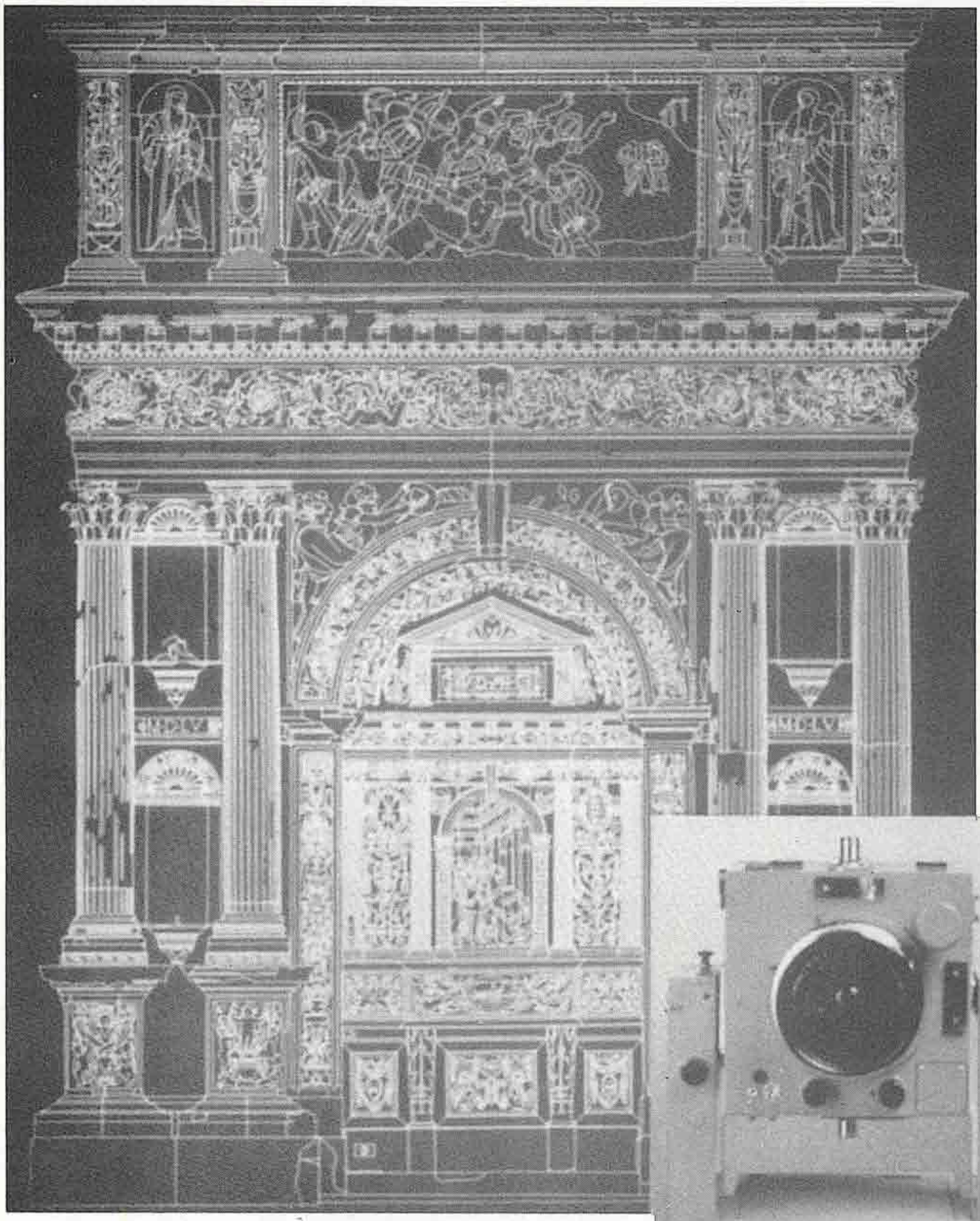
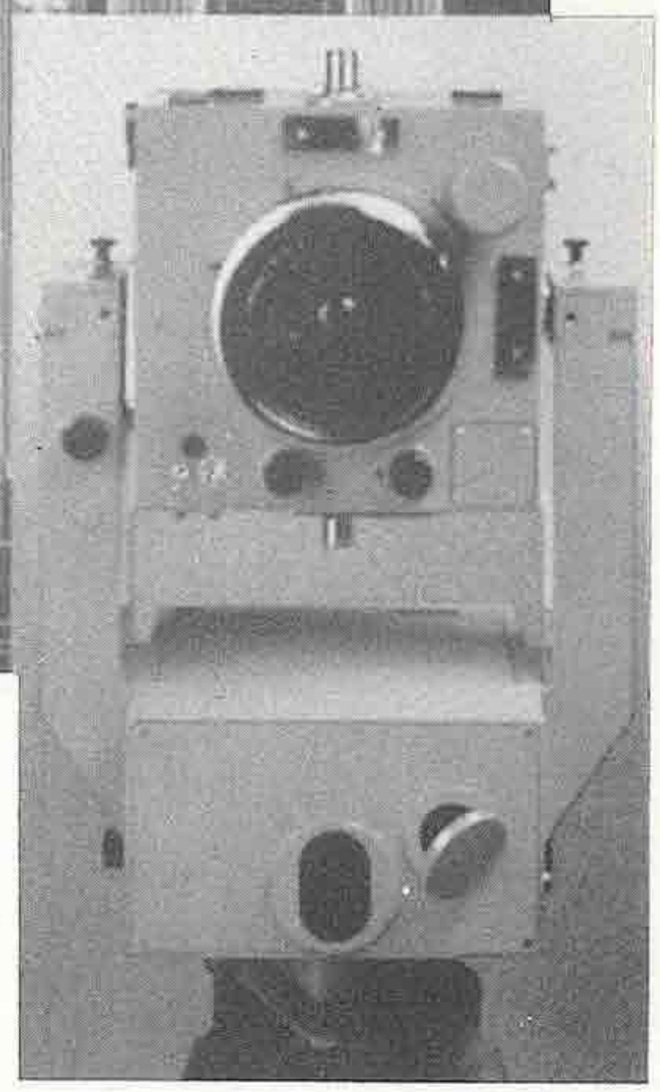
TOPOGRAFIA y CARTOGRAFIA

