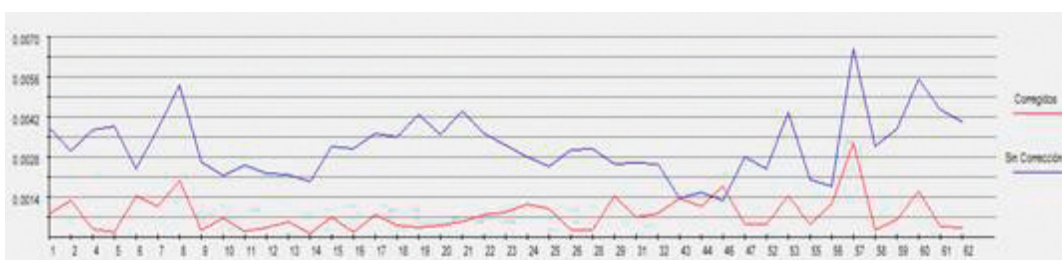


Figura 5b. Errores para el Scan 4

Atendiendo al criterio empleado, es posible distinguir dos estrategias diferenciadas: una primera, donde sólo se tienen en cuenta las propias mediciones realizadas con el escáner, y que proporcionarán valores descriptivos de la mejora global; y una segunda estrategia, que se apoya en la red de puntos de apoyo y que proporciona valores para cada uno de los estacionamientos del escáner

5.2 Cuantificación de la mejora y validación de resultados

LASERGIFLE permitirá al usuario comprobar y cuantificar la mejora experimentada tras la calibración mediante diferentes herramientas. Atendiendo al criterio empleado, es posible distinguir dos estrategias diferenciadas: una primera, donde sólo se tienen en cuenta las propias mediciones realizadas con el escáner, y que proporcionarán valores descriptivos de la mejora global; y una segunda estrategia, que se apoya en la red de puntos de apoyo y que proporciona valores para cada uno de los estacionamientos del escáner. Para la primera aproximación a la mejora lograda se compararán las desviaciones típicas de distintas variables implicadas. Por un lado, como resultado del ajuste mínimo cuadrático realizado, se dispondrá de las magnitudes residuales asociadas a cada observable, y con su consiguiente promedio, las desviaciones típicas correspondientes a las distancias y ángulos. Así pues,

bastará con comparar el estadístico obtenido en ausencia de parámetros de calibración, y su homólogo tras la calibración.

Del mismo modo, y dado que se dispone de las medidas de la red de puntos desde diferentes ubicaciones, se propone el análisis de las medidas de dispersión de las coordenadas escáner antes y después de la corrección. Es decir, las coordenadas de un mismo punto medido desde diferentes posiciones deberán parecerse más entre sí tras calibrar los observables que previamente. Los valores obtenidos para las componentes X, Y, Z, así como para los observables ρ , θ y α , se muestran a continuación en la tabla 2.

| | Previa | Posterior | Mejora (%) |
|----------------------|--------|-----------|------------|
| σ_x (mm) | 0.61 | 0.44 | 28.33 |
| σ_y (mm) | 0.71 | 0.55 | 22.89 |
| σ_z (mm) | 0.36 | 0.25 | 29.75 |
| σ_ρ (mm) | 3.10 | 0.97 | 69.11 |
| σ_θ (cc) | 14.20 | 13.83 | 3.97 |
| σ_α (cc) | 36.01 | 33.54 | 7.31 |

Tabla 2. Comparativa de las desviaciones típicas asociadas a las coordenadas de los puntos escaneados y los observables, antes y después de efectuarse las correcciones.

Mediante el conjunto de puntos de apoyo corregidos tras la calibración, será posible calcular dos ratios de mejora para cada posición de escaneado (véase tabla 3). El primero de estos indicadores será el módulo del vector 3D determinado por la diferencia entre el punto de apoyo (ajustado y corregido), y el punto escaneado por un lado (resultando un primer vector de error previo), y ese mismo punto escaneado pero sometido a las correcciones resultantes de la calibración (obteniéndose así un segundo vector de error a posteriori). Igualmente, podrá obtenerse un segundo ratio mediante un nuevo cálculo

| | Vector de Error | | | Registro de los puntos (Orientación externa) | | |
|----|-----------------|-------------------|----------|--|-------------------|----------|
| | EMC previo (m) | EMC posterior (m) | Mejora % | EMC previo (m) | EMC posterior (m) | Mejora % |
| E1 | 0.0032 | 0.0008 | 74,50% | 0.002 | 0.0006 | 71.60% |
| E2 | 0.0035 | 0.0009 | 74,18% | 0.0022 | 0.0006 | 73.47% |
| E3 | 0.0035 | 0.0009 | 73,53% | 0.0022 | 0.0006 | 70.70% |
| E4 | 0.0031 | 0.0008 | 75,24% | 0.0019 | 0.0006 | 70.48% |

Tabla 3. Errores medios cuadráticos obtenidos antes de aplicar las correcciones sobre los observables, y tras su aplicación en las cuatro estaciones

La calibración del instrumental láser será vital, dado el gran volumen de datos medidos en cada estacionamiento, y se verá magnificada a medida que aumenta el número de escaneados implicados en el proyecto. La eliminación de sistematismos traerá consigo considerables mejoras no sólo en términos de precisión propiamente hablando, sino que conducirá a una reducción de tiempos de trabajo tanto en la toma de datos como en el posterior tratamiento de los mismos.

del registro de la nube de puntos escaneada, frente al registro de la nube de puntos escaneada y convenientemente corregida. LASERGIFLE incorpora también una representación gráfica del reparto de los errores generados en los puntos de apoyo, donde puede apreciarse la distribución de los vectores de error antes (línea azul) y después (línea roja) de las correcciones. Véanse Figura 5a, donde se representan gráficamente los errores para el escaneado 3, y Figura 5b, donde se representan los correspondientes al escaneado 4.

6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

A partir de una red de coordenadas conocidas y su medición con el instrumental de escaneado láser (un equipo Leica HDS3000, de medición por pulsos láser) desde diferentes precisiones, será factible eliminar los sistematismos asociados al instrumental empleado en sus observables de distancia, ángulo horizontal y ángulo de elevación. A la vista de los resultados obtenidos en los diferentes ratios de mejora expuestos, es posible confirmar los beneficios de la calibración geométrica alcanzándose con ella valores de precisión a posteriori inferiores al milímetro. Además, contar con un programa de cálculo para este tipo de proyectos ayudará a agilizar los cálculos, y gracias a las herramientas estadísticas empleadas, garantizar tanto la rigurosidad de la solución

como la óptima elección del conjunto de parámetros de orientación interna, así como la significatividad estadística de los mismos.

La calibración del instrumental láser será vital, dado el gran volumen de datos medidos en cada estacionamiento, y se verá magnificada a medida que aumenta el número de escaneados implicados en el proyecto. La eliminación de sistematismos traerá consigo considerables mejoras no sólo en términos de precisión propiamente hablando, sino que conducirá a una reducción de tiempos de trabajo tanto en la toma de datos como en el posterior tratamiento de los mismos. La estabilidad de las mediciones realizadas permitirá reducir el número de posiciones de escaneado (siempre y cuando no haya oclusión de elementos). Igualmente, la fusión de distintas nubes mejorará, reduciéndose en consecuencia el ruido y los trabajos de filtrado.

Como ventajas destacables podrían citarse también la recuperación de instrumentos obsoletos, el hecho de contar con mediciones totalmente fiables sin necesidad de enviar el equipo a fábrica, o el conocimiento exacto de la precisión dada por el instrumento (en contraste con los valores proporcionados por el fabricante).

Las investigaciones en esta materia continuarán comprobando la estabilidad de los parámetros obtenidos y en diferentes escenarios (exteriores, mayores distancias).

AGRADECIMIENTOS

Los resultados presentados se enmarcan dentro del proyecto de investigación HAR2010-18620 del Ministerio de Ciencia y Tecnología.

REFERENCIAS

- [ALD03] J. Alder. «*Betrachtungen zur kalibrierung polarer Mess system*». Diploma Thesis (unpublished), Technical University of Berlin, Berlin. 2003.
- [BAE06] K-H.Bae, D.Lichti, D.D. «*An on-site self-calibration method using planar targets for terrestrial laser scanners*». The International Archives of Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences 36, 2006, 14 – 19.
- [BAA68] W. Baarda. «*A testing procedure for use in geodetic networks*». In: Publication on Geodesy, Netherlands, Geodetic Com., Delft, Netherlands. 1968.
- [BAS11] S. Baselga. «*Nonexistence of Rigorous Test for Multiple Outlier detection in Least-Squares Adjustment*». Technical note, Journal of Surveying Engineering, Vol 137, No 3. American Society of Civil Engineers. 2011.
- [PAZ96] Chueca Pazos, M., Herráez Boquera, J., Berné Valero, J.L. «*Tratado de Topografía 3: Redes Topográficas*

- y Locales. Microgeodesia». Ed. Paraninfo. Madrid. 1996.
- [GIE04] F. Gielsdorf, A. Rietdorf, L. Gruendig. «A concept for the calibration of terrestrial laser scanners». Proceedings FIG Working Week, Athens, Greece, 22-27 May 2004.
- [GON11] D. González-Aguilera, P. Rodríguez - González, J. Armesto, and P. Arias. «Trimble GX200 and Riegl LMS-Z390i». Optic Express Vol. 19, No.3. pp. 2676-2693. 2011.
- [KER05] T. P. Kersten, H. Sternberg, K. Mechelke. «Investigations into the accuracy behavior of the terrestrial laser scanning system Mensi GS100». In: Grün, A. Kahmen, H (Eds.), Proceedings Optical 3D Measurement Techniques VII, Vienna, Austria, 3-5 October, 2005, col. I, pp. 122-131.
- [KRA97] Kraus, K., Jansa, J., Krager, H. «Photogrammetry Vol.2: Advanced Methods and Applications (Fourth edition)». Ed. Drümmlers. Germany. 1997.
- [LER02] Lerma García, J.L. «Fotogrametría Moderna: Analítica y Digital». Ed: Universidad Politécnica de Valencia. Valencia. 2002.
- [LIC00] D. D. Lichti. «Calibrating and testing of a terrestrial laser scanner». International Archives of Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences 33, 485 – 492. 2000.
- [LIC06-1] D. D. Lichti, M.G. Licht. «Experiences with terrestrial laser scanner modeling and accuracy assessment». The International Archives of Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences 36, part 5, 155 – 160. 2006.
- [LIC06-2] D. D. Lichti. «Error modeling, calibration and analysis of an AM-CW terrestrial laser scanner system». ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing 61 (2007, 307 -324). 2006.
- [LIC07] D. D. Lichti, S. Brustle, J. Franke. «Self-calibration and analysis of the surphaser 25HS 3D scanner». In: Proceedings of FIG Working Week, Hong Kong SAR, China, 13-17 May. 2007.
- [LIC09] D. D. Lichti. «The impact of angle parameterization on terrestrial laser scanner self-calibration». International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Science 38, 171 – 176. 2009.
- [LIC10] D. D. Lichti. «Terrestrial laser scanner self-calibration: correlation sources and their mitigation». ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing 65 (2010, 93 -102). 2010.
- [PAR05] J. A. Parian, A. Gruen, 2005. «Integrated laser scanner and intensity image calibration and accuracy assessment». International Archives of Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences 36 (Part 3/W52), 14-19.
- [POP76] A.J. Pope. «The statistics of residuals and the detection of outliers». NOAA Technical Report NOS 65 NGS 1, National Ocean Service, National Geodetic Survey, US Department of Commerce. Rockville, MD, p.133. 1976.
- [RES09] Y. Reshetyuk. «Self-calibration and direct georeferencing in terrestrial laser scanning». Doctoral Thesis in Infrastructure. Royal Institute of Technology (KTH), Stockholm, Sweden. 2009.
- [RES10] Y. Reshetyuk. «A unified approach to self-calibration of terrestrial laser scanners». ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing, doi 10.1016/j.isprsjprs.2010.05.005. 2010.
- [SCH09] D. Schneider. «Calibration of a Riegl LMS-Z429i based on a multi-station adjustment and a geometric model with additional parameters». International Archives of Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences 38 (Part 3/W8), 177-182. 2009.

Sobre los autores

D. García San Miguel

Ingeniero Técnico en Topografía (Universidad del País Vasco), e Ingeniero en Geodesia y Cartografía (Universitat Politècnica de València). Miembro del Grupo de Investigación en Fotogrametría y Láser Escáner (GIFLE) desde 2011. Su investigación se centra en la automatización de tareas fotogramétricas y láser escáner.

J.L. Lerma García

Profesor Titular de Universidad en la Universitat Politècnica de València. Ingeniero Técnico en Topografía e Ingeniero en Geodesia y Cartografía. Director del Grupo de Investigación en Fotogrametría y Láser Escáner (GIFLE). Miembro de diversos comités científicos internacionales como CIPA y VSMM. Su investigación se centra en el desarrollo de mejoras geomáticas en el entorno de la documentación patrimonial a partir de sensores métricos y multiespectrales. Autor de siete libros de texto relacionados con la fotogrametría y el escaneado láser, presenta y publica de manera regular en foros internacionales.

S. Navarro Tarín

Ingeniero Técnico en Topografía e Ingeniero en Geodesia y Cartografía por la Universitat Politècnica de València, y actualmente cursando estudios de doctorado. Miembro del Grupo de Investigación en Fotogrametría y Láser Escáner (GIFLE) desde 2006. Su investigación se centra en el desarrollo de software fotogramétrico y en la implementación de algoritmos para fotogrametría arquitectónica, modelos 3D y visión por computador.

MAPPING

MAPPING INTERACTIVO



EN NUESTRA PAGINA WEB PODRÁ ENCONTRAR:

Noticias del sector

Artículos **técnicos**


Números anteriores de la **Revista Mapping**

Fotografía y noticias curiosas en **“Por fin es viernes”**

Y mucho **más**.

Conectese a nuestros canales de las Redes Sociales

 **Facebook**
<https://www.facebook.com/mapping.interactivo>

 **LinkedIn**
<https://www.linkedin.com/nhome/>

 **Twitter**
<https://twitter.com/MappingInteract>


 **Youtube**
<http://www.youtube.com/>

MAPPING INTERACTIVO

 91 301 05 64

 91 746 70 06

 655 95 98 69 / 638 71 89 34

 C/ Jerez de los Caballeros 2. Ofi. 8A
Madrid 28042
España

 www.mappinginteractivo.es

El Cero Hidrográfico y su enlace con las referencias cartográficas verticales

REVISTA **MAPPING**
Vol. 22, 158, 42-49
marzo-abril 2013
ISSN: 1.131-9.100

Salvador Moreno Soba¹, Juan A. Rengel Ortega²,
José M. Quijano de Benito³, Alberto Fernández Ros⁴

Resumen

Al afrontar trabajos topográficos costeros siempre se encuentra la dificultad de tener que tratar con dos medios, el terrestre y el marino, que no disponen de un sistema de referencia vertical común. La cartografía terrestre, en la península, tiene como referencia vertical el Nivel Medio del Mar en Alicante y la náutica el Cero Hidrográfico. Además, si se pretende trabajar en un sistema de referencias global aparece una nueva referencia vertical, la altura elipsoidal.

Se hace por tanto necesario conocer con precisión la relación entre dichas referencias. En gran parte de estos trabajos costeros no se dispone de información clara sobre estas referencias verticales locales y su relación, lo que hace que se puedan llegar a cometer errores considerables.

Desde hace unos años, conscientes de este problema y a través de la coordinación de los diferentes organismos con competencia en esta materia, el Instituto Hidrográfico de la Marina está recopilando información y estableciendo métodos de trabajos en sus comisiones hidrográficas con el fin de conocer y diseminar esta información. Se están realizando nivelaciones de alta precisión y observaciones con GPS geodésico en las referencias verticales de los Ceros Hidrográficos con el fin de poder ofrecer la relación existente entre estas referencias en todo el litoral español.

En el presente artículo se detalla información sobre la referencia vertical de la cartografía náutica, el Cero Hidrográfico, la más desconocida de todas y a menudo confundida con el Cero del Puerto, así como de las actuaciones llevadas a cabo por este centro para la actualización y diseminación de la relación de esta referencia vertical con el resto.

Abstract

Coastal topographic surveys always involve the difficulty of having to deal with two environments, land and sea, which lack a common vertical datum. Terrestrial cartography uses as vertical datum the Mean Sea Level at Alicante, while nautical cartography uses the Chart Datum, also known in Spain as 'Hydrographic Zero'. Furthermore, whenever it is intended to work under a global reference system there is an additional vertical datum: ellipsoidal height.

Consequently, it is necessary to acquire an accurate knowledge of the relationship among those vertical references. Many coastal surveys lack precise information regarding local vertical datums and their conversions, which may result in significant errors.

The Instituto Hidrográfico de la Marina (IHM), which produces Spain's official nautical cartography, has been aware of this issue for some years, and through the coordination with relevant organizations in this field the Hydrographic Commissions of the IHM have been compiling information and establishing working methods to acquire and disseminate this information. High precision geometric levelling and geodetic GPS observations are being performed at the Hydrographic Zero reference benchmarks so as to determine the relationship between these datums for all the Spanish coasts.

This paper offers detailed information on the vertical datum used in nautical cartography, i.e. the Chart Datum, which is the least known vertical datum and is frequently mistaken with the Harbour Datum (aka 'Harbour Zero'), as well as a description of IHM work to update and disseminate information regarding the relationship between this vertical datum and others.

Palabras clave: referencias verticales, Cero Hidrográfico, nivelación, GPS, Nivel Medio del Mar en Alicante, altura elipsoidal.

Key words: vertical datum, Chart Datum ("Hydrographic Zero"), levelling, GPS, Mean Sea Level at Alicante, ellipsoidal height.

(1) Instituto Hidrográfico de la Marina
smorenos@fn.mde.es

(2) Instituto Hidrográfico de la Marina
jrenortega@fn.mde.es

(3) Instituto Hidrográfico de la Marina
jquide@fn.mde.es

(4) Instituto Hidrográfico de la Marina
aferr22@fn.mde.es

Recepción 28/05/2012
Aprobación 12/07/2012

1. INTRODUCCIÓN

En 1986, la ley de Ordenación de la Cartografía dictaminó que sería competencia de la Administración del Estado [LEY01] y posteriormente en 2007 en un real decreto por el que se regula el Sistema Cartográfico Nacional [LEY02] a través del Instituto Hidrográfico de la Marina (IHM), la formación y conservación de la cartografía náutica básica española.

El IHM, dependiente de la Armada Española, tiene encomendada por Instrucción del Almirante de la Flota [IPE01] entre sus misiones principales:

- Generar, mantener y distribuir la cartografía náutica nacional, la información geográfica, oceanográfica y medioambiental necesaria para las actividades navales y aquella otra información que se determine como consecuencia de las responsabilidades nacionales y de los convenios internacionales
- Representar al Estado en la Organización Hidrográfica Internacional (IHO) y a la Armada en la Organización Marítima Internacional (OMI) como todos aquellos Organismos de la Administración que tengan competencias en el ámbito marítimo, así como coordinar las de los mandos bajo su dependencia
- La actualización de cartas y publicaciones náuticas, mediante avisos a los navegantes

Entre los medios de los que dispone el IHM para desempeñar estos cometidos se encuentra el propio centro, situado en Cádiz, donde se encuentra gran parte del personal dividido en secciones técnicas y de apoyo, unidades desplegables. Entre estas últimas se encuentran [URL01]:

- Dos buques clase «Malaspina»
- Dos buques clase «Antares»
- Dos lanchas hidrográficas transportables

Con estas unidades desplegables (Figura 1) se realizan comisiones hidrográficas a lo largo de todo el litoral español para la adquisición de datos (batimetrías, mareas, corrientes,...) que permiten la actualización de la cartografía náutica y las publicaciones de ella derivadas.