TOPCART REVISTA DEL COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS TECNICOS EN TOPOGRAFIA

Restauración de Monumentos Históricos





CAMARA FOTOGRAMETRICA UNIVERSAL UMK 1318

CARL ZEISS JENA

Carl Zeiss JENA Española, S.A.

Representante Oficial de VEB Carl Zeiss JENA (R.D.A.)

MADRID: Jorge Juan, 19. 4.º - Teléf. 435 10 10 - 28001-Madrid
BARCELONA: Ronda de San Pedro, n.º 19-21. 1.º, 3.ª. Teléfono: 318 57 16 - 08010-BARCELONA

PENTAX®

ELECTRONIC TOTAL STATION PTS-10

Grafinta
SOCIEDAD ANONIMA

DISTRIBUIDOR EN EXCLUSIVA
PARA ESPAÑA

AVDA. ISLAS FILIPINAS, 46
Teléf. (91) 253 72 07 (3 líneas)
MADRID - 28003
Telegramas GRAFINTA MADRID
Telex 45089 GRFN N

Al hacer un seguro, lo primero que aseguramos es un buen servicio.

Desde 1864 los seguros son nuestra profesión. A la hora de hacer uno, la máxima preocupación es apoyarlo con un servicio completo Mantener el contacto con nuestros clientes poniendo a su disposición toda nuestra experiencia y la confianza que ésta nos da. Ofrecer rapidez y solvencia a la hora de cubrir cualquier riesgo. Para hacer nuestro servicio más fluido hemos adoptado los más modernos sistemas de control de datos, agilizando todas las gestiones, dando mayor fluidez a todas las acciones. Sin embargo, esta tecnología no sería suficiente si en La Unión y El Fénix Español no contásemos con hombres preparados y responsables, con cuya labor nuestro servicio, además de eficaz, es amable y humano.