Todos los datos adquiridos son importantes, pero en la presente comunicación se centrará en los datos de mareas y su procesado, ya que de estas observaciones se derivará el cálculo de la referencia vertical de la cartografía náutica.

2. DATOS DE MAREAS

Como se ha dicho, la adquisición de series de datos de la variación del nivel del mar durante las comisiones

hidrográficas tiene una elevada importancia debido a que con ellos se realizan las siguientes acciones:



Buque clase «Malaspina»
1090Tn, eslora 58 m, manga 18 m

Buque clase «Antares»
360Tn, eslora 38 m, manga 8 m

Lancha Hidrográfica Transportable
10 Tn, eslora 12 m, manga 4 m

Figura 1. Buques Hidrográficos del IHM

- Cálculo de la referencia vertical (Cero Hidrográfico)
- Reducción de los datos batimétricos a dicha referencia vertical
- Predicción del comportamiento de la marea

Para poder realizar estas tareas lo primero es la obtención de la serie de datos. Esto se realiza a través de estaciones mareográficas en las zonas de trabajo.

2.1 Tipos de estaciones de marea

En la actualidad España cuenta con una de las mejores redes de mareógrafos permanentes del mundo. En total la red dispone de más de 50 estaciones permanentes con transmisión de datos en tiempo real distribuidas de forma muy homogénea a lo largo de todo el litoral español. De estas estaciones, más del 70% están dotadas de un sensor radar de alta precisión. Hay series temporales de considerable duración (las primeras comienzan en los años 40). Esta red pertenece a diferentes organismos estatales entre los que se encuentran Puertos del Estado (PdE) (Figura 3), el Instituto Español Oceanográfico (IEO) (Figura 4) y el Instituto Geográfico Nacional (IGN). Con estos tres organismos, y con más a nivel local, se han establecido acuerdos para el uso conjunto de sus datos por lo que las comisiones hidrográficas que operan en las proximidades de una de estas estaciones pueden acceder a sus datos y hacer uso de ellos para los cometidos antes mencionados.

En caso de no existir estaciones permanentes en la zona de trabajos, o bien porque se tenga que trabajar en una zona en la que el fenómeno de las mareas no es bien reproducido por una estación permanente cercana (como puede ser en desembocaduras de ríos o estuarios), las comisiones hidrográficas instalan sus propias estaciones de mareas (Figura 2).



Figura 2. Establecimiento de una estación de mareas temporal

Por lo tanto, existen dos tipos de estaciones de mareas, las estaciones permanentes y las temporales. Los datos que se obtienen en cada uno de ellas son diferentes puesto que las estaciones permanentes nos permiten tener series de larga duración y las temporales son series de menor duración y espaciadas en el tiempo.

2.2 Nivelación de las estaciones de mareas

La instalación de una estación de mareas va aparejada a la nivelación de su referencia vertical (el cero del sensor

instalado) con referencias terrestres. Se instalan 3 señales o hitos de los que se elige a uno de ellos como el hito principal o *Bench Mark (BM)* de la estación. La nivelación de estas señales con el cero del sensor del mareógrafo se realiza por el procedimiento de doble caminamiento cerrado con comprobación de radiales. Con esta nivelación obtenemos la distancia vertical desde cada una de las referencias o hitos al origen de las medidas de alturas de mareas.

En el caso de usar una estación mareográfica de la red permanente, éstas suelen tener su referencia principal (BM) en las proximidades de la instalación por lo que la comisión hidrográfica lo que hace es añadir algún hito, caso de que sea necesario, y realizar una nivelación de estas referencias.

El resultado final de estas nivelaciones queda plasmado en un documento interno del IHM (Figura 6), la reseña de estación de mareas (REM), donde se describe la instalación y sus referencias terrestres, así como las distancias verticales entre cada una de las reseñas y el cero del sensor instalado.

2.3 Análisis de los datos

Estos datos se someten a un control de calidad para corregir errores como pueden ser:

- Derivas horarias
- Huecos sin datos
- Movimientos verticales del sensor

Una vez la serie de datos está comprobada se le realiza un análisis armónico. Este análisis consiste en un ajuste por mínimos cuadrados de la serie a la expresión:

$$\eta(t) = a_0 + \sum_{n=1}^k a_n \cos(\omega_n t + \alpha_n)$$



Figura 3. Red de Mareógrafos Permanentes de Puertos del Estado [URL02]



Figura 4. Red de Mareógrafos Permanentes del IEO [URL03]

Es importante destacar que la predicción de mareas que se realiza con este método es lo que se denomina marea astronómica. Existen variaciones del nivel del mar provocados por condiciones meteorológicas, cuyas frecuencias no coinciden con las frecuencias de las componentes armónicas consideradas, que este método no predice. A esta variación se la conoce como marea meteorológica

donde a_0 representa el nivel medio del mar respecto a la referencia establecida. Los valores a_n y α_n son las amplitudes y fases de las k componentes armónicas consideradas y ω_n sus frecuencias angulares. A partir de la colección de componentes armónicas se puede realizar una predicción del comportamiento de la marea en dicha ubicación. La precisión de la predicción dependerá de la longitud de la serie temporal de datos analizada para poder describir los efectos que influyen en la marea como son las diferentes geometrías del sistema Tierra-Sol-Luna, la fricción con el fondo, la rotación de la Tierra (fuerza de Coriolis), algunos efectos meteorológicos periódicos y las formas y profundidades de las cuencas oceánicas y los mares. Para estos cálculos se utiliza un software de desarrollo propio basado en el algoritmo de Foreman [FOR01].

Esta diferencia en la precisión de la predicción, y que depende de la duración de la serie de los datos obtenida, hace que la ubicación de las estaciones de mareas se clasifiquen en:

- **Puerto principal.** Cuando la duración de la serie es mayor a un año.
- **Puerto secundario.** Cuando la duración de la serie es inferior a un año pero en ningún caso inferior a un mes.

Según esta clasificación, los puertos donde existe una estación permanente son considerados puertos principales y en la mayoría de los casos, los puertos con estaciones temporales son considerados puertos secundarios.

Es importante destacar que la predicción de mareas que se realiza con este método es lo que se denomina marea astronómica. Existen variaciones del nivel del

mar provocados por condiciones meteorológicas, cuyas frecuencias no coinciden con las frecuencias de las componentes armónicas consideradas, que este método no predice. A esta variación se la conoce como marea meteorológica. Debido a ello, pueden existir diferencias entre los valores de la marea astronómica prevista y la marea realmente observada. Entre estos efectos se incluyen, fundamentalmente, la acción prolongada de vientos fuertes y las variaciones de la presión atmosférica. Un viento fuerte soplando de forma prolongada contra la costa puede causar un apilamiento de la masa de agua con el consiguiente aumento del nivel del mar. Con una presión atmosférica superior a la normal (establecida en 1013 milibares), los niveles del mar serán más bajos que los previstos y viceversa.

3. EL CERO HIDROGRÁFICO

La Organización Hidrográfica Internacional (OHI) recomienda en su resolución 3/1919 el uso del LAT (*Lowest Astronomical Tide*) como referencia vertical de la cartografía náutica en zonas con apreciable rango de mareas (mayor de 30 centímetros). Se define el LAT como la menor bajamar que puede ser predicha en condiciones meteorológicas medias y bajo cualquier combinación de condiciones astronómicas. Para obtener este valor la OHI recomienda efectuar una predicción de 19 años con las constantes armónicas obtenidas de series de al menos un año de duración.

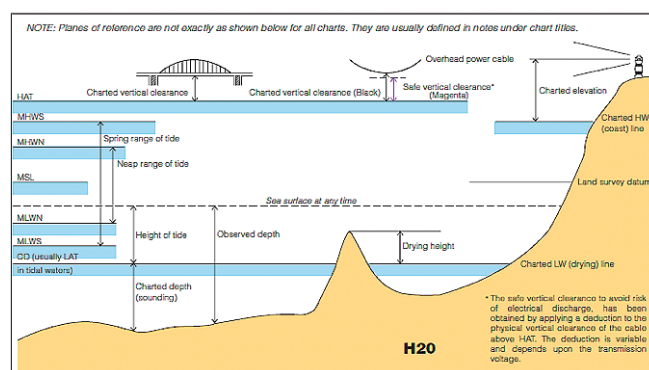


Figura 5. Referencias verticales en la cartografía náutica. [PUB01]

Este es el método empleado en el IHM para el cálculo del Cero Hidrográfico (CH) o *Chart Datum* (CD, Figura 6) de su cartografía. El mínimo de 19 años se debe a que el sistema Tierra, Sol y Luna tarda 18,6 años (ciclo nodal) en adoptar todas las combinaciones posibles. Por su definición, esta referencia depende de la elección de:

- La serie temporal de los datos para realizar el análisis armónico

- El periodo de 19 años para realizar la predicción de mareas a partir de una colección de armónicos

En el IHM todos los Ceros Hidrográficos se calculan realizando una predicción para el periodo que abarca desde 1990 hasta 2009. La elección de la serie temporal es motivo de controversia puesto que se puede calcular un CH por cada serie de datos disponible. Si esto fuese así, la referencia vertical de la cartografía no sería una referencia estable. Para evitar esto, a pesar de que el CH está en constante revisión, sólo existe uno que es el que está en vigor y por ello se le suele acompañar de una cifra, que se corresponde con el año de entrada en vigor de dicho cero y se completa con la información de la serie de datos que originó la colección de armónicos usadas para la predicción de los 19 años de mareas.

Puede darse el caso de que en un mismo puerto estén instaladas más de una estación mareográfica. Existen puertos españoles en los que tanto el IEO como PdE tienen mareógrafos e incluso puertos en los que PdE tiene más de una estación. En estos casos, al objeto de unificar la referencia vertical se calculan los Ceros Hidrográficos de cada una de dichas ubicaciones con el objeto de realizar una comparación de las características de las ondas de mareas registradas por cada estación. Normalmente los resultados de estos estudios muestran una coherencia en los resultados obtenidos y el CH elegido (normalmente el del mareógrafo con una serie temporal de mayor duración) se traslada a cada una de las estaciones mediante una transferencia de referencias a través de medidas simultáneas del nivel del mar.

En los casos de las estaciones de mareas temporales con series de nivel del mar inferiores a un año, para el cálculo del CH se suele recurrir a las estaciones de puertos principales próximos. En primer lugar se comparan los registros simultáneos del mareógrafo del puerto secundario con los de los puertos principales adyacentes buscando cual de

En los casos de las estaciones de mareas temporales con series de nivel del mar inferiores a un año, para el cálculo del CH se suele recurrir a las estaciones de puertos principales próximos. En primer lugar se comparan los registros simultáneos del mareógrafo del puerto secundario con los de los puertos principales adyacentes buscando cual de éstos tiene la onda de marea con mayor similitud a la del puerto secundario

éstos tiene la onda de marea con mayor similitud a la del puerto secundario. Posteriormente, mediante el estudio más profundo de los datos simultáneos de ambas estaciones se puede establecer una diferencia del nivel medio en ambas ubicaciones y finalmente se puede realizar una transferencia a través de dicho nivel medio y la inferencia de constituyentes armónicas desde el puerto principal.

Una vez establecido el CH en un puerto, éste será el nivel usado como referencia vertical de la cartografía náutica y ello conlleva a que también sea usado como referencia a partir de la cual se realizan las predicciones de mareas para dicho puerto en el Anuario de Mareas publicado por el IHM. Este hecho cobra vital importancia puesto que no todos los países utilizan el LAT como CH. Por ejemplo, en Estados Unidos se utiliza como *Chart Datum* el *Mean Lower Low Water* (MLLW). Esta referencia se

| LUGAR | LAT. | LONG. | ALTURAS EN METROS SOBRE EL CERO HIDROGRAFICO | | | | | | |
|-------|--|-------|--|------|------|------|------|------|------|
| | | | PMMA | PMVM | PMMM | NM | BMMM | BMVM | BMMI |
| GIJON | 43 | 5 | HAT | MHWS | MHWN | MSL | MLWN | MLWS | LAT |
| | 33 | 41 | 4.85 | 4.43 | 3.21 | 2.47 | 1.70 | 0.50 | 0 |
| | PMMA PLEAMAR MAXIMA PMVM PLEAMAR VIVA MEDIA PMMM PLEAMAR MUERTA MEDIA NN NIVEL MEDIO (Z0) BMMM BAJAMAR MUERTA MEDIA BMVM BAJAMAR VIVA MEDIA BMMI BAJAMAR MINIMA | | | | | | | | |

TABLA 1. Ejemplo de Tabla de diferencias de verticales publicadas en las Cartas Náuticas españolas

obtiene como la media de las mayores bajamares diarias y su resultado difiere del LAT. Por lo tanto, si usamos el datum de Estados Unidos sobre la cartografía española hay que conocer la diferencia entre estas dos referencias. Para ello, la OHI recomienda que en cada carta náutica se incluya una leyenda con la diferencia entre las principales referencias verticales obtenidas a partir de las mareas. Por lo tanto, no sólo hay que saber donde se encuentra la referencia vertical de la cartografía náutica, sino que también se debe conocer el método empleado para su cálculo. En la Tabla 1 se puede encontrar un ejemplo de tabla de diferencias de verticales publicadas en las Cartas Náuticas españolas.

4. OTRAS REFERENCIAS VERTICALES

En las zonas costeras se emplean, además del Cero Hidrográfico, otras referencias verticales. Se describen a continuación algunas de ellas.

4.1 Cero del Puerto

Esta referencia es normalmente confundida con el Cero Hidrográfico. El Cero del Puerto es la referencia usada en un puerto por los usuarios de dicho puerto como cota de referencia local. No tiene un método de cálculo ni una definición general ya que esta referencia en la mayoría de las ocasiones suele ser una referencia histórica del puerto. Suele estar referida a una señal local y su origen se debe, en la mayoría de los casos, a la cota cero del mareógrafo del puerto. Suele ser la referencia en los trabajos de las Autoridades Portuarias y a ellos hay que dirigirse para conocer en profundidad su origen y posible relación con el resto de referencias.

4.2 Nivel Medio del Mar local

El Nivel Medio del Mar en un punto prefijado es habitualmente usado por las redes planimétricas verticales como cota de referencia. En España, esta red fue establecida por el Instituto Geográfico Nacional y en la actualidad es el encargado de su mantenimiento. Para la Península se estableció el Nivel Medio del Mar en Alicante como referencia cero de la red de nivelación. Para la obtención de este dato se utilizó una serie de datos de mareas del mareógrafo instalado en el puerto de dicha localidad durante la década 1870-1880. Esta referencia es transferida a toda la península mediante la Red de Nivelación de Alta Precisión (red NAP) y es la referencia vertical de la cartografía terrestre en la península. En las islas españolas, la cota de referencia de la red planimétrica vertical se establece a partir del Nivel Medio

del Mar local, tomado éste a partir de una serie temporal de un mareógrafo permanente situado en un puerto de la isla. Por ejemplo, las altitudes en la isla de Tenerife están referidas al Nivel Medio del Mar en Tenerife calculado a partir de los datos de un mareógrafo instalado en el puerto de Santa Cruz de Tenerife.

Cuando en las proximidades de una estación mareográfica existe una señal de la red NAP se procura realizar una nivelación de alta precisión entre dicha señal y alguna de las referencias terrestres del mareógrafo. De esta forma se puede conocer la diferencia entre el cero del mareógrafo y el NMMA (en la península, en las islas sería el NMM local). Si en dicha estación de mareas se ha calculado el Cero Hidrográfico se puede determinar la diferencia entre las referencias verticales de la cartografía terrestre y la cartografía náutica.

4.3 Altura elipsoidal

Cuando se traslada el problema de las cotas verticales a un sistema de referencia global aparece la altura elipsoidal. El sistema de referencia global más comúnmente usado es el sistema ITRS (*International Terrestrial Reference System*), ya que es utilizado tanto por las estaciones de control como por los usuarios del sistema de posicionamiento global GPS. Mediante observaciones GPS podemos establecer las coordenadas de una ubicación en este sistema de referencia. Dentro de las coordenadas obtenidas, la correspondiente al eje vertical es la altura elipsoidal de dicha ubicación. La precisión de esta medición dependerá en gran medida del método y sistema usado en la observación GPS. El punto

Cuando en las proximidades de una estación mareográfica existe una señal de la red NAP se procura realizar una nivelación de alta precisión entre dicha señal y alguna de las referencias terrestres del mareógrafo. De esta forma se puede conocer la diferencia entre el cero del mareógrafo y el NMMA (en la península, en las islas sería el NMM local). Si en dicha estación de mareas se ha calculado el Cero Hidrográfico se puede determinar la diferencia entre las referencias verticales de la cartografía terrestre y la cartografía náutica

de partida óptimo sería el contar con una estación permanente de observación GPS perteneciente a una red. En España existe la red de estaciones permanentes GNSS (*Global Navigation Satellite System*), coordinada por el área de Geodesia del IGN. En este caso la altura elipsoidal del punto observado tendría la mayor exactitud posible. Métodos alternativos de obtención de altura elipsoidal de un punto, y por lo tanto de menor exactitud, serían las observaciones temporales con GPS geodésico.

Si se dispone de la altura elipsoidal de una de las referencias terrestres del Cero Hidrográfico se puede referir esta cota al elipsoide.

5. COORDINACIÓN ENTRE ORGANISMOS

Debido a que en España existen varios organismos involucrados en la observación de mareas a través de sus estaciones mareográficas, y cada una de estas redes está diseñada para un cometido diferente, es necesario coordinar las acciones llevadas por cada organismo para que las series de datos sean válidas en todos los campos de aplicación. Uno de los objetivos de esta coordinación es el monitorizar la influencia de los movimientos terrestres en las medidas del nivel del mar. En tiempos en los que se está estudiando en profundidad el cambio climático basándose, entre otros aspectos, en estudios del nivel del mar y su variación, el filtrar convenientemente la señal de esta variación de posibles interferencias como puede ser el movimiento de la corteza terrestre, adquiere vital importancia. Por este motivo, entre el IHM, PdE, IEO e IGN se ha llegado al compromiso de llevar a cabo las siguientes acciones:

- Se efectuarán nivelaciones de alta precisión cada no más de 5 años
- Se efectuarán medidas para referenciación al sistema de referencia global con GPS permanentes o GPS geodésicos temporales
- Se publicarán todas las cotas de referencia, incluyendo la fecha de actualización y los datos usados para su materialización

Por parte del IHM se han ido incluyendo los resultados de estos trabajos coordinados en su Anuario de Mareas, dentro de la descripción de cada estación mareográfica. Además de esta fuente de información se está preparando una WEB para que estos datos puedan ser consultados a través de internet. Asimismo se podrán consultar las reseñas de las estaciones de mareas (REM) de instalaciones temporales que el IHM ha ido desplegando a lo largo de todo el litoral español a través de sus comisiones hidrográ-

Cuando en las proximidades de una estación mareográfica existe una señal de la red NAP se procura realizar una nivelación de alta precisión entre dicha señal y alguna de las referencias terrestres del mareógrafo. De esta forma se puede conocer la diferencia entre el cero del mareógrafo y el NMMA (en la península, en las islas sería el NMM local). Si en dicha estación de mareas se ha calculado el Cero Hidrográfico se puede determinar la diferencia entre las referencias verticales de la cartografía terrestre y la cartografía náutica

ficas. Estos datos pueden resultar de gran interés puesto que contienen, tanto información del Cero Hidrográfico de cada estación, como de sus referencias terrestres.

6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

En este artículo se han descrito los cometidos del IHM en relación a la cartografía náutica, centrándose en lo relacionado a su referencia vertical, el Cero Hidrográfico. Se han detallado los diferentes orígenes de las series temporales de niveles de mareas con los que se trabaja y el procedimiento empleado para el cálculo del Cero Hidrográfico. Se ha realizado una somera explicación de otras referencias verticales que se pueden encontrar en zonas costeras para finalmente destacar las acciones que se están llevando a cabo en el IHM y otros centros encaminadas a mejorar la coordinación y aunar esfuerzos a la hora de realizar trabajos en estas zonas.

En un mundo de globalización generalizada en todos los campos, la diseminación de la información y la coordinación de esfuerzos entre diferentes instituciones resulta vital. Cuando se realizan trabajos topográficos de campo, el disponer previamente de todos los datos existentes de la zona permite un planeamiento eficaz con el que obtener resultados que pueden servir a diferentes instituciones.

Cuando se utiliza la cartografía náutica para trabajos topográficos tiene una gran importancia el perfecto cono-

Dentro de este acto de apertura a la información de la cartografía náutica se invita a la comunidad topográfica a intervenir en la retroalimentación de este ciclo aportando datos de nivelación y observaciones GPS en las estaciones mareográficas

cimiento de su referencia vertical, su método de cálculo, los datos utilizados para ello y su periodo de validez.

Durante mucho tiempo la cartografía náutica y sus particularidades han sido unas grandes desconocidas y se han realizado trabajos costeros con precariedad de información al respecto. En la actualidad los medios de intercambio de información permiten que ésta, que hasta hace poco era difícil de distribuir, llegue hasta cualquier ordenador conectado a internet. Es necesario utilizar de la mejor manera posible esta ventaja para permitir que los trabajos que se realicen por parte de cualquier institución sean provechosos para el resto de la comunidad.

Dentro de este acto de apertura a la información de la cartografía náutica se invita a la comunidad topográfica a intervenir en la retroalimentación de este ciclo aportando datos de nivelación y observaciones GPS en las estaciones mareográficas como las que se están llevando a cabo por los organismos mencionados en los puntos anteriores.

REFERENCIAS

- [FOR01] Foreman, M.G.G., 1977. Manual for Tidal Heights Analysis and Prediction).
- [LEY01] Ley 7/1986, de 24 de enero, de Ordenación de la Cartografía, regula la producción cartográfica del Estado
- [LEY02] Real Decreto 1545/2007, de 23 de noviembre, por el que se regula el Sistema Cartográfico Nacional.
- [IPE01] Instrucción del Almirante de la Flota núm. 1/09 de 14 de diciembre de 2009.
- [PUB01] Regulations of the IHO for International charts and Chart Specifications of the IHO (M-4)
- [URL01] http://www.armada.mde.es/ArmadaPortal/page/Portal/ArmadaEspañola/ciencia_ihm_1/
- [URL 02] http://www.puertos.es/oceanografia_y_meteorologia/redes_de_medida/index.html
- [URL03] <http://indamar.ieo.es>

Sobre los autores

Juan Antonio Rengel Ortega

Oficial de la Armada por la Escuela Naval Militar, Capitán de Fragata, Especialista en Hidrografía por la Escuela de Hidrografía de la Armada. Fue comandante del patrullero Dragonera, y del buque hidrógrafo Castor. Diplomado como Ingeniero Hidrógrafo por la Armada. Ha efectuado un Master en Oceanología en la UCA. Desde el año 2005 pertenece al grupo de trabajo científico-técnico español para la Ampliación de la Plataforma Continental Española. Actualmente está al frente de la sección de oceanografía del IHM y profesor de número de la Escuela de Hidrografía.

José Manuel Quijano de Benito

Oficial de la Armada por la Escuela Naval Militar, Capitán de Fragata, Especialista en Hidrografía por la Escuela de Hidrografía de la Armada. Ingeniero Hidrógrafo, Jefe de Oceanografía del IHM (2007-2011) y actualmente del Jefe del Departamento de Instrucción y Adiestramiento Escuela de Hidrografía «Alejandro Malaspina».

Salvador Moreno Soba

Oficial del Cuerpo General de la Armada destinado en la sección de Oceanografía a cargo del departamento de Mareas. Especialista en Hidrografía con reconocimiento nivel A de la IHO por la Escuela de Hidrografía de la Armada. Diplomado como Ingeniero Hidrógrafo. Master en Gestión Integrada en Zonas Costeras por la E.T.S. de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos de la Universidad de Cantabria. Fue Comandante del Buque Hidrográfico Castor. Representante Nacional en el Tides and Water Level Working Group (TWLWG) de la IHO.

Alberto Fernández Ros

Doctor por la Universidad de Cádiz, Licenciado en Ciencias Matemáticas, especialidad de Astronomía y Geodesia, por la Universidad Complutense de Madrid (UCM). Oficial de la Armada destinado en la Sección de Cartografía del Instituto Hidrográfico de la Marina, participa en GT-IDEE. Ejerce como profesor de número de la Escuela de Hidrografía donde ha impartido docencia en las asignaturas de Matemáticas, Estadística y Teoría de Errores, Geodesia y Topografía, y Cartografía. Es profesor asociado, adscrito al Departamento de Matemáticas, de la Universidad de Cádiz.

Aplicación de técnicas de fotogrametría digital en el trazado de una línea de transmisión eléctrica

REVISTA **MAPPING**
Vol. 22, 158, 50-56
marzo-abril 2013
ISSN: 1.131-9.100

Ricardo Antequera Regalado¹
Pilar Andrinal García²

Resumen

En la definición del trazado de una línea de transmisión eléctrica se tienen en cuenta diferentes factores, medioambientales, topográficos, geomorfológicos, catastrales. Es necesario realizar una serie de estudios previos, para lo que es importante el disponer de una buena base cartográfica.

Como fuente fundamental de información se utiliza la ortofotografía aérea, gracias a su sencillez de generación y a su alto valor cartográfico, ya que además de ser un producto métrico nos aporta la información gráfica proporcionada por las fotografías aéreas. Actualmente, para la obtención de la base cartográfica necesaria en los proyectos de líneas de transmisión eléctrica se utilizan técnicas fotogramétricas en la que se combina el uso de cámaras digitales aéreas y sensores LIDAR.

Abstract

In electrical power line layout definition several components is taking into consideration: environmental, topographical, geomorphologic, cadastrals. Many previous studies are required, and it's really significant to have a reliable cartographic base.

The main source information source used is the aerial orthophotography, due to its easy generation and its high cartographical value, because it is a metrical product which also provides us with some graphic information given by aerial photographs.

Nowadays, photogrammetric techniques which combine the use of aerial digital cameras and LIDAR sensors are required in the development of electrical transmission lines projects.

Palabras clave: cámara digital aérea, LIDAR, líneas de transmisión eléctrica, modelo digital de superficie, ortofotografías, perfil longitudinal, catastro.

Key words: aerial digital camera, LIDAR, electrical transmission lines, digital surface model, orthophotography, longitudinal profile, cadaster.

(1) *Altais S.L, Director Gerente.*
r.antequera@altais-sl.com

(2) *Altais S.L, Dpto. Fotogrametría Digital*
p.andrinal@altais-sl.com

Recepción 15/06/2012
Aprobación 21/08/2012

1. INTRODUCCIÓN

El diseño del trazado de una línea de transmisión eléctrica implica la realización de un cuidadoso estudio que afecta a múltiples disciplinas. Entre otras, hay que tener en cuenta la normativa ambiental vigente, la manera en que va a afectar a las propiedades particulares, las características geomorfológicas del terreno, que condicionará el tipo de estructuras a utilizar y la topografía del terreno, de modo que se optimice la solución adoptada desde el punto de vista económico y técnico.

Es fundamental la toma de datos topográficos en un área de afección determinada a ambos lados del eje, el uso de las nuevas tecnologías, fotogrametría y LIDAR, hace más rápida y eficiente la obtención de estos datos.

Con las imágenes digitales correctamente orientadas y el modelo digital del terreno, obtenido tras el filtrado de los datos LIDAR, se realizará la ortofotografía de todo el trazado, que servirá de base para el diseño del trazado de la línea y la representación del catastro de la zona afectada por la futura línea de transmisión. Por otro lado, a partir del modelo digital del terreno y el modelo digital de superficie obtendremos los perfiles longitudinales que nos aportarán información sobre la altura que tienen que tener las torres eléctricas, para estar por encima de la vegetación.

En este artículo se presenta como ejemplo un proyecto de definición del trazado de una línea de transmisión eléctrica en la Amazonía brasileña, en los estados de Pará y Amapá, utilizando como cartografía base una ortofotografía, lo que nos lleva a la captura de fotografías aéreas y del modelo digital de elevaciones. El anteproyecto de dicho trazado atraviesa el Río Amazonas, y alguno de sus afluentes, como el Río Jari, Parú, etc. Nos encontramos en una zona donde predominan grandes masas de agua y bosques con árboles de gran altura, con mucha masa arbórea en su parte alta y desnudos en su parte baja, lo que dificulta la obtención de un modelo digital de elevaciones que defina de forma precisa el terreno. Para resolver esta problemática se planteó la metodología de vuelo fotogramétrico combinado con LIDAR.

2. FASES A REALIZAR PARA EL DISEÑO DEL TRAZADO DE UNA LINEA ELECTRICA

El flujo de trabajo habitual consta de las siguientes fases:

- Realización de vuelo combinado con cámara digital y LIDAR

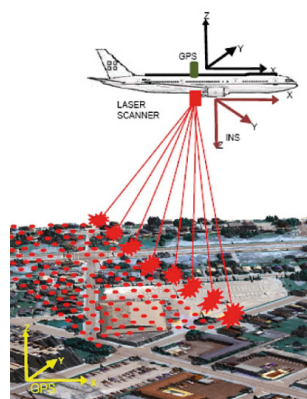
- Implantación de la Red de Bases y puntos de control
- Aerotriangulación de las imágenes aéreas
- Clasificación de los datos LIDAR
- Generación de ortofotos digitales
- Generación del perfil longitudinal
- Generación del catastro en la zona de afección de la línea. Estudio de expropiaciones

2.1 Vuelo fotogramétrico y captura de datos LIDAR

Conocido el área de interés en el que se va a definir el trazado de la futura línea eléctrica, se realiza un vuelo combinado con cámara digital y LIDAR, de un área aproximada de 400 metros a cada lado del eje, tomando simultáneamente imágenes y nube de puntos de la superficie volada.

A partir de la topografía de la zona, y teniendo en cuenta las características de los productos que se quieren obtener, tamaño de píxel de la ortofoto, paso de malla de la nube de puntos, se realiza la planificación de vuelo, para que tanto las imágenes como los datos LIDAR cumplan los requisitos necesarios para la obtención de un trabajo de calidad [JIE09]. La toma de datos se realiza siguiendo la trayectoria descrita en este plan de vuelo.

El vuelo se realiza con sistema inercial INSS/GPS, por lo que es necesario establecer una estación GPS de referencia en tierra, para de esta forma poder calcular por diferencial GPS (DGPS) y a través del sistema inercial (IMU) los parámetros de orientación exterior de cada imagen y las coordenadas de los puntos capturados con el LIDAR (Figura 1).



Tomada de [LOH08]

Figura 1. Toma de datos LIDAR

2.2 Implantación de la red geodésica y puntos de control

A lo largo del trazado de la línea eléctrica se materializa una red de bases topográficas, situando una base cada 30 Km.

Por otro lado, desde las bases establecidas cada 30 km, se toman puntos de control, que van a servir como base en la aerotriangulación, proceso en el que se ajustan los parámetros de orientación exterior de las imágenes aéreas. Los trabajos se realizan mediante observaciones GPS y su posterior procesado y ajuste.

2.3 Aerotriangulación de las imágenes aéreas

Una vez definido el bloque de imágenes a aerotriangular y los parámetros del proyecto, precisiones, ficheros de cámara, puntos de control, parámetros de orientación de los centros de proyección, procedentes del sistema INSS/GPS, se realiza la medida manual de los puntos de control en todas las imágenes en las que aparecen y la medida automática de los puntos de enlace, comprobando que el enlace entre modelos y pasadas sea adecuado (Figura 2).

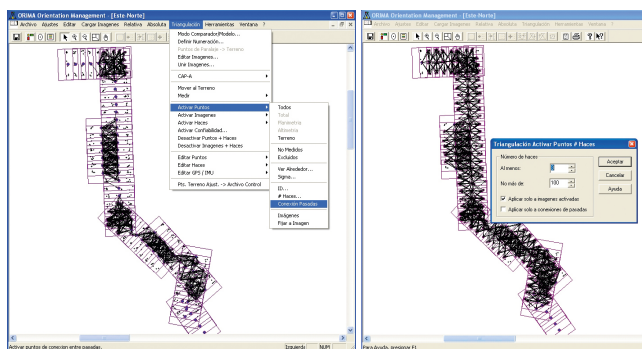


Figura 2. Enlace entre modelos y pasadas

El cálculo se realiza mediante un ajuste combinado de observaciones fotogramétricas de haces de rayos y parámetros adicionales, que permite introducir observaciones GPS/INS, parámetros de autocalibración convencionales de la cámara y de los distintos componentes del sistema, y que tiene en cuenta consideraciones geodésicas, de manera que se define un modelo matemático riguroso de orientaciones que es empleado en las siguientes fases de trabajo.

2.4 Clasificación de los datos LIDAR para obtener el modelo digital del terreno

En esta fase del proyecto, partiendo de los datos LIDAR se realiza el postproceso de los mismos para obtener los modelos digitales de elevaciones de toda la franja de vuelo.

En primer lugar se realiza una clasificación automática de los datos brutos LIDAR y posteriormente se lleva a cabo un control de calidad y edición manual de los ficheros LAS clasificados. Como resultado se obtiene el modelo digital del terreno de toda la franja volada, con el que se realizan posteriormente las ortofotografías so-

bre las que poder digitalizar el trazado definitivo de la línea eléctrica.

Para realizar la clasificación de la nube de puntos LIDAR se define una macro de clasificación. Teniendo en cuenta el tipo de terreno se especifican determinados parámetros que clasifican los puntos en terreno, vegetación, edificaciones, etc. (Figura 3).

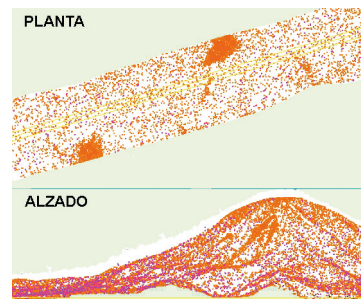


Figura 3. Clasificación de los datos LIDAR.

Los puntos situados sobre el terreno son los que constituyen el modelo digital del terreno con el que se generan las ortofotos digitales.

2.5 Generación de las ortofotos digitales

La ortofotografía aérea constituye una base cartográfica fundamental para la definición del trazado de una línea de transmisión eléctrica.

Una ortofoto digital es una imagen aérea digital transformada que representa, en proyección ortogonal, la escena fotografiada. La transformación de una fotografía aérea en ortoimagen supone el paso de una proyección en perspectiva a una ortogonal. Este proceso se denomina rectificación diferencial u Ortorectificación, y consiste en eliminar el desplazamiento de la imagen producida por la inclinación de la cámara en el momento de la toma y por el efecto orográfico.

Se distinguen tres fases diferenciadas:

- Ortorectificación de las fotografías aéreas
- Mosaicado de las ortofotografías
- Corte final según una distribución de hojas definida a lo largo del trazado de la línea de transmisión eléctrica

2.6 Definición del trazado de la línea de transmisión eléctrica

Sobre las ortofotografías generadas en la fase anterior, y junto con la dirección técnica, se define el trazado definitivo de la línea de transmisión eléctrica. De esta forma se puede ver la zona afectada por el proyecto antes de realizar la obra, y variar el trazado, si fuese necesario (Figura 4).

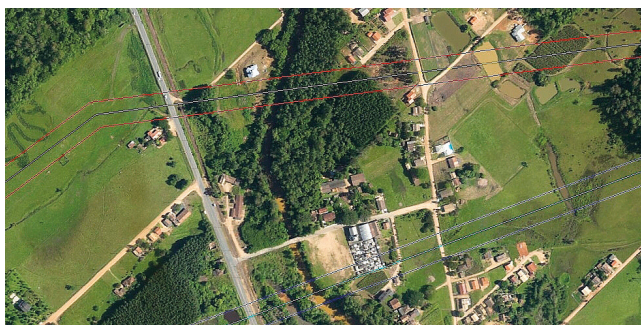


Figura 4. Detalle del trazado de la línea

2.7 Clasificación manual de los puntos de la zona de servidumbre en torno al eje del trazado definitivo. Exportación al formato PLS-CAD

Una vez materializado el eje del trazado de la línea, se considera zona de servidumbre, franja de alrededor de 70 m (35 m a cada lado del eje), y sobre esta zona se realiza una clasificación manual de la nube de puntos obtenida por LIDAR, utilizando como base cartográfica las ortofotografías de 0.2 m de GSD obtenidas en la fase anterior.

Los puntos se clasifican en puntos terreno, distintos tipo de vegetación, construcciones, etc., según las clases definidas. En la Figura 5, los puntos que aparecen en verde están en la clase «masa de árboles», mientras que los puntos naranjas se encuentran clasificados como «puntos terreno».

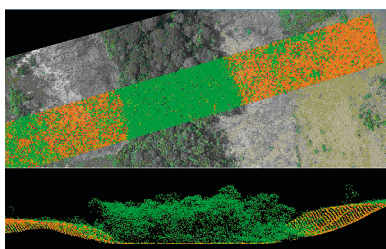


Figura 5. Clasificación manual

Una vez finalizada la clasificación y edición manual, se introducen los puntos característicos: vértices, postes, torres existentes, etc. A continuación mediante una herramienta de desarrollo propio, se exportan los puntos clasificados al formato PLS-CADD.

En el software PLS-CADD es posible realizar un modelado tridimensional de la línea de transmisión eléctrica y analizar las estructuras a través de los módulos PLS-Tower y PLS-Pole [LIO01].

2.8 Generación del perfil longitudinal

Una vez definido el trazado definitivo de la línea, y su zona de servidumbre, a partir del eje del mismo y los la-

terales de la zona de servidumbre, se generan los perfiles longitudinales del proyecto, para la posterior colocación de los soportes de la línea.

Las escalas de trazado son:

- Escala horizontal: 1:5.000
- Escala vertical: 1:500

Se representa en perfil y en planta toda la información relevante del trazado de la línea, (Figura 6).