Seguro.

TANDEM

LA UNION Y EL FENIX ESPAÑOL.

Su compañía de seguros de toda la vida.

SDM3FR

TOTAL STATION

with electronic angle sensor for auto-reduction

Promoción Lanzamiento
Neto 1.400.000, Ptas.

Distribuidor en exclusiva:
ISIDORO SANCHEZ, S. A.
Ronda de Atocha, 16
28012-Madrid
Teléfs. 467 61 28
228 38 34

SOKKISHA

empresas asociadas

ASTOFO

La asociación empresarial de trabajos topográficos y fotogramétricos, miembro de la CEIM, cumpliendo los fines que le son propios, da a conocer la relación de las empresas que la integran.

AEROFOTO S.A. Comandante Zorita nº 8. T. 254 98 41 -28020-Madrid
AEROGRAM S.A. Maldonado nº 13. T. 413 81 58 -28006-Madrid
AEROTOPO S.A. Castelló nº 62. T. 431 58 84 -28001-Madrid
AZIMUT S.A. Marqués de Urquijo nº 11. T. 241 05 00 -28008-Madrid
A. PETIT. Pez Volador nº 22. T. 273 27 75 -28007-Madrid
CARIBERSA. Príncipe de Vergara nº 55. T. 411 34 08 -28006-Madrid
CARTOCIVIL S.A. Paseo Reina Cristina nº 6. T. 252 44 43 -28014-Madrid
CARTOGESA. Francisco Luján nº 17. T. 267 50 58 -28027-Madrid
CETA S.A. Doctor Esquerdo nº 167. T. 409 36 40 -28007-Madrid
CETFA S.A. Serrano nº 211. T. 259 14 00 -28016-Madrid
EDEF S.A. Marqués de Lema nº 7. T. 254 42 67 -28003-Madrid
EILA S.A. Jarama nº 7. T. 458 65 37 -28016-Madrid
ERENA S.A. Príncipe de Vergara nº 215. T. 457 02 69 -28016-Madrid
ESTEREOTOPO S.L. Serrano nº 220. T. 259 72 85 -28016-Madrid
ESTOSA. Fernando el Católico nº 61. T. 449 59 54 -28015-Madrid
GEOCART S.A. Avda. de América nº 49. T. 415 03 50 -28002-Madrid
GEOMAP. Villanueva nº 2. T. 431 11 97 -28001-Madrid
INCAR S.A. Avda. Menéndez Pelayo nº 85. T. 252 36 66 -28007-Madrid
INTECPLAN S.A. Pedro Texeira nº 10. T. 456 44 79 -28020-Madrid
LEM S.A. Paseo de la Habana nº 137. T. 457 69 14 -28016-Madrid
NEURRI S.L. Aldapa Bide nº 6. T. 27 63 51 -20012-San Sebastián
OTECAR S.A. Montnegre nº 18. T. 322 00 25 -08029-Barcelona
PAISAJES ESPAÑOLES. Francisco Silvela nº 44. T. 246 20 10 -28028-Madrid
PROTOCAR S.A. La Rábida nº 23. T. 450 79 90 -28020-Madrid
STEREOCARTO S.L. Antonia Ruiz Soro nº 11. T. 255 84 49 -28028-Madrid
TASA. Gran Vía n.º 31 - 6.º. T. 231 68 59 - 28013 - Madrid
T.F.A. S.A. Gran Vía n.º 31 - 8.º. T. 231 67 62- 28013 - Madrid
TICSA. Fernández de la Hoz nº 58. T. 441 62 77 -28010-Madrid
TOPONOVA. Jesús Aprendíz nº 13. T. 273 94 90 -28007-Madrid
TOPYCAR S.L. Avda. Menéndez Pelayo nº 81, T. 433 35 97 -28007-Madrid

---

Domicilio social: Avda. de América, 47 - Tel. 415 03 50 - 28002 - Madrid

---

El que puede elegir . . .