- En perfil:
 - Perfil longitudinal del lateral izquierdo
 - Perfil longitudinal del eje
 - Perfil longitudinal del lateral derecho
 - Perfil longitudinal de la vegetación, arbolado, etc (MDS)
 - Localización de los puntos críticos (Ej.: LD 13.8 Kv (H=11.10m))
 - Localización de los vértices
- En planta:
 - Ortofotografía
 - Localización de los vértices
 - Tipo de cultivo
 - Información sobre el catastro, propietarios
 - Líneas existentes que atraviesan la futura línea eléctrica
 - En la cartela: cota del terreno, distancia progresiva, tipo de vegetación, tipo de terreno, municipio, estado, catastro, propietarios

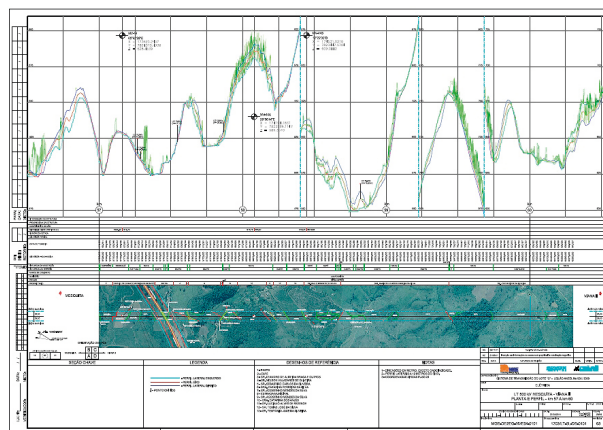


Figura 6. Ejemplo Planta-Perfil longitudinal

En las zonas de cruce del trazado de la futura línea eléctrica con líneas eléctricas existentes (tramos de travesía), se realiza una plano de detalle, en planta y perfil, a una escala horizontal mayor (ej.: H. 1:2.000, V. 1:500.).

2.9 Generación del catastro en la zona de afección de la línea. Estudio de expropiaciones

Partiendo del estudio de trazado y considerando una anchura de unos 100 m a cada lado del eje, se realiza la fase de liberación de la zona de afección de la obra. Para ello se plotea la ortofotografía con la zona de afección representada y se va al área de trabajo. Aquí se lleva a cabo un contacto inicial con los propietarios y se obtiene la documentación existente de las propiedades y reservas legales (reservas ambientales dentro de cada propiedad), mediante visitas a las propiedades y a los registros de la propiedad de cada municipio.

Una vez hecho este primer recorrido, comienza la fase de delimitación de las propiedades sobre las ortofotos, considerando la franja de servidumbre en función de la carga eléctrica de la línea. A la vez son anotados los límites, se recogen informaciones del tipo de terreno, cultivos, construcciones existentes, cursos de agua, reservas de protección ambiental existentes dentro de las propiedades, al igual que los datos legales de la propiedad y el nombre del propietario.

Por último, considerando todas las informaciones levantadas en campo, gráficas y alfanuméricas, y contrastadas con el primer estudio realizado y los datos obtenidos en los registros, se completan las fichas de catastro, una para cada propiedad y en sentido secuencial partiendo de la subestación de salida hasta la subestación de llegada. Todas las fichas catastrales tienen una longitud de 1 km, se realizan a escala 1:2.000, impresas en formato A3. Conteniendo tanto la información gráfica, como la información analítica y medición de las propiedades.

Estas fichas catastrales serán finalmente utilizadas por la empresa encargada de la tramitación de las servidumbres de paso y expropiaciones correspondientes, que serán liquidadas por la concesionaria de la obra.

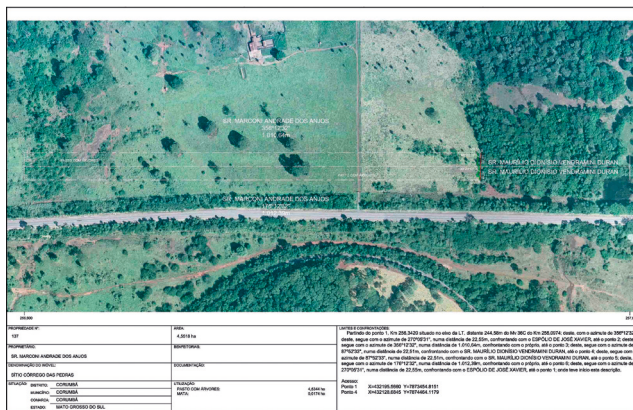


Figura 7. Planta de catastro

3. DEFINICIÓN DEL TRAZADO DE UNA LINEA DE TRANSMISIÓN ELÉCTRICA EN LA AMAZONIA BRASILEÑA

La materialización del presente proyecto se ha llevado a cabo en los estados de Pará y Amapá, atravesando el río Amazonas y varios de sus afluentes, con la problemática que aporta la existencia de grandes masas de árboles y de agua. Para aportar soluciones a los problemas con que nos encontrábamos se pensó en la realización de un vuelo fotogramétrico combinado con LIDAR.

3.1 Área de trabajo

La zona discurre por un corredor dividido en dos tramos de contratación diferenciados y a su vez en cuatro tramos de trabajo, dos por cada bloque de contratación que comprenden un total de 1195.8 Km de trazado paralelo al Río Amazonas. (Figura 8).

- LOTE A:
 - Bloque 1: TUCURUI-XINGU: 264.9 km
 - Bloque 2: XINGU-JURUPARI: 241.3 km
- LOTE B:
 - Bloque 1: JURUPARI-MACAPÁ: 337.1 km
 - Bloque 2: JURUPARI-ORIXIMINA: 352.5 km

3.2 Toma y orientación de las imágenes

La captura de imágenes aéreas se realizó en dos fases sucesivas:

- **Fase A:** se realizó un vuelo inercial con cámara analógica, con una escala aproximada de vuelo de 1:15.000,

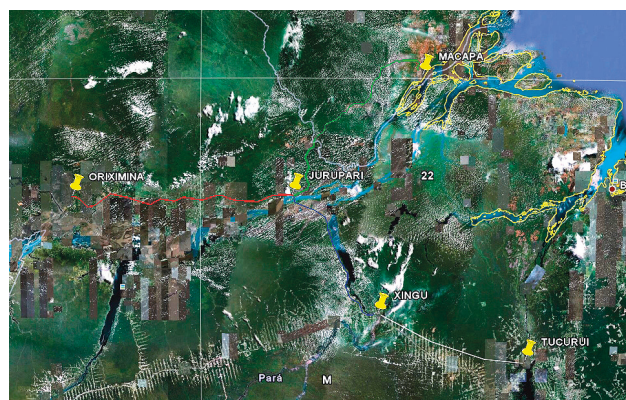


Figura 8. Trazado sobre imagen de Google Earth

La materialización del presente proyecto se ha llevado a cabo en los estados de Pará y Amapá, atravesando el río Amazonas y varios de sus afluentes, con la problemática que aporta la existencia de grandes masas de árboles y de agua. Para aportar soluciones a los problemas con que nos encontrábamos se pensó en la realización de un vuelo fotogramétrico combinado con LIDAR

sobre un trazado teórico, calculado por la empresa pública ANEEL, empresa pública Brasileña de la Energía. Este vuelo tenía la finalidad de establecer un corredor de ortofotografías básicas de 0.5 m GSD, y un MDT obtenido por correlación, sobre un ancho de banda de 3450 m. Con la doble finalidad de que sirviera de anteproyecto para delimitar el trazado definitivo y tener una base cartográfica para poder dar posibilidades de acceso a las diferentes zonas de trabajo, en el momento de la ejecución de la obra.

– **Fase B:** sobre el anteproyecto anteriormente realizado se realizó un vuelo combinado LIDAR + Cámara RCD105 de Leica, con el que se obtiene el definitivo MDT y MDS de árboles, y las imágenes sobre las que se realiza el catastro, para las expropiaciones.

Las especificaciones técnicas iniciales para el vuelo combinado, fueron una altura de vuelo de 700 m, con un FOV de 42°. Se pensó que era la configuración idónea para aumentar la penetrabilidad del haz láser. Posteriormente hubo que hacer variaciones para evitar la continua cobertura nubosa, lo que redujo la altura de vuelo a 550 m.

El sistema de referencia utilizado fue el SIRGAS2000. Se establecieron una serie de bases a lo largo del trazado, que se enlazaron a la RBMC (Red Brasileña de Monitoreo Continuo) del IBGE Brasileño (Instituto Brasileño de Geografía y Estadística). Desde estas bases se tomaron los puntos de control para la aerotriangulación. A través de ésta se depuraron los parámetros de orientación exterior de las imágenes procedentes de los vuelos inerciales.

3.3 Documentación cartográfica base para el proyecto

La documentación cartográfica resultante consistió en:

- MDS de la banda de 3450 m, del vuelo analógico obtenido mediante correlación digital. Que se utilizó para la ortorrectificación diferencial de la banda de captura analógica

- Ortofotografía digital con GSD de 0.5 m, del ancho de banda del vuelo analógico, documento base para el anteproyecto de trazado y proyecto medioambiental
- MDS sobre la cobertura arbórea de 300 m, de banda mediante captura LIDAR paso de malla de 0.7 m. Para proyecto de catenaria de línea eléctrica
- MDT obtenido mediante clasificación automática y edición interactiva de la captura LIDAR, utilizado para el proyecto de ubicación de torres eléctricas y ortorrectificación diferencial de la captura digital mediante RCD105. (Figura 9)
- Ortofotografía obtenida desde el vuelo digital con GSD de 0.1 m, utilizada como base para el proyecto de expropiación y trazado definitivo
- Representación a una escala horizontal 1:5.000 y una escala vertical 1:500 de la planta sobre ortofotografía y el perfil longitudinal del trazado definitivo del proyecto, para la colocación de los soportes de la línea
- Fichas catastrales a escala 1:2.000 con la información gráfica, analítica y medición de las propiedades situadas en el área de afección del trazado

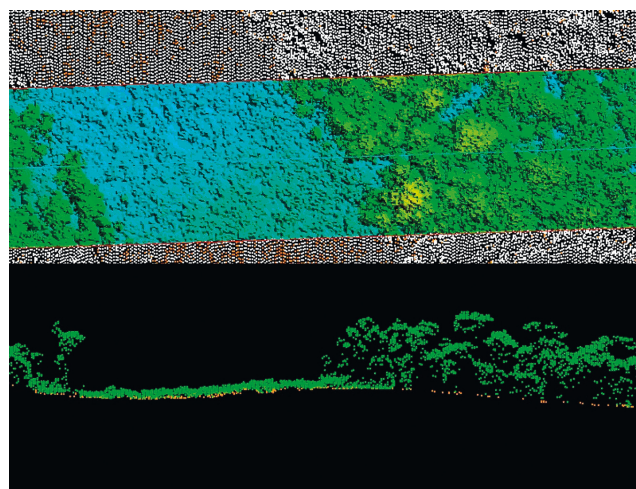


Figura 9. Captura LIDAR y clasificación automática

3.4 Estudio del grado de penetración del LIDAR en la zona de arbolado

Como estudio adicional, paralelo al proyecto que nos ocupa, se ha seleccionado una zona de la traza con gran cantidad de masa arbórea, para realizar el análisis del grado de penetración del LIDAR en este tipo de superficie, y ver así el porcentaje de datos que definen el terreno.

Se ha considerado un área a lo largo del eje de la traza, de 5730 metros de longitud y 60 metros de ancho. Partien-

El sistema de referencia utilizado fue el SIRGAS2000. Se establecieron una serie de bases a lo largo del trazado, que se enlazaron a la RBMC (Red Brasileña de Monitoreo Continuo) del IBGE Brasileño (Instituto Brasileño de Geografía y Estadística)

do de los datos LIDAR sin clasificar, se ha realizado la clasificación automática y la edición manual de los mismos. De esta forma, se han obtenido puntos correspondientes al terreno, puntos de vegetación baja y de masa arbórea.

Se ha analizado el número de puntos correspondientes a cada tipología de la superficie, obteniendo los resultados que se muestran en la Tabla 1. Dónde se observa que el grado de penetración del LIDAR en esta zona de masa arbórea muy espesa es del 9,2 %, considerando los puntos del terreno y los clasificados como vegetación baja.

| TIPOLOGIA | Número de puntos | Porcentaje |
|-----------------|------------------|------------|
| Terreno | 63.616 | 8,6 % |
| Vegetación baja | 4.021 | 0,6 % |
| Masa arbórea | 668.774 | 90,8 % |

Tabla 1. Grado de penetración del LIDAR

4. CONCLUSIONES

Las necesidades de suministro eléctrico en Brasil son muy grandes, históricamente la tecnología utilizada en este tipo de proyectos, básicamente la topografía clásica, hacían inviables la posibilidad de realizar con las debidas garantías proyectos como el que nos ocupa, donde las posibilidades de acceso, son tan limitadas.

Desde que el equipo técnico de Altas S.L., comenzó a trabajar en Brasil (1999), para empresas de capital español con intereses en este país latinoamericano, fue adaptando todas las innovaciones que en el área de Geomática estaban disponibles, para poder facilitar el transporte de energía en el territorio brasileño, objetivo fundamental de su gobierno con el fin de poder desarrollar las áreas más deprimidas.

El mayor impacto tecnológico dentro de estos proyectos ha sido:

- La introducción de la ortofotografía como herramienta de trabajo, que ha dado un valor significativo a los

proyectos de preservación medio ambiental, al poder valorar el impacto de estos proyectos por los técnicos ambientales, sin necesidades de costosísimos trabajos de campo, seleccionado los trazados menos conflictivos para el medio ambiente

- Ésta también llevó un significativo avance a la hora de realizar el catastro de propietarios de las fincas que la línea atravesaba. Su valoración y su negociación en el momento de la expropiación significaron un gran avance desde el punto de vista gubernamental, al poder hacerlo sobre la base cartográfica con gran precisión sin la necesidad de costosos levantamientos taquimétricos que en muchos casos era inviables
- La introducción de los modelos digitales de precisión mediante correlación automática, abría la posibilidad junto a la imagen de poder estudiar los trazados más económicos en soportes y kilómetros de cable, así como el ahorro del personal de campo
- La introducción de la tecnología LIDAR, con la penetración en las abundantes masas de bosque, posibilita la toma de datos en áreas de difícil acceso, así como evita la necesidad de picadas o desbroce de áreas para los trabajos de topografía

REFERENCIAS

- [ASP04] American Society of Photogrammetry «*Manual of Photogrammetry*», Fifth Edition, ASPRS, 2004.
- [JIE09] Jie Sha and Charles K. Toth, «*Topographic laser ranging and scanning, Principles and Processing*», CRC Press, 2009.
- [LOH08] Bharat Lohani. «*Airborne Altimetric LIDAR: Principle, Data collection, processing and Applications*», 2008.
- [LIO01] John E. Lionberg and Leslie Duke, «*Line desing goes airborne*». Transmission and Distribution World, 2001.

Sobre los autores

Ricardo Antequera Regalado

Ingeniero en Geodesia y Cartografía. Director Gerente de Altas Cartografía y Urbanismo S.L. Director del área de fotogrametría. Director General de Altas Geomática LTDA (Brasil).

Pilar Andrinal García

Ingeniero en Geodesia y Cartografía. Actualmente responsable del Departamento de I+D+i de Altas y apoyo técnico en el área de fotogrametría digital.



Geolocaliza
a los
profesionales
más
cercaños
a ti



¿Cómo funciona?



Desde nuestra web
Puedes buscar a cualquier profesional o darte de alta en sencillos pasos.



Desde tu terminal móvil
Busca e instala en tu terminal la app Professionals, es gratis.



Red GeoSocial Móvil
La Geolocalización al servicio de la Sociedad y sus Profesionales.

www.geoprofesionales.com



LAMBERT CONSULTORES
S.L.P.



ANDROID

Articulación Productiva en las Redes de Innovación Tecnológica. Caso Guanajuato, México.

REVISTA **MAPPING**
Vol. 22, 158, 58-69
marzo-abril 2013
ISSN: 1.131-9.100

Lorena del Carmen Álvarez-Castañón

Resumen

La innovación implica un principio colectivo, por tanto, es acuciante gestionar la acción coordinada de los actores involucrados en el proceso innovador y medir el impacto de los organismos intermedios en su resultado. El objetivo central es realizar un análisis comparado entre los resultados del rendimiento innovador de empresas involucradas con el modelo de coordinación denominado «Redes de Innovación Tecnológica» (RIT) puesto en práctica por las empresas manufactureras locales de Guanajuato, México y el rendimiento innovador de empresas no involucradas; a fin de determinar el impacto de los organismos intermedios en el proceso innovador. Se parte del supuesto: en la medida en que las empresas locales manufactureras se organizan en redes sectoriales/territoriales, intermediando el proceso innovador, hay mayor rendimiento e impacto en el desarrollo territorial de Guanajuato. El rendimiento innovador, se calcula mediante una media geométrica, considera cinco dimensiones: A) organización; B) recursos; C) gestión tecnológica; D) diseño y, E) desarrollo de producto. Dado los resultados encontrados, la proposición central se fortalece. Se presenta una aproximación a los determinantes del desarrollo territorial de Guanajuato, una propuesta teórica/metodológica de intervención en un modelo de innovación abierta.

Abstract

Innovation involves a collective principle, therefore, it is urgent a coordinated action to manage the actors involved in the innovation process and measure the impact of intermediary organizations in its outcome. The central objective is to conduct a comparative analysis between the results of the innovative performance of companies involved with the coordination model called "Technological Innovation Networks" (RIT) implemented by local manufacturing companies Guanajuato, Mexico and the innovative performance of companies not involved, in order to determine the impact of intermediary organizations in the innovation process. It is assumed: to the extent that local businesses are organized manufacturing sector networks / territorial, mediating the innovation process, there is greater efficiency and impact on territorial development of Guanajuato. The innovative performance is calculated using a geometric mean considers five dimensions: A) organization; B) resources; C) technology management, D) design, E) product development. Given the findings, the central proposition is strengthened. We present an approach to territorial development determinants of Guanajuato, a theoretical / methodological intervention in an open innovation model.

Palabras clave: Redes de Innovación Tecnológica, Sistemas Regionales de Innovación, desarrollo territorial, articulación productiva.

Key words: Technological Innovation Networks, Regional Innovation Systems, territorial development, productive articulation.

Profesora-Investigadora de la División de Ciencias Sociales y Humanidades. Universidad de Guanajuato
lorenalvarezc@gmail.com; lc.alvarez@ugto.mx

Recepción: 26-06-2012
Aprobación: 09-07-2012

1. INTRODUCCIÓN

Algunos retos a los que se enfrentan la economía y la sociedad son los trabajos intensivos en conocimiento y su importancia económica. Un reto acuciante de las regiones es ser cada vez más competitivas; siendo un rasgo distintivo de la competitividad la habilidad para inventar e innovar. Asimismo, la naturaleza de la innovación implica, gestionar la acción coordinada de diversos actores implicados en el proceso innovador y medir cómo impactan en el desarrollo territorial las redes de agentes locales –en lo que se podría denominar Sistemas Regionales de Innovación. Por tanto, para proponer alternativas de desarrollo a las empresas locales manufactureras, a fin de fortalecer su capacidad innovativa, es imperante analizar la esencia de la misma y explorar las relaciones causales entre ser parte o no de un sistema regional de innovación.

Numerosas interrogantes se plantean: ¿Se pueden fomentar territorios innovadores a partir de empresas innovadoras? ¿Cuál es el rol de las redes de los agentes locales en la competitividad de las organizaciones? ¿Hay una relación significativa entre la capacidad innovativa en las organizaciones y ser parte de un sistema de innovación local o regional? Lo anterior nos conduce a nuevas interrogantes: ¿Cuál es la esencia de la innovación en las empresas locales manufactureras del Estado de Guanajuato?, y particularmente, ¿Cuáles son las dimensiones desde las que puede analizarse?

El objetivo central de este trabajo es realizar un análisis comparado entre los resultados del rendimiento innovador de empresas involucradas con el modelo de coordinación denominado «Redes de Innovación Tecnológica» (RIT) puesto en práctica por las empresas manufactureras locales de Guanajuato, México y el rendimiento innovador de empresas no involucradas; a fin de determinar el impacto de los organismos intermedios en el proceso innovador. A fin de aportar a los enfoques interactivos actuales, y proporcionar mecanismos referentes en estudios empíricos sobre los sistemas regionales de innovación y desarrollo territorial.

Con esta finalidad, el trabajo se estructura de la siguiente manera: primero se presenta una breve reflexión de la conceptualización de innovación y sus dimensiones de análisis. Enseguida del concepto de sistemas regionales de innovación. Después y como núcleo del trabajo, se realiza un análisis entre diversos indicadores de innovación, partiendo de la georreferencia de la investigación, centrándose en la manera en como ejecutan sus procesos de innovación las empresas locales del Estado de Guanajuato. Se seleccionó como universo de observación a las empresas locales manufactureras de seis actividades industriales, la distribución muestral fue proporcional se-

El objetivo central de este trabajo es realizar un análisis comparado entre los resultados del rendimiento innovador de empresas involucradas con el modelo de coordinación denominado «Redes de Innovación Tecnológica» (RIT) puesto en práctica por las empresas manufactureras locales de Guanajuato, México y el rendimiento innovador de empresas no involucradas; a fin de determinar el impacto de los organismos intermedios en el proceso innovador.

gún su aportación al Producto Interno Bruto estatal de cada una de ellas y se consideró un tipo de escala ordinal. Por último, se presentan los resultados alcanzados, mismos que muestran que las empresas locales manufactureras no son predominantemente innovadoras, y la gestión de tecnología es una de sus dimensiones más endebles; en cuanto a la correlación entre la capacidad innovativa de la empresa y ser parte de una red sectorial/territorial, esta es significativamoderada. La propuesta metodológica, no sólo destaca la importancia del factor de producción de conocimiento como parte de los procesos de innovación regional, sino que ofrece una aproximación a los determinantes del desarrollo territorial de Guanajuato, desde los sistemas regionales de innovación y, una propuesta teórica/metodológica de intervención en un modelo de innovación abierta.

2. INNOVACIÓN

En la investigación se toma la definición de la norma mexicana NMX-GT-001-IMNC-2007 [IMN07], considerando a la innovación como el «Proceso dirigido a un mercado bajo un enfoque de negocio que detecta oportunidades y capacidades organizacionales para generar productos, procesos y servicios novedosos aceptados por los consumidores»; y se determinan como dimensiones de análisis: A) organización para la innovación; B) recursos para la innovación; C) gestión tecnológica; D) diseño y, E) desarrollo de productos. Estas dimensiones se analizan desde una perspectiva territorial, por ello en la siguiente sección se

presenta el marco de referencia, desde los sistemas regionales de innovación.

Asimismo, se considera que el medio innovador es el cimiento para entender el concepto de innovación y de región innovadora [MEN00]; se parte de la concepción de sistemas y subsistemas que propone de la teoría general de sistemas, pues se facilita la descripción de innovación desde distintas dimensiones y entornos. Adicionalmente, estos mismos medios innovadores se conectan con la investigación sobre desarrollo local, en gran medida por las características del entorno, en la gestión de la innovación. Esto peculiarmente ocurre en micros, pequeñas y medianas empresas, quienes para innovar operan modelos de innovación abierta [ALV10].

3. SISTEMAS REGIONALES DE INNOVACIÓN

Una serie de detonantes durante los años setentas, principalmente en Japón y Estados Unidos, evidenciaban el desarrollo económico basado en formas nuevas de administrar y organizar el trabajo más allá de las propuestas fundamentadas exclusivamente en las actividades de I+D [NON95]. Durante la década de los ochentas, influidos por el auge de las tecnologías de información y comunicaciones se proponían nuevos modelos para el desarrollo industrial, las cuales lograban impactar en el desarrollo socioeconómico de sus regiones de influencia [MOW98].

En esta visión holística se encauzaron nuevos planteamientos de abordaje acerca de los procesos de generación y difusión de conocimientos, que defendían la premisa de que la innovación está íntimamente ligada a las interacciones de diversos agentes locales que provocan nuevas formas de generación de conocimiento [SAB75, FRE75, KLI86, ETZ00] y se proponen análisis multidimensionales en las fuentes de innovación [KLI86].

Uno de los modelos que se propone para dar respuesta a estos cuestionamientos es el de «Sistemas Nacionales de Innovación» [FRE87]. Cuyo rol es la difusión de nuevos conocimientos científicos y tecnológicos, a través de las interacciones de una red de organizaciones públicas y privadas, en atención a un mercado cada vez más globalizado y competitivo, pues existe evidencia empírica que la correlación entre innovación y éxito organizacional es muy alta y positiva [THO06, BHA06, DOU03, HOS93].

El inicio de los estudios, acerca de los sistemas de innovación, hizo énfasis en el ámbito nacional. Esto por la relevancia, en aquellos momentos, de la regionalización y globalización como ámbito de análisis, aunado a que estos modelos detonan en países capitalistas [BUE07]. Entre

los argumentos que sustentaban dichos ámbitos de análisis, se planteaban las diferencias culturales, políticas y de los actores de la innovación entre los distintos países; aun cuando esto implicaba que si los países eran pequeños, centralizados y en términos generales homogéneos esto funcionaba; empero, si estas condiciones se modifican se podría considerar que un ambiente nacional puede constituirse de varias regiones. Enfatizando el ámbito de análisis al terreno regional, enfoque que ha sido abordado por innumerables autores, entre otros: Cocke, Uranga y Etxebarria [COC98], Asheim e Isaken [ASH97], Cocke [COC01], Asheim y Getler [ASH06], se podría sugerir que es un apartado del propio nacional. Los dos enfoques son complementarios, encontrando su utilidad en función de lo que se pretenda resolver.

En esta investigación se toma como referente teórico a los «Sistemas Regionales de Innovación», cuya característica diferenciadora con los «Sistemas Nacionales de Innovación» es la dimensión espacial, aun cuando pareciera controvertida la delimitación geográfica en un entorno globalizado [LUN02]. Un sistema regional de innovación se considera como el cúmulo de organizaciones que dentro de un contexto interactúan entre sí, con el objetivo común de asignar recursos a la ejecución de actividades de investigación, desarrollo tecnológico e innovación, que propicien la generación y difusión de conocimientos, para fomentar y fortalecer el desarrollo social, económico y ambiental de las regiones. Se reconoce que el concepto de «sistema de innovación», queda incrustado territorialmente en el presente trabajo, al pretender determinar cómo impactan las redes de agentes locales en la capacidad innovativa de las empresas locales manufactureras de Guanajuato, México.

Según Palacios [PAL93], el concepto región comparte dos acepciones fundamentales. La primera hace referencia a la noción abstracta de un ámbito en cuyo interior se cumplen ciertos requisitos de semejanza u homogeneidad. En la segunda acepción, el concepto se utiliza para identificar porciones determinadas de la superficie terrestre definidas a partir de criterios específicos y objetivos preconcebidos, los cuales pueden provenir de las ciencias naturales o de las ciencias sociales. Es desde el segundo criterio que se pretende el análisis, ya que a partir de las determinaciones sociopolíticas es como se concibe que una región debe tener sentido y existencia; es decir, que el conglomerado humano es quien da forma y extensión a la escala territorial [PAL93]. A pesar de considerar consistentes las diversas propuestas que han aparecido sobre el estudio de la región, son escasas las que pretenden explicar lo dinámico que resultan las relaciones sociales, económicas y ambientales en el territorio; mientras algunas han privilegiado aspectos geográficos, otras enaltecen aspectos políticos.

Empero, la interacción de una organización con una red no debería considerarse una panacea para transformar a dichas organizaciones y garantizar el éxito de su capacidad de innovación [FRE75, ETZ00, KLI86, POR98, LEY06]. Sin embargo, es relevante considerar lo que dichas interacciones pueden o no alcanzar en cada organización, por lo que el equilibrio debe ser regional, sectorial y territorial. Por ello la región de incumbencia en la investigación se describe en la siguiente sección.

3. GEORREFERENCIA DE LA INVESTIGACIÓN

La región de incumbencia en la investigación, se ha configurado como una continuidad territorial altamente competitiva, tiene una localización estratégica en el centro del país y sus redes de comunicación, especialmente por su infraestructura vial, ya que el estado de Guanajuato es uno de los pocos en el país que es cruzado por las dos principales carreteras federales. Otro aspecto locacional de importancia para las transnacionales de países desarrollados que se asientan o pretenden hacerlo en la región, es su infraestructura ferroviaria; la región tiene dos de los tres «Puertos Secos» del país, uno en Celaya y otro en Silao. Asimismo, la región tiene conectividad con los principales nodos comerciales e industriales nacionales –Ciudad de México, Guadalajara y Monterrey (Figura 1).

Empero, el estado de Guanajuato, además de enfrentar los retos naturales de operar en una economía global de conocimiento, tiene características que lo hacen diferente al promedio de entidades federativas en México. Entre esas características, podría considerarse que es la 7ª economía del país y 6º en unidades económicas, con grandes retos por resolver. Según la Secretaría de Desarrollo Económico [SDE11], operan nueve actividades productivas: Alimentos, Artesanal, Automotriz y Autopartes, Calzado, Comercio, Construcción, Metalmecánico, Minero, Textil y Confección.

En la diversificación económica del estado se involucran sectores productivos de alto contenido tecnológico, Guanajuato tiene una posición competitiva relevante en la manufactura de electrodomésticos y en la fabricación de automóviles y autopartes¹. También se ha destacado en sectores tradicionales como el de calzado², pues en el estado de Guanajuato se encuentran entre 2061 y 2848 empresas, de las cuales el 90% son micro y pequeñas, las cuales realizan el 68% de la producción nacional -más de 146 millones de pares de zapatos-, lo que conforma un sistema de innovación regional en un radio de menos de 20 km a la redonda. Ahora bien, el tercer sector aporta un

INFRAESTRUCTURA CARRETERA DE CONEXIÓN EXISTENTE



INFRAESTRUCTURA FERROVIARIA DE CONEXIÓN EXISTENTE



Figura 1. Contexto territorial de la Investigación

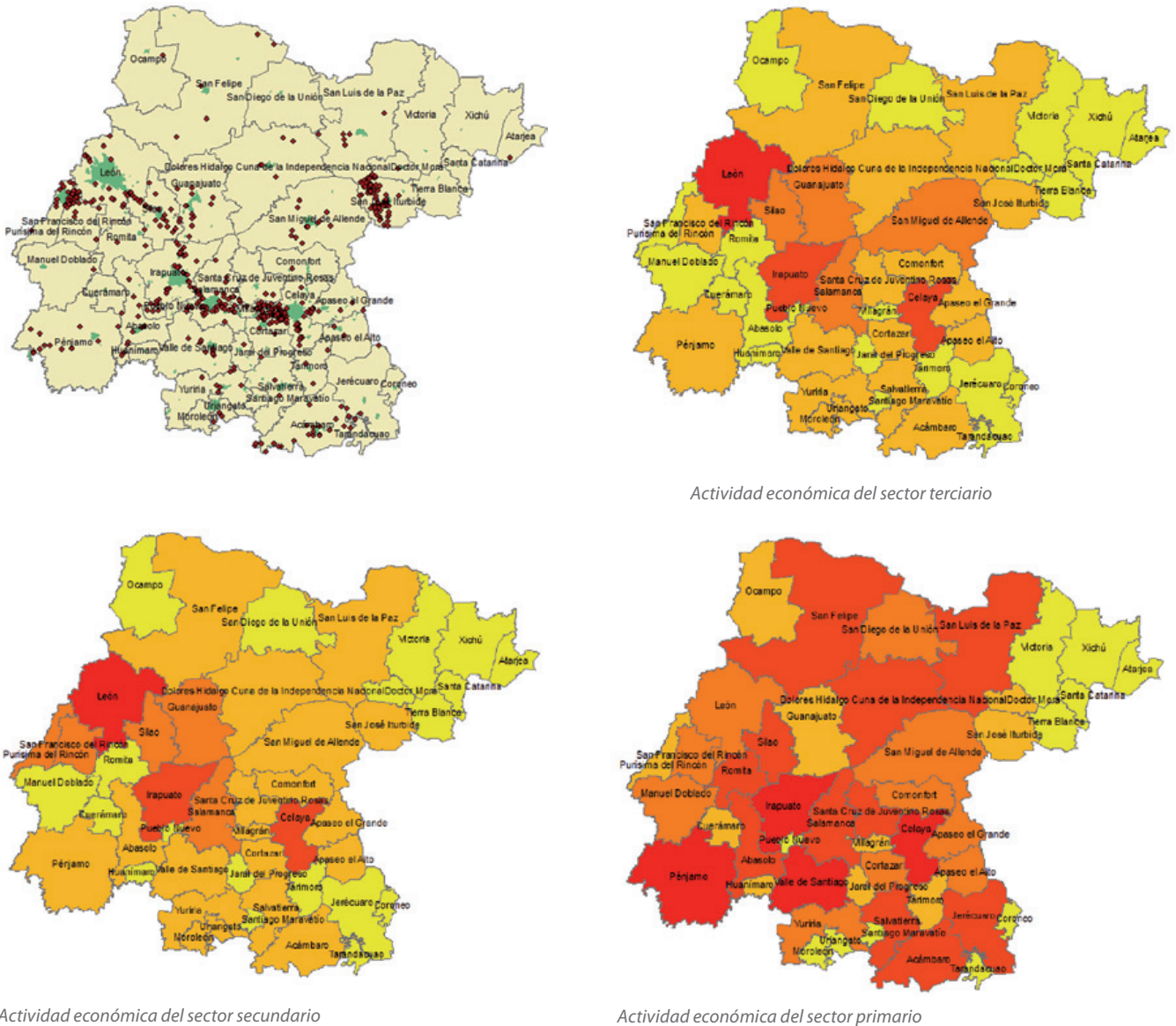
Fuente: Google Maps, PROT Laja-Bajío.

58.9% al Producto Interno Bruto (PIB) del estado y el sector secundario un 36.4% del total.

El censo de unidades económicas [INE12] da cuenta de aproximadamente 240000 unidades económicas existentes en el estado. De ellas 95.5 % micro y 3.5% pequeñas

1. Sistema de Innovación Regional que se visualiza fortalecido, con la llegada de nuevas compañías multinacionales, tales como, Mazda (en el municipio de Salamanca), Honda (en el municipio de Celaya) y Volkswagen (en el puerto interior en el municipio de Silao). Con decisiones políticas que parecieran buscar la equidad municipal, por la distribución geográfica de las mismas.

2. El sector calzado, tiene una composición peculiar porque es una industria que genera alrededor de 266 mil empleos, distribuidos en 4100 fábricas de calzado, aproximadamente. Es una industrial altamente concentrada por entidad federativa, 63% de ella se encuentra en Guanajuato, el 16% en Jalisco, 11% en el Valle de México y el resto en diversas entidades federativas.



Actividad económica del sector terciario

Actividad económica del sector primario

Actividad económica del sector secundario

Figura 2. Análisis territorial según las actividades económicas. Fuente: Elaboración propia, en base a datos del censo económico de INEGI (2009).

empresas, las cuales tienden a tener un alto grado de vulnerabilidad, debido a problemas de inactividad y rezago tecnológico, características que parecieran alejarlos, día a día, de la competitividad [COR05]. El Consejo Nacional de Población ubica a Guanajuato en el décimocuarto lugar de marginación a nivel nacional, con un índice de marginación medio [CON10]. Es el quinto estado con menor escolaridad, en promedio 7.2 años de estudio.

Cabe destacar que la desigualdad sigue creciendo exponencialmente entre los municipios y localidades del estado de Guanajuato, según el censo de unidades económicas [INE12], el 80% de las unidades económicas operan en el 20% de los municipios, lo cual sugiere que la polarización socioeconómica lejos de disminuirse se está incrementando. En la figura 2, se analiza a nivel municipal

el territorio de Guanajuato según la actividad del sector primario, secundario y terciario; el color rojo refleja mayor intensidad, se degrada a amarillo donde hay menor intensidad de la actividad económica.

Ante este panorama socioeconómico tan complejo y diverso, las empresas locales manufactureras tienen que enfrentarse a la necesidad de realizar cambios estratégicos, que les aseguren el éxito en su búsqueda del incremento de la competitividad y, de la plasticidad y adaptación a las realidades cambiantes del siglo XXI, características que son indispensables para alcanzar sus logros.

Una premisa estratégica para la investigación, es la consideración de los medios innovadores como parte fundamental de la misma innovación. Por ello podría asumirse, que es una conexión natural entre innovación, sis-

temas regionales de innovación y territorio y, que pueden identificarse los lugares donde detona con mayor intensidad la innovación [MEN00]. De manera empírica se podría asumir como medio innovador en Guanajuato a las redes de cooperación I+D, denominadas Redes de Innovación Tecnológica.

Siguiendo la estrategia del uso crítico de la teoría propia del paradigma metodológico constructivista en el que se basa la investigación, se parte del siguiente supuesto: la teoría sobre los planteamientos de las interacciones en red de la ciencia, tecnología e innovación, es una guía válida y confiable para el estudio de la gestión de las organizaciones, ya que ofrece argumentos teóricos válidos que pueden aplicarse a la investigación desde diversas perspectivas, como el hecho de realizar un análisis sistemático y una valoración del impacto de las «Redes de Innovación Tecnológica» en el desarrollo territorial e incremento en la capacidad innovativa de las empresas locales manufactureras de Guanajuato, México.

Al iniciar la reflexión sobre el ecosistema de innovación tecnológica en Guanajuato, se encuentran varios pilares estratégicos, promovidos desde hace varios años por el gobierno guanajuatense a través del Consejo Estatal de Ciencia y Tecnología [CON12], el cual ha facilitado, promovido y ejecutado un proceso de participación social en la gestión de la ciencia, tecnología e innovación.

A finales de 2003, dicha participación social se concreta en el diseño, desarrollo y ejecución de un modelo que tiene la finalidad de propiciar la vinculación entre instituciones de investigación y empresas. Esto bajo la premisa de operar un modelo de desarrollo regional tipo «Triple Hélice» [ETZ03], donde se reflexiona sobre la necesidad de cooperación entre la administración, los agentes tecnológicos –instituciones de educación superior, centros de investigación y centros tecnológicos–, y las empresas, como motor del desarrollo económico endógeno.

Este modelo de vinculación estableció las bases operativas y financieras para orientar la inversión de Ciencia y Tecnología a la atención de las demandas de los sectores económicos y productivos de la entidad, en el marco de la operación del Fondo Mixto de Fomento a la Investigación Científica y Tecnológica del CONACYT -Gobierno del Estado de Guanajuato, fondo público concurrente asigna-

do con criterios competitivos, que a la fecha ha apoyado alrededor de 480 proyectos con valor aproximado de 40 millones de dólares [CON11].

El modelo de vinculación opera en tres fases principales: la primera de ellas, pretende identificar las demandas en ciencia y tecnología de los usuarios de la investigación. Esto, a través de un procedimiento de identificación de las problemáticas y posibles soluciones, mediante foros y espacios, donde interactúan alrededor de una problemática específica los actores clave, situadas en las hélices gubernamental y empresarial, a saber: órganos consultivos de participación ciudadana, cámaras empresariales, empresarios, ingenieros de planta, proveedores de tecnología, entre otros.

En la fase dos, se fomenta la interacción entre usuario-tecnólogo-investigador; el usuario presenta a los investigadores y tecnólogos las problemáticas, esperando con ello propiciar proyectos de investigación industrial para resolver dichas demandas. Los investigadores y tecnólogos generan prepropuestas que son evaluadas por Comités de Pertinencia, conformados por un equipo de reconocido prestigio académico y profesional, apoyadas en evaluaciones de árbitros externos, seleccionados de un padrón nacional conocido como RCEA dependiente del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología³. En la tercera fase, se promueve la transferencia tecnológica de los resultados de los proyectos de investigación industrial a los usuarios.