. . . se decide por la concepción informática de topometría Wild Heerbrugg!

El probado sistema de medición T2000 ha sido ampliado con dos nuevos instrumentos:

el T2000S con anteojo especial de gran potencia, y el TC2000 con distanciómetro integrado.

Los tres instrumentos son compatibles con el terminal de datos Wild GRE3 y demás accesorios Wild.

T2000: el probado teodolito informático como punto central del sistema modular de medición Wild; más de mil instrumentos están siendo utilizados en todo el mundo.

T2000S con anteojo especial de gran potencia para la precisión más elevada en industria y geodesia. Si se desea, con dispositivo de autocolimación incorporado.

TC2000 con distanciómetro integrado. Un taquímetro electrónico compacto que reúne las características especiales del T2000 y del Wild DISTOMAT DI5.

¡Convénzase Vd. mismo!
¡Pida la documentación completa!

Cupón

Quisiera más información sobre «teodolitos electrónicos y taquímetros». Les ruego me envíen sin compromiso la documentación actual.

Apellidos: _____

Nombre: _____

Calle, n°: _____

Lugar, población: _____

G 81-85

INGEO SA
Gran Vía Corts Catalanes, 289 - E - 08014 BARCELONA
Tel. 93/431 50 00 - Telex 98828 igeo e

WILD HEERBRUGG

SERVICIOS: VENTA-ALQUILER REPARACION
ALQUILER CON OPCION A COMPRA APARATOS
DE OCASION OPERACION CAMBIO

Distribuidor en exclusiva ISIDORO SANCHEZ, S.A.
Ronda de Atocha, 16, 28012 Madrid.
Teléfs. 467 61 28 228 38 34

NOVEDAD
SOKKISHA

7.000 m
en buenas condiciones

SOKKISHA

VOL. II Núm. 15
Julio - Agosto

TOPOGRAFIA y CARTOGRAFIA

REVISTA DEL ILUSTRE COLEGIO OFICIAL
DE INGENIEROS TECNICOS EN TOPOGRAFIA

SUMARIO

Pág.

SECCION HISPANOAMERICANA..... 9

CARTOGRAFIA MATEMATICA..... 11
M. J. Sevilla

CARTOGRAFIA DIGITAL APLICADA A LA GESTION URBANA y III 23
Empresa Municipal de Informática

UNA EXPERIENCIA CARTOGRAFICA EN LA GERENCIA DE URBANISMO DE SEVILLA ... 31
Julio Madrigal Asenjo

GESTION DE REDES MEDIANTE INFORMATICA GRAFICA..... 35
Luís Marqués de Oleza y Gabriel Morro Truyol

ESTUDIO TOPOGRAFICO DE LAS DEFORMACIONES EN LA SUPERFICIE TERRESTRE 43
F. M. Martínez y P. J. Cavero

DESARROLLOS ACTUALES DE LAS MEDICIONES DE ALTA PRECISION EN APLICACIONES INDUSTRIALES Y DE INGENIERIA 49
Allan A. L.

VIDA PROFESIONAL..... 59

CONSEJO DE REDACCION:

Junta de Gobierno del Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos en Topografía

DIRECCION, REDACCION, ADMINISTRACION Y PUBLICIDAD

Paseo de la Castellana, 210
28016 - Madrid
Telefonos 457 26 77 y 78

Depósito Legal: M - 12.002 - 1984
ISSN: 0212-9280
Titulo clave: TOPCART Topografía y Cartografía
IMPRIME: Imprenta del Patronato de Huérfanos del Ejército de Tierra.