Dicho modelo es creado como parte integrante del sistema de innovación de la entidad federativa, esbozado en el Plan Estatal de Ciencia y Tecnología Guanajuato 2030 (PECYT GTO 2030)⁴, que pretende propiciar un ecosistema de innovación tecnológica que provoque un mayor nivel de competitividad organizacional y que incremente el bienestar social a través de la ciencia, tecnología e innovación.

Las RITs pretenden operar un círculo virtuoso «Triple Hélice» en continua actividad, para la creación de valor e

3. CONACYT ha constituido el registro de Evaluadores Acreditados (RCEA), base de datos en la que se integran tanto los miembros del Sistema Nacional de Investigadores (SNI), como los tecnólogos del extinto Registro CONACYT de Consultores Tecnológicos (RCCT), de acuerdo a los criterios establecidos por los Comités de Acreditación correspondientes.

4. Otros pilares estratégicos del PECYT GTO 2030 son:

- Fomentar un espacio de interacción I+D+i, a través del Congreso Internacional de Sistemas de Innovación para la Competitividad desde el 2006.
- Capitalizar a Guanajuato como una sociedad del conocimiento, a través del Observatorio de Ciencia, Tecnología e Innovación del Estado (<http://octi.guanajuato.gob.mx/octigto/>) desde 2007.
- Promover el desarrollo de las tecnologías de información y comunicaciones, a través del Laboratorio de pruebas de Software desde el 2007.
- Reconocer los esfuerzos de los innovadores, a través del Premio a la Innovación Tecnológica desde el 2008.

integración de mejores prácticas a través de la gestión de la innovación tecnológica en dos pilares fundamentales: la propiedad industrial y el financiamiento de proyectos de investigación industrial. El modelo está diseñado para motivar la formación de estructuras detonadoras de la sinergia entre grupos científicos y usuarios de la I+D, para atender sectores o problemáticas concretas, promoviendo la sostenibilidad del medio ambiente y la competitividad empresarial, dimensión delimitada geográfica y temáticamente.

Según Álvarez-Castañón y Estrada-Rodríguez [ALV11], las Redes de Innovación Tecnológica, modelo de cooperación impulsado por el gobierno estatal, se tipifican en:

1. Redes temáticas, las cuales pretenden establecer las bases de la infraestructura tecnológica en sectores productivos específicos. Son trece redes temáticas, entre ellas: Agricultura Protegida, Hidroponía Fresas, Producto Frijol, Calzado Especializado, Textil y de la Confección, Cerámica y Artesanías, entre otras.
2. Redes transversales, pretenden detonar soluciones de alta tecnología aplicables a cualquier sector productivo. Son ocho redes transversales: Biomecánica, Optomecatrónica, Energías Renovables, Agua, Aire, Tecnología Química, Desarrollo Económico y el Consorcio del Conocimiento.

Estas Redes de Innovación Tecnológica, pretenden coordinar a los agentes que intervienen en un sistema de innovación regional, veintiún de ellas asociadas a sectores productivos y la última asociada a un territorio – zona metropolitana Laja-Bajío.

Las RITs son organizaciones privadas no lucrativas, bajo un marco legal de asociación civil. Desde el diseño de su objeto social, se considera su registro en el padrón nacional del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología de empresas e instituciones científicas y tecnológicas, acción que pretende ir trazando el camino de su sustentabilidad dado que las reglas de operación de los fondos públicos demandan acreditarse para poder acceder a ellos. El modelo de las RITs basa su efectividad en tres actores medulares:

1. Consejo Directivo, que da el rumbo estratégico a la organización, debe estar integrado de por lo menos siete empresarios. El Presidente de dicho Consejo debe ser el empresario más reconocido y respetado en el ámbito de influencia de la RIT.
2. Consejo Técnico o Consultivo, el cual da el soporte científico, tecnológico y de innovación a la gestión tecnológica operada por la RIT, debe estar integrado por destacados investigadores y tecnólogos de instituciones de educación superior, centros de investiga-

Redes de Innovación Tecnológica, pretenden coordinar a los agentes que intervienen en un sistema de innovación regional, veintiún de ellas asociadas a sectores productivos y la última asociada a un territorio

ción y centros tecnológicos, tanto nacionales como extranjeros.

3. Gerente General, quien actúa como el gestor tecnológico del que se deriva una arquitectura organizacional muy delgada dado que opera tan sólo con un asistente administrativo. El gerente de la RIT es el amortiguador de la oferta y la demanda e interactúa con el Consejo Directivo y con el Consejo Técnico/ Consultivo para detonar proyectos de investigación industrial de impacto en el desarrollo empresarial.

Las RITs buscan especializarse en inteligencia competitiva y vinculación empresarial, asimismo, promover la eficiencia y eficacia de cadenas de valor mediante el desarrollo de proveedores, la atracción de proyectos de inversión y la transferencia de tecnología a las pequeñas y medianas empresas de la región. Cabe resaltar que el modelo se ha ido ajustando según las necesidades cambiantes del ecosistema estatal de innovación.

En cuanto a su impacto, se puede comentar que las RITs gestionan la innovación tecnológica en poco más del 53% de empresas guanajuatenses, reconocidas como innovadoras ante el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología⁵. Considerando al comportamiento de este padrón como indicador del crecimiento de empresas innovadoras en Guanajuato, se puede considerar que el 32% ha sido promovido por las RITs.

En cuanto a proyectos I+D+i gestionados por las RITs, más del 50% de ellos han sido financiados, en diversas proporciones, a fondo perdido, lo que equivale a más de 7 millones de dólares. La actividad de I+D en 23% de dichos proyectos, ha tenido la participación de un Centro

5. El Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología acredita a las instituciones y empresas que realizan actividades científicas y tecnológicas, a través de un registro denominado RENIECYT. En este padrón, a junio de 2011, se han otorgado 522 registros para organizaciones guanajuatenses, de los cuales 379 registros son de empresas.

6. Patentes, Modelos de Utilidad, Diseños Industriales o marcas.

Las RITs son organizaciones privadas no lucrativas, bajo un marco legal de asociación civil. Desde el diseño de su objeto social, se considera su registro en el padrón nacional del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología de empresas e instituciones científicas y tecnológicas

de Investigación o Institución de Educación Superior. En cuanto a propiedad industrial, se han generado 47 registros comercializables ante el Instituto Mexicano de Propiedad Industrial, esto significa que 40% de los proyectos se materializa en alguna forma de propiedad industrial⁶. 18% de dichos registros es en el área de biomecánica, 13% en aplicaciones agroindustriales del producto frijol, 11% en optomecatrónica y 9% en tecnologías químicas [ALV11].

Expuesto lo anterior, es relevante acercarse a la aproximación territorial de los sistemas regionales de innovación; dado que esto supone una atmósfera de análisis que permitirá comprender la experiencia guanajuatense y posteriormente proponer los determinantes para el desarrollo territorial.

4. ANÁLISIS DE LA INNOVACIÓN EN EMPRESAS LOCALES MANUFACTURERAS DE GUANAJUATO, MÉXICO

La metodología está basada en el paradigma constructivista, inspirado en el uso del heurístico de la reconstrucción multidimensional de la totalidad. Se parte del concepto epistemológico de la totalidad, con una estrategia metodológica cuantitativa, mediante un análisis de correlación y un análisis de tendencia, así como de una serie de heurísticos que ayudan a comprender la realidad, tan compleja, que se pretende estudiar. Se establece el ángulo de investigación que emerge del hecho social, acotando de esta manera la totalidad de la realidad que se quiere reconstruir, para lo cual se reflexiona sobre la esencia de la innovación alojada en las empresas locales manufactureras del estado de Guanajuato.

La estrategia de muestreo es aleatorio estratificado, pues es un muestreo que se utiliza cuando la población está constituida en estratos o conjuntos de población heterogéneos con respecto a la característica que se estudia; estadísticamente, las actividades industriales del estado son la unidad grupal que mejor preserva la homogeneidad del universo de observación. Ahora bien, en cada actividad industrial se extrae una muestra por el procedimiento de muestreo aleatorio; el número de empresas de cada estrato o colonia se elige por paridad o proporcionalidad, según su aportación al PIB estatal. De las nueve actividades productivas del estado solamente se consideran seis de ellas: Alimentos, Artesanal, Automotriz y Autopartes, Calzado, Metalmecánico, Textil y Confección.

La muestra n se obtiene a partir de la ecuación de poblaciones infinitas o finitas, a partir de la distribución normal de probabilidad a un nivel de confianza del 95%, se obtiene la muestra a un nivel de confianza de 95%, determinan 288 empresas de manufactura locales del estado de Guanajuato como unidades de análisis.

Se construye el instrumento de medición considerando en la variable innovación, una escala de tipo ordinal, con 33 tópicos que integran un proceso de innovación:

1. Organización para la innovación.
2. Recursos para la innovación.
3. Gestión tecnológica.
4. Diseño de producto
5. Desarrollo de producto

En cada tópico se diseñaron las preguntas esperando una respuesta de escala ordinal, analizada después en porcentaje. Tomando como base dicho porcentaje se calculó una media geométrica que permitió determinar el nivel o grado de innovación de cada empresa analizada. La media geométrica es uno de los números artificiales que creamos para representar un conjunto de números.

Para medir lo referente a organización, sistemas y herramientas se consideraron, entre otros, los siguientes indicadores: 1. Diseñadores e ingenieros que acceden al CAD (Diseño asistido por computadora); 2. Productos en la base de datos del CAD o en bases de datos técnicas; 3. Productos fabricados con sistemas avanzados de configuración de productos; 4. Productos fabricados en procesos SPC (Control estadístico de procesos); 5. Equipos o proyectos que se realizan empleando técnicas de diseño robusto (métodos de diseño de experimentos, análisis modal de fallos y efectos, análisis de valor, análisis funcional, etc.); 6. Diseñadores e ingenieros con formación en diseño para fabricación.

En cuanto a los recursos para la innovación, se cuantifica: 1. Proyectos atrasados o cancelados por falta de recursos humanos; 2. Personal en el desarrollo del producto

que trabaja en más de una función; 3. Proyectos atrasados o cancelados por falta de financiamiento; 4. Gastos de I+D sobre valor agregado; 5. Personas dedicadas a I+D sobre plantilla media.

Para medir el proceso de gestión tecnológica se considera: 1. Número de registros de propiedad industrial registradas en los últimos tres años; 2. Proyectos de I+D que han generado nuevos productos o procesos; 3. Número de proyectos en colaboración con Centros de Investigación y/o Instituciones de Educación Superior; 4. Costo de adquisición de tecnología; 5. Proyectos fallidos: %de proyectos, %de gastos de I+D, %de proyectos cancelados demasiado tarde (después de invertir 50% o más del valor del proyecto); 6. Costo-Beneficio de proyectos de I+D completados; 7. Número de proyectos integrados en el extranjero que implican transferencia de tecnología.

Ahora bien, la cuantificación de diseño de producto se realiza considerando: 1. Número de ideas de nuevos productos e ideas de mejora de productos evaluados el año anterior; 2. % de ventas/beneficios de los productos introducidos en los últimos tres/cinco años; 3. % de ventas/beneficios de los productos con mejoras significativas en los últimos tres/cinco años; 4. Número de generaciones de productos contempladas en el horizonte de planificación; 5. % de participación en el mercado,

En cuanto al desarrollo de productos se cuantifica:

1. Periodo de lanzamiento al mercado: desde el concepto hasta el lanzamiento y tiempos para cada fase (concepto, diseño, prototipos, producción inicial, lanzamiento);
2. Coeficiente de variación del tiempo de retraso; 3. % de proyectos que exceden la fecha de compromiso que se había previsto; 4. Coeficiente de variación entre mejoras o rediseños del producto; 5. Resultados del producto: costo, nivel tecnológico, calidad, rentabilidad, nivel de ventas, cuota del mercado, grado de satisfacción de nuevos clientes; 6. Parámetros del proceso: costo, calidad, productos en fabricación y tiempos de fabricación; 7. Número de procesos nuevos o mejoras significativas de procesos en el año anterior; 8. Número de acciones preventivas y de mejora propuestas / Número de acciones correctivas ejecutadas; 9. Número de acciones preventivas y de mejora ejecutadas / Número de acciones correctivas ejecutadas.

Para evaluar el desarrollo de las regiones de influencia de los sistemas regionales de innovación en Guanajuato, se recaba información con las RITs que operan en Guanajuato mencionadas anteriormente y se definen diez indicadores: 1. Nivel de inversión en I+D; 2. Creación de empleos; 3. Nuevos productos; 4. Nuevos procesos; 5. Empresas integradas a la red; 6. Empresas acreditadas en el RENIECYT; 7. Proyectos generados; 8. Proyectos vinculados; 9. Proyectos Financiados; 10. Registros de propiedad industrial gestionados.

El modelo de las RITs se ha ajustado organizacionalmente, el análisis sistemático y comparativo de los ajustes en el modelo es motivo de continuidad en la presente investigación, pero una primera valoración es que la concentración microrregional, al nivel geográfico urbano, detona una dinámica de intensa interacción alimentada por un capital social altamente integrado.

Se realizó la prueba de normalidad de los residuos, se valida que los datos de la variable innovación se comportan de manera normal, esto permite inferir estadísticamente que, el 68% de las empresas de Guanajuato tienen un rendimiento de innovación entre 16.74% y 23.03%. Además de que podemos visualizar que el 99.7% de las empresas tendrán un rendimiento de innovación de 10.46% y 29.32%. Con un coeficiente de variación de 15.81% entre las unidades de análisis.

En seguida se procede a calcular la matriz de correlación, a fin de explorar las relaciones entre capacidad innovativa de las empresas locales manufactureras y su implicación en una red sectorial/territorial. Se encuentra una correlación significativa entre la capacidad innovativa de las empresas locales manufactureras y su interacción dinámica en una Red Sectorial/Territorial es significativa de 80.9% (P-value = 0.014), empero es solamente parcial la correlación con su interacción en una RIT (R= 0.682, P-value = 0.024) [ALV12].

Al contrastar los resultados de la investigación con la proposición planteada, ésta se fortalece, es decir, en la medida en que las empresas locales manufactureras se organizan en redes sectoriales/territoriales, hay un incremento significativo en su rendimiento innovador e impacto en el desarrollo local. Dado que se encuentran diversas rutas que las empresas guanajuatenses utilizan para lograr concretar en el mercado una innovación, generalmente incremental y, logran mayor impacto en el desarrollo local cuando forman parte de una red de innovación tecnológica.

El modelo de las RITs se ha ajustado organizacionalmente, al paso del tiempo, el análisis sistemático y comparativo de los ajustes en el modelo es motivo de con-

tinuidad en la presente investigación, pero una primera valoración es que la concentración microrregional, al nivel geográfico urbano, detona una dinámica de intensa interacción alimentada por un capital social altamente integrado.

Así pues, estos resultados y ajustes sugieren que el nivel de protagonismo de cada actor en el desarrollo de una RIT, depende del contexto donde opera e impacta en su eficiencia y eficacia. Por tanto, el modelo de los «Sistemas Regionales de Innovación» ofrece mecanismos de análisis como la atmósfera de partida para poder detectar algunas de las debilidades del modelo.

Asimismo, las diferencias en el proceso de aprendizaje entre cada RIT provocan la continuidad de la investigación, dado que hay diferencias significativas entre el mismo tejido empresarial, así como al interior de la infraestructura científica y tecnológica que interviene y se implica en cada RIT. Por tanto, se infiere que esto puede derivar en procesos de socialización dispares entre cada una de las RITs, lo que impacta directamente en sus resultados.

Entre algunos de los proyectos de I+D ejecutados por empresas locales manufactureras involucradas en una RIT, se podrían mencionar:

1. Sistema de producción de biogás a partir de lodos residuales de industria de la curtiduría. (Tenería).
2. Implementación de un sistema de eliminación de grasa y secado en cueros de cerdo a través de radiación solar térmica. (Tenería).
3. Integración de energías renovables para procesos de curtido: solar térmica, biocombustibles. (Tenería).
4. Desarrollo tecnológico de un sistema para calentamiento de aire por radiación solar en cámaras de secado de cuero. (Tenería).
5. Implementación de autómatas para pespunte de calzado infantil, a través sistemas expertos y visión por computadora. (Manufacturera de calzado infantil).
6. Producción de etanol a partir del hidrolizado de sorgo empleando *SACCHAROMYCES CEREVISIAE* inmovilizada en ácido *POLIGALACTURÓNICO* y *AMBERLITAS*. (Agroindustria).

De los proyectos de I+D ejecutados sin la intervención de una RIT cabe resaltar la actividad de I+D de dos empresas locales manufactureras guanajuatenses. La primera de ellas es una manufacturera de calzado de seguridad industrial, misma que tiene un inventario de cuatro patentes comercializables y cuyos productos se exportan a Estados Unidos de Norteamérica. La segunda de ella, manufacturera de polímeros y derivados, dueña de once patentes, de las cuales comercializa cinco de ellas.

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Entre los retos más acuciantes que México tiene es el relacionado a la competitividad e innovación. Dado que tiene que generar los contextos económicos, políticos y educativos, entre otros para facilitar los procesos de transformación de conocimientos en innovaciones tangibles a través de procesos, productos o servicios que lleguen al mercado y por ende generen mayor desarrollo local.

Los hallazgos de la investigación muestran avance significativo de las empresas locales manufactureras, al estar inmersos en un sistema de innovación regional. Empero, deja a la vista grandes retos por resolver para detonar el desarrollo territorial, entre otros, la composición de las empresas en el estado, con un predominio arrollador de empresas familiares – micros y pequeñas- en su mayoría excluidas financiera y tecnológicamente. Así también, el involucramiento de los empresarios en las asociaciones industriales y/o redes de innovación tecnológica, pues es frecuente que antepongan sus propios intereses a los intereses de la región, y que formen parte de ellas buscando beneficios para sus empresas.

Las RITs surgen con el propósito de ser un agente activo dentro del modelo de gestión de la innovación en las empresas locales manufactureras en Guanajuato. Pretenden garantizar la creación de valor en su sistema de innovación y materializar mecanismos facilitadores para fortalecer a la organización en su entorno. Cabe reflexionar que si en diferentes encuestas que se han hecho en México a nivel regional, alrededor del 9-10% de las organizaciones declararon haberse vinculado con la academia con fines de producción de innovación [EST05], con las RITs ha habido un incremento hasta del 20-25%. Por tanto, a la luz de esta evidencia se podría suponer que estas organizaciones inciden en el incremento de la base innovadora de empresas, posiblemente por sus efectos positivos en la vinculación a la academia y su facilidad para el apalancamiento de recursos con fondos públicos además de la creación de valor por el registro de la propiedad intelectual.

En esta investigación se ha tomado como referente el modelo de los Sistemas Regionales de Innovación, por su coyuntura estratégica de especialización en el nivel regional. Se reconoce la relevancia de los tres actores, -academia, gobierno y empresa-, sin preferencias preconcebidas, para poder entender de forma global las condiciones en las que se producen las relaciones de cooperación empresa- academia en una región determinada. Se considera que una RIT es exitosa si: 1. Continúa en operación después del segundo año de creación, pues el capital

semilla le permite operar el primer año. Después de ese tiempo su operación depende de los recursos que genera. 2. Aumenta su base de empresas asociadas y certificadas como innovadoras. 3. Genera proyectos de I+D en sus empresas asociadas, con participación de socios académicos y financiados en cierta proporción a fondo perdido. 4. Fomenta el registro de propiedad industrial y derechos de autor, propiciados por los proyectos ejecutados. 5. Los proyectos provocan la generación de empleos de alto valor y, al menos, conservación de empleos operativos en las empresas asociadas.