Los trabajos publicados expresan sólo la opinión de los autores y la Revista no se hace responsable de su contenido.

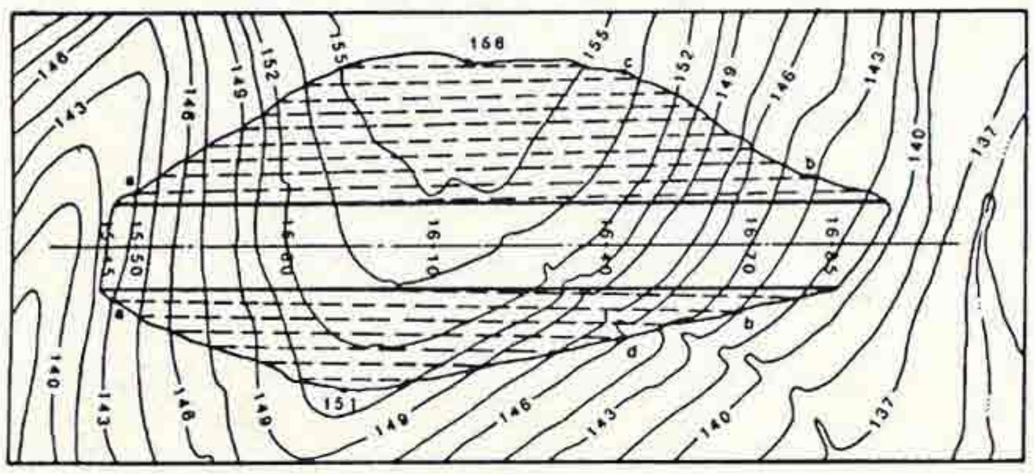
Prohibida la reproducción parcial o total de los articulos sin previa autorización e indicación de su origen.

Nuestra portada: Sección mostrando el interior del Nivel KERN GK 2 - A.

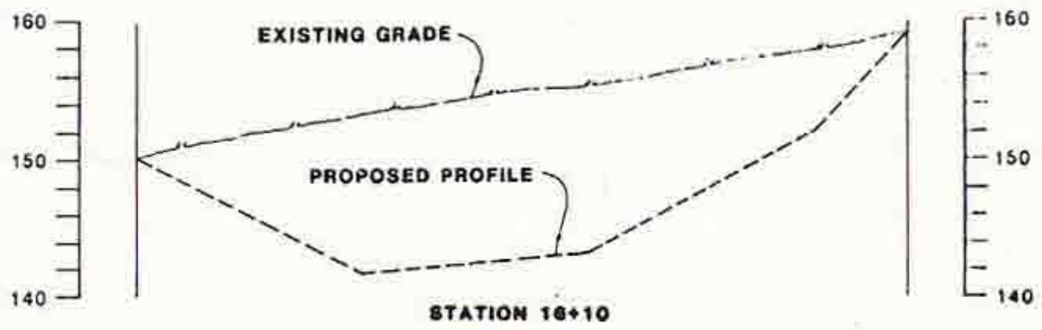
Grafinta SOCIEDAD ANONIMA
AVDA. ISLAS FILIPINAS, 46 - MADRID-3 (91) 253 72 07 (3 líneas)
Telegramas: GRAFINTA - MADRID
Telex: 45089 CRFN-E

VOLUMENES (c)
Movimientos de Tierra

VOLUMENES (c) Es un programa completo de cálculo de movimientos de tierra (desmonte y terraplén) que toma como base de partida perfiles transversales dados a lo largo de un eje.



PLAN



VOLUMENES (c) Es fácil de usar. Las opciones del programa se muestran en forma de "menu" de tal forma que incrementa la productividad y elimina la necesidad de referirse constantemente al manual.

CARACTERISTICAS

- Vólumenes de desmonte y terraplén de hasta 50 estaciones en una sola operación.
- Cálculo de vólumenes virtualmente ilimitado mediante operaciones consecutivas.
- Cada perfil puede definirse mediante puntos definidos por coordenadas (admite hasta un máximo de 30 puntos).
- El programa permite el listado de datos de los perfiles transversales por pantalla, de una manera fácil y rápida.
- Pueden añadirse o suprimirse secciones en cualquier punto a lo largo del eje central.
- Utilización de métodos para el cálculo de vólumenes.
- Las unidades se expresan tanto en sistema métrico como en sistema sajón.
- Todos los datos pueden ser archivados en discos flexibles para cálculos posteriores.
- Todos los resultados pueden detallarse en forma resumida o detallada.
- El programa puede leer ficheros de datos procedentes de otros programas tales como NCH (c) (Cálculo de Características Hidraúlicas de canales).
- Los datos introducidos pueden ser rápidamente vistos en pantalla.
- El dibujo de pantalla de perfiles existentes ó proyectados incluyen escalas verticales y horizontales.
- Los gráficos de los perfiles aparecidos en pantalla pueden editarse por impresora.

SECCION HISPANOAMERICANA

Con motivo de la celebración del Quinto Centenario del Descubrimiento de América, momento de encuentro de dos civilizaciones, en cuya fusión tuvo España un papel preponderante, se van a celebrar diversos actos oficiales. Nosotros, independientemente, nos agradaría celebrarlo con nuestros colegas de habla hispana, haciendo un número especial de nuestra Revista, con artículos escritos por ellos, ese número, por su contenido, dejaría de ser español para convertirse en hispanoamericano.

Los gastos de publicación corren a cargo exclusivo del Colegio español de Ingenieros Técnicos en Topografía, no teniendo que abonar por este concepto ningún cargo los autores de los artículos.

Rogamos a los lectores hagan suya esa idea de hacer un número hispanoamericano y que los Centros de enseñanza, Profesionales individuales o sus Agrupaciones y Asociaciones o Federaciones, remitan a la dirección de este Colegio de Ingenieros Técnicos en Topografía, Paseo de la Castellana, 210-11, Madrid 28016, sus artículos en los que describan algún trabajo técnico, de investigación o de enseñanza, planes de estudio, etc. que consideren de interés, o sobre la situación socio-económica de la profesión en su país, sus problemas y los de sus Asociaciones profesionales. Estos artículos pueden ser acompañados de dibujos o fotografias con la calidad necesaria para su reproducción en imprenta.

Esperamos conseguir una estrecha colaboración y podamos hacer realidad un número en el que estén representados todos los paises hermanos. Quedamos a la espera de recibir sus trabajos en la ya indicada dirección de esta Revista y Colegio en Madrid, antes del próximo mes de Enero de 1987.

La tercera dimensión en directo

La tercera dimensión vuelve poderosamente y en directo con el TRASTER de MATRA OPTIQUE.

El éxito en cartografía de este instrumento, se explica por sus cualidades específicas como son: Su precisión y rapidez de explotación, su sencillez y comodidad visual (proyección polarizada en pantalla, patentada por MATRA).

El equipo es adaptable para otras aplicaciones fotogramétricas: Industria automóvil, aerodinámica, petroquímica, nuclear, espacial, control y metrología, medicina...

Actualmente, se están estudiando versiones más especializadas, que se desarrollan en colaboración con los propios usuarios en función de sus necesidades.

SEMATRA

la visión del porvenir

Torre de Madrid
Princesa, 1. Planta 6
Teléfonos 242 37 28 - 9

CARTOGRAFIA MATEMATICA

Por: M. J. Sevilla

Instituto de Astronomía y Geodesia (UCM-CSIC)
Facultad de Ciencias Matemáticas
Universidad Complutense de Madrid

RESUMEN

Se presenta una visión conjunta de la Cartografía matemática con una síntesis de la teoría general de las proyecciones, las representaciones isométrica y geodésica y la teoría general de la representación conforme dando una metodología para su estudio. Se acompaña una extensa bibliografía actualizada.