El modelo de las Redes de Innovación Tecnológica, propuesto e incentivado por el gobierno del Estado de Guanajuato, pareciera que promueve el crecimiento económico endógeno, pues incentiva a diversos sectores productivos, en agroindustria promueve la innovación tecnológica en productos tales como: chile, frijol, hidroponía de fresa, tuna, nopal y xoconostle, entre otras. En cuanto al sectores tradicionales se incentiva la investigación, desarrollo tecnológico e innovación en la cadena productiva de calzado, textil y confección, cerámica y artesanías, entre otros.

Lo anterior, sensibiliza de la continuidad de la investigación, pues los sistemas regionales de innovación por su proximidad al territorio, el conocimiento y reconocimiento del tejido empresarial, podrían fomentar la innovación en la micros, pequeñas y medianas empresas del estado; logrando con ello el desarrollo territorial. Pues del análisis de la experiencia Guanajuato, podría asumirse que la existencia de medios innovadores, redes de innovación tecnológica, consorcios de conocimiento, entre otros agentes de la innovación, dado su componente territorial, podrían incrementar la capacidad innovativa de las empresas y de las regiones.

En su conjunto, los medios innovadores deberían operar como un agente activo dentro del modelo de gestión de la innovación en el estado. Propiciar en las empresas locales manufactureras del estado, la creación de valor en su sistema de innovación y materializar mecanismos facilitadores para fortalecer a la organización en su entorno; con ello, lograr evolucionar de empresas innovadoras a territorios innovadores. Pues pareciera posible afirmar que la trayectoria de innovación tiene una relación funcional y un grado de correlación con la región de influencia.

REFERENCIAS

- [ALV10] Álvarez-Castañón, Lorena del Carmen. y López-de-Alba, Pedro Luis. (2010). Hacia un modelo de innovación en empresas guanajuatenses. Ponencia presentada en el XII Asamblea de ALAFEC, Lima, Perú, noviembre, disponible en <http://www.alafec.unam.mx/mem/lima/administracion/ADM0N4.PDF>
- [ALV11] Álvarez-Castañón, Lorena del Carmen y Estrada-Rodríguez, Salvador. (2011), «Una valoración del modelo de colaboración denominado Redes de Innovación Tecnológica ejecutado en Guanajuato, México». Teuken Bidikay, Revista Latinoamericana de Investigación en Organizaciones, Ambiente y Sociedad, Número 2. Diciembre, pp. 151-172.
- [ALV12] Álvarez-Castañón, Lorena del Carmen. (2012), «Los Sistemas Regionales de Innovación y su relación con el propósito Innovador de las empresas locales manufactureras». Memorias en extenso del XVI Congreso Internacional de Investigación en Ciencias Administrativas. Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey, Campus Estado de México. México, D.F. Mayo, 2012. (ISBN: 978-607-501-087-8).
- [ASH06] Asheim, B. y Getler, M. (2006). «The geography of innovation: Regional Innovation Systems». En The Oxford Handbook of Innovation de Fagerberg, Mowery y Nelson.
- [ASH97] Asheim, B. e Isaken, A. (1997). «Regional Innovation systems: the integration of local sticky and global ubiquitous knowledge». En Journal of Technology Transfer, 27(1), 77-87.
- [BHA06] Bhaskaran, S. (2006). «Incremental innovation and business performance: small and medium-size food enterprises in a concentrated industry environment». En Journal of Small Business Management, 44(1), 64-80.
- [BUE07] Buesa, M., Navarro, M. y Heijs, J. (2007). «Medición de la innovación: indicadores regionales», en BUESA y HEIJS (coord.). Sistema Regional de Innovación: nuevas formas de análisis y medición. Madrid: Funcas.
- [COC01] Cocke, P. (2001). «Regional innovation systems, cluster and knowledge economy». En Industrial and Corporate Change, 10(4), 945-974.
- [COC98] Cocke, P., Uranga, M. y Etxebarria, G. (1998). «Regional systems of innovation: an evolutionary perspective». En Environmental Planning, 30(1), 1563-1584.
- [CON10] Consejo Nacional de Población (CONAPO), consultado el 31 de julio de 2011, disponible en: www.conapo.gob.mx
- [CON11] Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT), consultado el 20 de diciembre de 2011, disponible en: www.concyteg.gob.mx
- [CON12] Consejo de Ciencia y Tecnología del Estado de Guanajuato (CONCYTEG), consultado el 31 de enero de 2012, disponible en: www.concyteg.gob.mx
- [COR05] Corona, L. (2005). México: «El reto de crear ambientes regionales de innovación». D.F., México: Fondo de Cultura Económica - CIDE.
- [DOU03] Douglas, T.J. y Ryman, J.A. (2003). «Understanding

- Competitive Advantage in the General Hospital Industry: Evaluating Strategic Competencies*». *Strategic Management Journal*, vol. 24, 333-347.
- [EST05] ESTRADA, Salvador. (2005). Indicadores regionales de la innovación: el caso de Guanajuato. En: Políticas de la Innovación en México. Las Relaciones Gobierno-Universidad-Empresa. VII Seminario de Territorio, Industria y Tecnología. Mayo, 20. Guanajuato: Universidad de Guanajuato- RIDIT.
- [ETZ00] Etkowitz, H. y Leydesdorff, L. (2000). The dynamics of innovation: from National Systems and «Mode 2» to a Triple Helix of university-industry-government relations. *Research Policy* 29(2): 109-123.
- [FRE75] Freeman, C. (1975). La teoría económica de la innovación industrial. Madrid: Alianza Universidad.
- [FRE87] Freeman, C. (1987). Technology policy and economic performance; lessons from Japan. London, Frances Printer Publishers.
- [HOS93] Hoskisson, R.; Hitt, M. y Hill, C. (1993). Managerial Incentives and Investment in R&D in Large Multiproduct Firms. *Organization Science*, vol. 4, pp. 325-341.
- [IMN07] NMX-GT-001-IMNC-2007: Sistema de gestión de tecnología - Terminología.
- [INE12] Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI), consultado el 30 de abril de 2012, disponible en: www.inegi.org.mx.
- [KLI86] Kline, S.J. y N. Rosenberg (1986). An overview of innovation . 275-307. En *The Positive Sum Strategy: Harnessing Technology for Economic Growth*, editado por R. Landau y N. Rosenberg. Washington: National Academy Press.
- [LEY06] Leydesdorff, L. y M. Meyer (2006). Triple Helix indicators of knowledge-based innovation systems - Introduction to the special issue. *Research Policy* 35(10): 1441-1449.
- [LUN02] Lundvall, B.; Johnson, B.; Andersen, E. et al. (2002). National systems of production, innovation and competence building. *Research Policy* 31(2): 213-231.
- [MEN00] Méndez, R. (2000): «*Procesos de innovación en el territorio: los medios innovadores*», en Alonso, J.L., y Méndez, R. (coord.): *Innovación, pequeña empresa y desarrollo local en España*, Biblioteca Civitas Economía y Empresa, Colección Economía, Madrid, pp. 24-59.
- [MOW98] Mowery, D.C. y Rosenberg, N. (1998). *Paths of Innovation: technological change in 20th-century America*. Cambridge: Cambridge University Press.
- [NON95] Nonaka, I. y Takeuchi, H. (1995). *The knowledge creating company*. New York, USA: Oxford University Press.
- [PAL93] Palacios, J. J. (1993) «*El concepto de región: la dimensión espacial de los procesos sociales*» en H. Ávila (comp.), *Lecturas de análisis regional en México y en América Latina*, México: Universidad Autónoma de Chapingo.
- [POR98] Porter, M.E. (1998): «*Clusters and Competition. New Agendas for Companies, Governments, and Institutions*». En *ON competition*, editado por M.E. Porter. Deusto.
- [SAB75] Sábato, J. (1975). El pensamiento latinoamericano en la problemática ciencia-tecnología- desarrollo-dependencia. Buenos Aires: Paidós.
- [SDE11] Secretaría de Desarrollo Económico (SDE), consultado el 31 de Julio de 2011, disponible en: <http://sde.guanajuato.gob.mx/>.
- [THO06] Thornhill, S. (2006). «*Knowledge, innovation and firm performance in high and low technology regimes*». *Journal of Business Venturing*, 21, 687-703.

Sobre los autores

Lorena del Carmen Álvarez-Castañón

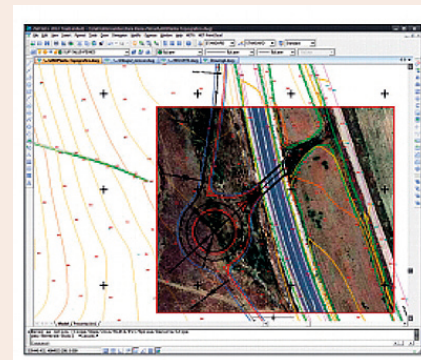
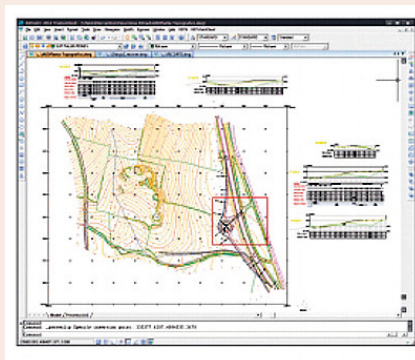
Formación profesional: Doctora en Administración, Maestra en Administración e Ingeniero en Sistemas Computacionales. Educación continua: Especialidad Tecnológica en Administración de Proyectos, catorce cursos en: innovación, desarrollo y transferencia tecnológica. Distinciones: Miembro del Sistema Nacional de Investigadores (SNI), Premio Nacional de Investigación para Académicos por la Asociación Nacional de Facultades y Escuelas de Contaduría y Administración (2012); Mérito a la excelencia académica por la Asociación Nacional de Facultades y Escuelas de Ingeniería; Mérito a la excelencia académica en el programa doctoral por la Universidad Autónoma de Querétaro. Experiencia profesional: Amplia experiencia en desarrollo tecnológico, gestión de nuevos productos y procesos, modelos de innovación, tecnologías de información y, mejores prácticas de gestión tecnológica. Participación, desde 2007, en más de treinta proyectos de innovación y desarrollo tecnológico, de empresas mexicanas en diversos sectores productivos. Desde 2002, jurado en concursos de creatividad del sistema de Institutos Tecnológicos y, desde 2007 evaluadora acreditada del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología en proyectos de Innovación y Desarrollo Tecnológico, en el área de ingeniería e industria. Actualmente, Profesora-Investigadora de tiempo completo, en la Universidad de Guanajuato, campus León. Con publicaciones en revistas indizadas y con riguroso arbitraje, asimismo, ha dictado conferencias a nivel nacional e internacional. Directora de seis tesis de maestría y una de licenciatura.

Lanzamiento de MDT CAD, solución completa y de bajo coste para todo tipo de proyectos de Topografía

TcpMDT-CAD es un programa diseñado para aquellos profesionales que buscan una herramienta para la realización de proyectos de Topografía e Ingeniería Civil sin necesidad de adquirir además una costosa licencia de CAD.

Está basado en la tecnología de ZWCAD+, una probada solución de CAD con más de 320.000 clientes en todo el mundo. Está basada en el estándar DWG, y el aspecto y la interfaz de usuario tienen un aspecto muy similar a otros CAD convencionales, por lo que hacen que se pueda comenzar a trabajar de forma inmediata.

Con la misma funcionalidad que MDT Profesional y con el CAD incluido en una sola instalación, TcpMDT-CAD es ideal para trabajar en proyectos tales como levantamientos de terrenos, carreteras y urbanizaciones, movimientos de tierras, etc.



TcpMDT-CAD es un programa diseñado para profesionales que trabajan en proyectos de Topografía e Ingeniería Civil sin necesidad de adquirir una licencia de CAD

Nuevo módulo de Registro de nubes de datos láser 3D con el programa 3DVEM – Register

El registro de nubes de datos láser, también llamado proceso de alineación u orientación relativa, permite unificar los distintos sistemas de coordenadas cartesianas 3D capturados por los escáneres láser 3D en las distintas estaciones u estacionamientos. El proceso de registro es fundamental en cualquier trabajo que requiera más de una estación, puesto que de esta operación depende que el resto de operaciones (secciones, alzados, triangulación, suavizado, etc.) presenten mínimo error cuando se integran en un solo sistema de coordenadas de referencia.

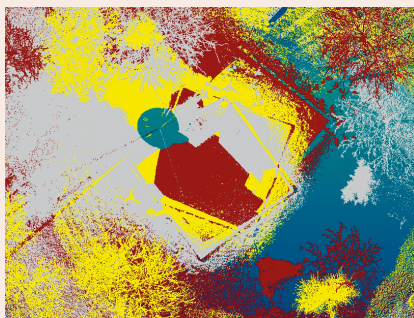
El módulo **3DVEM – Register** funciona como módulo independiente al programa gratuito **3DVEM – Viewer, Editor & Meter** que permite gestionar grandes volúmenes de información 3D capturados a partir de escáneres láser (LiDAR) aéreos y terrestres. Está disponible en dos versiones: español e inglés. Acepta diversos formatos de entrada.

El modelo matemático incorpora estimación mínimo cuadrática así como estimación robusta para la detección y desestimación eficiente de errores groseros deslizados en las observaciones realizadas. Las pruebas realizadas permiten confirmar mejoras en precisión del orden de 1-10 veces con respecto a programas comerciales utilizando los mismos observables, siendo lo usual de 3-5 veces la mejora conseguida. Asimismo, el interfaz es muy amigable e intuitivo, y facilita suficientes datos esta-

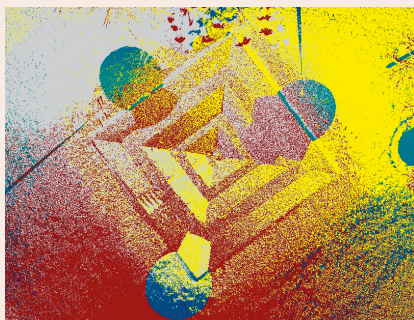
dísticos como para aceptar o recalcular la solución alcanzada.

A diferencia de otras herramientas existentes en el mercado, el programa **3DVEM – Register** funciona en modo automático (autónomo) o manual. El programa es capaz de seleccionar la mejor solución de entre las muchas existentes en cualquier ajuste de triangulación o de poligonación mediante escáner láser. Es un programa pensado para resolver cualesquiera operativa de campo con máxima precisión.

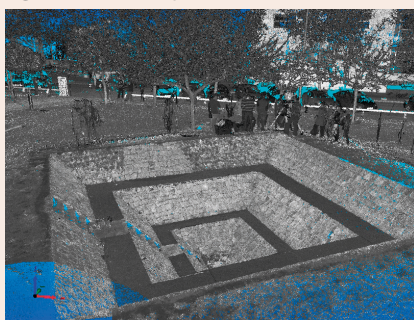
El programa **3DVEM – Register** ha sido desarrollado por el Grupo de Investigación en Fotogrametría y Láser Escáner (GIFLE) del Departamento de Ingeniería Cartográfica, Geodesia y Fotogrametría de la Universitat Politècnica de València. Más información referente al producto **3DVEM** puede consultarse en: <http://goo.gl/WsqEU>.



Vista en planta de varias nubes de puntos crudas (sin registrar) coloreadas por estación.



Vista en planta de las nubes de puntos tras el registro coloreadas por estación.



Vista 3D de las nubes de puntos tras el registro.

Red smeSpire: el futuro parece brillante para las Pyme del sector Geo-TIC!

Sarriguren, abril 2013

smeSpire, el proyecto financiado por la Unión Europea de dos años de duración que está permitiendo a las empresas pequeñas y medianas del sector Geo-TIC (Pyme) transformar los desafíos de INSPIRE en oportunidades de negocio, está llegando a un momento crucial. Después de su primer año de vida, la red smeSpire ha crecido de 15 a 230 Pymes del sector Geo-TIC en 20 países y ha comenzado el proceso de elaborar un inventario de

déficits en las aptitudes que son necesarias para tratar de una manera rentable todos los aspectos de la modernización de la gestión de información geográfica en el conjunto del e-gobierno. En los seis próximos meses, el consorcio concluirá el análisis de déficits, siguiendo a lo cual se presentarán las propuestas de soluciones a los miembros de la red smeSpire para poder madurar sus aptitudes, y aumentar así su potencial de mercado.

El valor de la red smeSpire consiste no sólo en la adquisición de nuevo conocimiento, sino también en que éste rinda sus frutos. La red tiende un puente entre las Pyme y otras organizaciones que son actores clave en el desarrollo y la puesta en práctica de INSPIRE. Esto creará nuevas oportunidades para las Pyme que participan en la red.

«Estamos muy contentos de habernos unido a la red smeSpire» comentaba Ken Harkin, encargado de desarrollo de negocio en Sparx Systems, desde el estado de Victoria, Australia. «Estoy convencido que participar en la red smeSpire será mutuamente beneficioso. Australia está observando con gran interés a INSPIRE, y creemos que con la implicación de Sparx Systems damos una dimensión global a smeSpire que esperamos conducirá a todavía más oportunidades de negocio». Sparx Systems desarrolla Enterprise Architect, el estándar de la industria para el modelado de datos y sistemas.

Otras dos nuevas oportunidades están reservadas para las pymes del sector geo-TIC:

- El premio CEN/TC 287 a la excelencia y la innovación en la Conferencia INSPIRE 2013 en Florencia del 23 al 27 de Junio, patrocinado conjuntamente por smeSpire, Sparx Systems y GiStandards, en el que se premiará con 2500€ a la Pyme más innovadora.
- La sesión «Impulsando las fortalezas de las Pyme en INSPIRE» en el Geospatial World Forum 2013 en Rotterdam del 13 al 16 de Mayo conjuntamente organizado por Geospatial Media and Communications, JRC y smespire, donde las Pyme seleccionadas, recibirán del JRC una contribución financiera

para recuperar una parte de sus costes de participación.

Las «Pyme tendrán un papel vital en el éxito de INSPIRE y su evolución. Estos acontecimientos son un reconocimiento de ese hecho, y suponen una excelente oportunidad para que las Pyme del sector Geo-TIC muestren sus experiencias innovadoras, pero también sirven para manifestar los obstáculos que encuentran en la implementación y uso de INSPIRE» comentó Paul Smits del JRC.

«Lo que es muy prometedor este año es la sesión adicional reservada para la concesión de los premios a las Pyme del sector Geo-TIC que presentan aplicaciones innovadoras. Además de las instituciones académicas, el sector privado, y particularmente las Pyme, pueden ser también líderes en innovación», explicaba Martin Ford, secretario del CEN/TC 287, organismo europeo para los estándares de información geográfica, en consonancia con Danny Vandenbroucke, secretario de AGILE, asociación de los laboratorios de información geográficos en Europa, que está a cargo del proceso de evaluación de la concesión del premio.

En el otro extremo de la escala espacial cubierta por la red smeSpire, dos acontecimientos a nivel nacional merecen ser mencionados: la 4ª conferencia HUNAGI, en Budapest, el 4 abril de 2013 y los dos talleres organizados en Alemania por el socio del smespire PSU.

«Estamos muy contentos de tener una representación del proyecto smeSpire en nuestra 4ª conferencia, para consolidar nuestra participación en la red smeSpire y atraer más Pyme húngaras del sector Geo-TIC a los procesos de implantación de INSPIRE» dijo Gabor Remetey, secretario general de HUNAGI.

«Durante los dos talleres realizados en Múnich el 19 de Marzo y en Münster el 20 de Marzo, varias Pyme alemanas del sector Geo-TIC han aprendido sobre las oportunidades ofrecidas por INSPIRE» comentaba Johannes Gnädinger, Director Gerente de PSU.

Todavía no eres miembro de la red smeSpire? Únete a nosotros en www.smespire.eu

Mintur presentó el SIET

El Sistema de Información y Estadística Turística es una herramienta de información turística realizada por el Instituto Geográfico Nacional y la Subsecretaría de Desarrollo Turístico.

La novedosa herramienta de integración de gestión turística fue presentada en el **evento FOSS4G Buenos Aires, realizada del 24 al 26 de abril**, de referentes de la comunidad internacional de expertos en Geomática libre; una disciplina que integra las ciencias empleadas en la adquisición y manejo de información geográficamente referenciada.

El evento contó con la participación de representantes de Argentina, Colombia, Bolivia, Uruguay, México, Brasil, y Francia, y en el cual participaron expertos de España, Canadá, EE.UU. y Brasil.

La presentación estuvo a cargo del equipo técnico de la Subsecretaría de Desarrollo Turístico (SSDT) y se expusieron las principales características del sistema; y sobre el valor estratégico que tiene la información geo-referenciada para el sector turístico. En este sentido, se destacó que el **SIET** consolida el proceso de gestión de la información y el conocimiento turístico; y contribuye a una adecuada planificación, gestión y toma de decisiones en el sector, en pos de un modelo de desarrollo inclusivo, equitativo y federal.

Asimismo, durante el encuentro se trataron diferentes tecnologías relacionadas con la geomática libre y que cada vez están más presentes en los desarrollos relacionados con la actividad turística, entre ellas: *QGIS, MapProxy, gvSIG, PostGIS, MapServer, OpenStreetMap* y *GeoServer*.

Este evento se realiza todos los años en distintas ciudades del mundo. El FOSS4G Buenos Aires estuvo organizado por los mismos expertos en geomática libre y contó con el auspicio de diferentes organizaciones, entre otras, por *OSGeo*, una institución internacional creada para promover y construir el software geoespacial abierto de la más alta calidad.



Fuente: *pulsoturistico*

El Centro Cartográfico del Ejército del Aire en el Instituto Geográfico Nacional

El pasado 17 de abril el Escuadrón de Enseñanza del Centro Cartográfico y Fotográfico del Ejército del Aire (CECAF), llevó a cabo una visita a las instalaciones del Instituto Geográfico Nacional (IGN) en Madrid. Dicha visita tiene una especial significación e interés debido a las estrechas relaciones de trabajo que tradicionalmente vienen manteniendo ambos organismos.

La delegación fue recibida por el director del Centro Nacional de Información Geográfica (CNIG), organismo autónomo encargado de la comercialización

de la cartografía producida por el IGN, acompañado por los diferentes Jefes de Área del Instituto.

A largo de la jornada, los visitantes recibieron detalladas explicaciones sobre los trabajos y proyectos en los que actualmente está inmerso el Instituto Geográfico, en particular, en lo referente a la potenciación de las modernas tecnologías de la información para la creación de los diferentes productos cartográficos y la difusión del catálogo a través de internet.

Asimismo, tuvieron la oportunidad de acceder a los talleres en los que se imprime y prepara para su distribución posterior la cartografía temática de toda España, de forma análoga a como se realiza en el CECAF con la Cartografía Aeronáutica de uso oficial en las Fuerzas Armadas.



El Escuadrón de Enseñanza del Centro Cartográfico y Fotográfico del Ejército del Aire (CECAF) en su visita a las instalaciones del Instituto Geográfico Nacional (IGN) en Madrid

Suscripción a la revista Mapping

Subscriptions and orders

Datos del suscriptor / Customer details:

Nombre y Apellidos / Name and Surname: _____

Razón Social / Company or Institution name: _____ NIF-CIF / VAT Number: _____

Dirección / Street address: _____ CP / Postal Code: _____

Localidad / Town, City: _____ Provincia / Province: _____

País - Estado / Country - State: _____ Teléfono / Phone: _____

Móvil / Mobile: _____ Fax / Fax: _____

e-mail: _____ Fecha / Order date: ____/____/____

SUSCRIPCIÓN / SUBSCRIPTION:

- España / Spain : 60€
- Europa / Europe: 90€
- Resto de Países / International: 120€

Precios de suscripción por año completo 2013 (6 números por año) Prices year 2013 (6 issues per year):

NÚMEROS SUELTOS / SEPARATE ISSUES:

- España / Spain : 15€
- Europa / Europe: 22€
- Resto de Países / International: 35€

Los anteriores precios incluyen el IVA. Solamente para España y países de la UE The above prices include TAX Only Spain and EU countries

Forma de pago / Payment:

Transferencia a favor de eGeoMapping S.L. al número de cuenta CAIXABANK, S.A.:

2100-1578-31-0200249757

Bank transfer in favor of eGeomapping S.L., with CAIXABANK, S.A.:

IBAN nº: ES83-2100-1578-3102-0024-9757 (SWIFT CODE: CAIXAESBBXXX)

Distribución y venta / Distribution and sale:

Departamento de Publicaciones de eGeoMapping S.L.

C/ Linneo 37. 1ºB. Escalera central. 28005-Madrid

Tels: (+34) 91 301 05 64 ; (+34) 655 95 98 69

Fax: (+34) 91 746 70 06

e-mail: info@mappinginteractivo.es

www.mappinginteractivo.es

Firma _____

Prague Geo Summit 2013



01-06-2013 / 02-06-2013

- Prague, Czech Republic
- Contact: jana@appsevents.com
- Website: <http://www.praguegeosummit.org>

HxGN LIVE



03-06-2013 / 06-06-2013

- Siegen, Germany
- Contact: contactus@hexagonconference.com
- Website: <http://conference.hexagon.com/>

UAVveek 2013



microdrones.com

03-06-2013 / 03-06-2013

- Siegen, Germany
- Contact: info@hauspatmos.de
- Website: <http://www.microdrones.com/UAVveek/civil/index.php?goback=%>

33rd EARSeL Symposium 2012



03-06-2013 / 06-06-2013

- Matera, Italy
- Contact: secretariat@earsel.org
- Website: <http://www.earsel.org/symposia/2013-symposium-Matera/index.php>

EOGC2013

JOINT CIG ANNUAL CONFERENCE AND EOGC'2013
TORONTO, ONTARIO, CANADA, 5-7 JUNE 2013

05-06-2013 / 07-06-2013

- Toronto, ON, Canada
- Contact: geoinfo5@ryerson.ca
- Website: <http://eogc2013.blog.ryerson.ca/>

FOSSGIS 2013



12-06-2013 / 14-06-2013

- Gelände der HSR Hochschule für Technik, Rapperswil, Switzerland
- Contact:
- Website: www.fossgis.de/konferenz/2013

13th SGEM GeoConference and Expo



16-06-2013 / 22-06-2013

- Albena, Bulgaria
- Contact: sgem@sgem.org
- Website: <http://www.sgem.org>

MundoGEO#Connect LatinAmerica 2013



18-06-2013 / 20-06-2013

- Sao Paulo, Brasil
- Contact: imprensa@mundogeo.com
- Website: <http://mundogeoconnect.com/2013/>

FIG Technical Seminar – Reference Frame in Practice



21-06-2013 / 22-06-2013

- Manila, Philippine
- Contact: mikael.lilje@lm.se
- Website: <http://www.fig.net/events/events2013.htm>

ICEO&SI 2013



23-06-2013 / 25-06-2013

- Tainan, Taiwan
- Contact: <http://2013.iceo-si.org.tw/contact>
- Website: <http://2013.iceo-si.org.tw>

INSPIRE Conference 2013: INSPIRE the Green Renaissance



23-06-2013 / 27-06-2013

- **Florenca**
- **Contact:** karen.fullerton@jrc.ec.europa.eu
- **Website:** http://inspire.jrc.ec.europa.eu/events/conferences/inspire_2013/

ILSC 2013, 3rd Imaging and Lidar Solutions Conference



25-06-2013 / 27-06-2013

- **Holiday Inn Toronto Yorkdale, Toronto, Canada**
- **Contact:** conference@optech.com
- **Website:** www.optech.com/ilsc2013

RIEGL International Airborne, Mobile, Terrestrial, and Industrial User Conference 2013



25-06-2013 / 27-06-2013

- **Marriott, Vienna, Austria**
- **Contact:** , userconference2013@rieglusa.com
- **Website:** www.riegl.com

ICL-GNSS 2013



25-06-2013 / 27-06-2013

- **Torino, Italy**
- **Contact:** fabio.dovis@polito.it
- **Website:** http://www.tlc.polito.it/~dovis/ICL_GNSS/Home.html

9th China International Coal Equipment & Mine Technical Equipment Exhibition



28-06-2013 / 30-06-2013

- **Beijing, China**
- **Contact:** kindlee@iceme.com
- **Website:** <http://www.iceme.com/en/>

25th International Conference on the History of Cartography



30-06-2013 / 05-07-2013

- **Helsinki, Finland**
- **Contact:** mirja.metsala@espo.fi
- **Website:** <http://ichc2013.fi/>

GI_Forum 2013



02-07-2013 / 05-07-2013

- **Salzburg, Austria**
- **Contact:** office@gi-forum.org
- **Website:** www.gi-forum.org

The 9th European Conference on Precision Agriculture



07-07-2013 / 11-07-2013

- **Lleida, Catalonia, Spain**
- **Contact:** userconference2013@rieglusa.com
- **Website:** www.ecpa2013.udl.cat/registration_acomodation.html

1 Envío y aceptación.- Los trabajos para la publicar en la revista MAPPING en su versión papel, tendrán que ceñirse a las normas contenidas en los siguientes apartados. Sólo se aceptarán trabajos originales que no hayan sido publicados anteriormente y que no hayan sido enviados a otras revistas. Es única responsabilidad del autor, garantizar que la obra enviada es inédita, no habiendo sido publicada anteriormente. Se devolverán a sus autores los que no cumplan con los requisitos descritos en estas normas.

2 Admisión de originales.- Todos los originales recibidos serán examinados como mínimo por dos evaluadores externos en la modalidad de «revisión por pares», cuyas sugerencias se enviarán a los autores con el fin de que realicen las modificaciones pertinentes previa a su publicación. La extensión de los originales no podrá ser superior a 8000 palabras, incluyendo tablas y figuras.

3 Título.- El título de los trabajos deberá ser explícito y preciso, reflejando sin lugar a equívocos su contenido, en español e inglés. A continuación, se indicará nombre y apellido del autor o autores, organismo o centro de trabajo y direcciones de correo electrónico de las personas de contacto.

4 Resumen.- Los artículos deberán ir precedidos de un resumen en español e inglés (150 palabras cada uno como máximo) que incluirá una descripción clara de los objetivos, el planteamiento y conclusiones del trabajo desarrollado.

5 Palabras clave.- Se incluirán al menos 4 palabras clave en español y en inglés.

6 Redacción del texto y presentación.- La redacción será lo más clara y concisa posible. Los trabajos deberán enviarse en formato electrónico Microsoft Word u Open Office, con las imágenes en su lugar, a la dirección de correo electrónico info@mappinginteractivo.es, y en caso necesario se enviará un CD a la empresa responsable de la gestión y dirección de la revista Mapping:

eGeoMapping S.L.
C/ Jerez de los Caballeros nº2
Centro de Negocios BBCLement
28042 – Madrid
España

Se aceptarán notas a pie de página, siempre que sean las mínimas indispensables. La publicación impresa se realizará en color.

7 Bibliografía.- La bibliografía deberá reducirse a la indispensable que tenga relación directa con el trabajo enviado. Se evitarán los comentarios extensos sobre las referencias mencionadas. Las citas en el texto se harán mediante números entre paréntesis. Las referencias citadas se incluirán siempre a final del trabajo presentado y numeradas correlativamente. Cuando la referencia disponga de DOI (Digital Object Identifier) deberá indicarse al final de la misma. En cada cita se consignarán los datos en el formato APA:

Para libros de un autor:

- Jurado, Y. (2002). *Técnicas de investigación documental*. México: Thompson.
- Muñoz, R. (2002). *Estudio práctico de la fusión y escisión de sociedades*. México: ISEF.

Se anota un punto después del paréntesis, el título se escribe en cursiva y, si la obra es en lengua española, las palabras del título se escriben con minúscula, salvo por supuesto la primera palabra y los nombres propios; en el caso de las obras en inglés, los sustantivos, los verbos y los adjetivos se escriben con mayúscula inicial.

Para libros de dos o más autores:

- Kurosawa, J., y Armistead, Q. (1972). *Hairball: An intensive peek behind the surface of an enigma*. Hamilton, Ontario, Canada: McMaster University Press.

Para capítulo en un libro:

- McDonalds, A. (1993). *Practical methods for the apprehension and sustained containment of supernatural entities*. In G. L. Yeager (Ed.), *Paranormal and occult studies: Case studies in application* (pp. 42-64). London, England: OtherWorld Books.

Para Tesis o disertación (de doctorado o de maestría):

- McDonalds, A. (1991). *Practical dissertation title* (Tesis doctoral no publicada). Gainesville, FL: University of Florida.

Para artículo en un diario impreso:

- Wrong, M. (2005, 17 de agosto). "Never gonna give you up," says mayor. *Toronto Sol*, p. 4.
- Rottweiler, F. T., & Beauchemin, J. L. (1987). Detroit and Narnia: Two foes on the brink of destruction. *Canadian/American Studies Journal*, 54, 66-146.
- Kling, K. C., Hyde, J. S., Showers, C. J., & Buswell, B. N. (1999). Gender differences in self-esteem: A meta-analysis. *Psychological Bulletin*, 125, 470-500. doi:10.1037/0033-2909.125.4.470

Para artículo en una sección de un periódico con numeración no continua:

- Crackton, P. (1987). The Loonie: God's long-awaited gift to colourful pocket change? *Canadian Change*, 64(7), 34-37.
- Si se especifica el volumen, irá en cursivas. Si sólo se especifica el número, no es necesario.

Para artículo en una revista semanal:

- Henry, W. A., III. (1990, 9 de abril). Making the grade in today's schools. *Time*, 135, 28-31.

Para artículo en una revista semanal que también tiene sitio web:

- Hoff, K. (2010, 19 de marzo). Fairness in modern society. *Science*, 327, 1467-1468. doi:10.1126/science.1188537

Para hacer referencias electrónicas:

- Para referencias a sitios de Internet, artículos en línea y similares, el estilo APA tiene algunas reglas básicas:
- Incluir la fecha de revisión solo cuando el contenido puede cambiar (por ejemplo en wikis).
- Incluir todos los otros detalles relevantes para la búsqueda.

8 Tablas, figuras y fotografías.- Se enviarán solo tablas y figuras que sean realmente útiles, claras y representativas. Estarán numeradas correlativamente según la cita en el texto. Cada figura tendrá su pie explicativo, indicándose el lugar aproximado de colocación. Las tablas y figuras se mandarán en ficheros aparte a ser posible en formato comprimido. Las fotografías deben enviarse en formato JPEG o TIFF, las gráficas en EPS o PDF y las tablas en word, excel u open office. Las fotografías y figuras deben ser diseñadas con una resolución mínima de 300 píxeles por pulgada (ppp).

9 Fórmulas y expresiones matemáticas.- Debe perseguirse la máxima claridad de escritura, procurando emplear las formas más reducidas o que ocupen menos espacio. En el texto se numerarán entre corchetes.

10 Sobre los autores: se deberá incluir una breve referencia profesional sobre los autores al final del artículo.

11 Pruebas.- Se enviarán a los autores las pruebas de imprenta en formato electrónico y deberán revisarlas en un plazo máximo de una semana. En la corrección de pruebas no se admitirán modificaciones del texto original.

12 Publicación «en-línea».- Los trabajos pueden publicarse «en-línea» posteriormente a la publicación impresa en formato papel, en la página web de Mapping (www.mappinginteractivo.com). Esta publicación «en-línea» podrá tener su versión en inglés suministrada por el propio autor, sometida a correcciones por el departamento de traducciones de la revista Mapping.

13 Entrega de ejemplares.- De cada trabajo publicado, se entregará a todos los autores un archivo en formato PDF, revista completa en formato electrónico mediante enlace descargable y 3 ejemplares en formato papel.

14 Normativa y jurisprudencia.- El artículo después de ser publicado en la revista Mapping seguirá siendo de Propiedad Intelectual de su autor.

15 Otras consideraciones.- Se evitará siempre que sea posible toda información que pueda parecer publicidad o propaganda injustificada de cualquier marca comercial o solución tecnológica concreta.

Las únicas menciones a marcas, soluciones, empresas y nombres comerciales se harán siempre por motivos estrictamente científico-técnicos y con la máxima objetividad y neutralidad.

Se evitará también toda información que pueda ser considerada opiniones subjetivas no fundamentadas y razonadas. Todo lo publicado debe ser información objetiva y demostrable, apoyada en evidencias o bien, opiniones argumentadas y justificadas, nunca gratuitas.

MundoGEO

del 18 al 20
de junio
2013

REGÍSTRATE
en la feria **GRATIS**

¡La entrada a la feria es libre! Inscríbete en el sitio del evento y evita colas.

INSCRÍBETE
en el evento

Son más de 19 actividades divididas en seminarios, mini cursos, foros, eventos paralelos y workshops.

#connect

LatinAmerica 2013

NUEVAS IDEAS, GRANDES SOLUCIONES

La mayor Conferencia y Feria de Geomática y Soluciones Geoespaciales de Latinoamérica

Entérate de más en mundogeoconnect.com/es

¡Síguenos también por las redes sociales!



¡CUPOS LIMITADOS!

Edición Anterior



+ 120
PONENTES



+ 3.350
PARTICIPANTES



+ 27 PAÍSES
PARTICIPANTES



FERIA CON
+ 70 MARCAS
GLOBALES

CENTRO DE CONVENCIONES FREI CANECA - SAO PAULO (SP) - BRASIL

Más informaciones: +55 (41) 3338 7789

Comercial • Jarbas Reichert
jarbas@mundogeo.com

Programación • Eduardo Freitas
eduardo@mundogeo.com

MINISTERIO DE FOMENTO
INSTITUTO GEOGRÁFICO NACIONAL
CENTRO NACIONAL DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA

cartografía digital

www.ign.es



GOBIERNO
DE ESPAÑA

MINISTERIO
DE FOMENTO

Oficina central y comercialización:
General Ibáñez de Ibero, 3 • 28003 MADRID
Teléfono: +34 91 597 94 53 • Fax: +34 91 553 29 13
e-mail: consulta@cnig.es

CENTRO DE DESCARGAS DE DATOS

<http://centrodedescargas.cnig.es/CentroDescargas/index.jsp>

BASE CARTOGRÁFICA NUMÉRICA (BCN 1000, 50, 200, 25),

MAPA TOPOGRÁFICO NACIONAL (MTN50,25),

MODELO DIGITAL DEL TERRENO (MDT1000, 200, 25),

LÍNEAS LÍMITE, BASE DE DATOS DE POBLACIÓN, MAPA DE USOS DEL SUELO,
ATLAS NACIONAL DE ESPAÑA, CARTOGRAFÍA TEMÁTICA.