1. INTRODUCCION

La cartografía es la ciencia que trata del establecimiento de las cartas de todo tipo. Engloba todas las fases de trabajo desde los primeros levantamientos hasta la impresión final de las cartas. Etimológicamente la palabra cartografía proviene del griego "graphein" (escribir o describir) y del latín "charta" (papel) si bien en algunas ocasiones se ha usado "topos" (lugar), del griego.

También se ha utilizado mucho la palabra geografía, de amplia aceptación desde Ptolomeo quien la definió como: "La geografía es la representación gráfica de la totalidad de las partes conocidas de la Tierra con todo lo que en ellas figura. Representa las posiciones y configuraciones únicamente por medio de líneas y símbolos. Esto nos permite, con el concurso de la matemática, concebir de un solo golpe de vista el conjunto de la Tierra en una imagen parecida a la que veríamos desde la bóveda celeste en su movimiento por encima de nuestras cabezas". Desde esta época las ciencias geográficas se han renovado y diversificado. La palabra cartografía comenzó a utilizarse en la segunda mitad del siglo XIX. Cebrián y Los Arcos, en su obra Proyecciones geográficas, de 1895, quizá el estudio sobre proyecciones más importante hecho en España en este tiempo, escriben siempre y juntas las dos palabras, corografía o cartografía, para referirse a esta ciencia.

La Asociación Cartográfica Internacional dio en 1966 la siguiente definición de cartografía, que fue adoptada por la UNESCO: "Conjunto de estudios y de operaciones científicas, artísticas y técnicas que, a partir de los resultados de observaciones directas o de la explotación de una documentación, intervienen en la elaboración de cartas, planos y otros medios de expresión, así como de su utilización".

En el proceso cartográfico se distinguen las siguientes fases: **Concepción**, constituida por el estudio teórico de leyes, principios y sistemas de representación; podría llamársele cartografía matemática. **Producción**, selección de datos, escala y materialización de sistemas de proyección, culminando con las técnicas de reproducción; está íntimamente ligada con la geodesia que le proporciona la red de apoyo y con la topografía y fotogrametría que le facilitan la obtención de datos sobre el terreno y que para algunos constituyen una parte de ésta. **Utilización**, forma de facilitar la comunicación de la información contenida en una carta y que conecta con todas aquellas ciencias que en algún momento han de servirse de representaciones de la superficie terrestre.

El dominio de la cartografía ha trascendido, en los últimos años del ámbito de la Tierra, pues

ya se dispone de buenas cartas de la Luna y los planetas.

Si bien la cartografía puede considerarse como una ciencia por su origen, por sus medios y por sus fines, la cartografía práctica no deja de ser una técnica, al menos por sus medios, pues es bien sabido que el actual desarrollo de la cartografía está en función del de sus técnicas; pero es más, en el aspecto producción e incluso utilización también la cartografía tiene algo de arte, si bien sus premisas coartan ciertamente la imaginación.

Como el objeto inmediato de la cartografía es el establecimiento de cartas, debe definirse de una manera precisa el concepto de carta. La misma Asociación Cartográfica Internacional la define como: "Representación convencional, generalmente plana, en posiciones relativas de fenómenos concretos o abstractos localizables en el espacio". Una definición más completa la da el profesor Salichtchev, quien escribe: "Representación reducida, generalizada, matemáticamente precisa de la superficie terrestre sobre un plano, que muestra la situación, distribución y relaciones de los diversos fenómenos naturales y sociales, escogidos y definidos en función del objeto de cada carta. La carta permite igualmente mostrar las variaciones y los desarrollos de los fenómenos en el tiempo, así como sus factores de movimiento y de desplazamiento en el espacio".

Durante mucho tiempo la carta se ha utilizado casi exclusivamente para materializar itinerarios terrestres o marítimos, o posiciones de estrellas en el firmamento. La aparición de necesidades de todo tipo: científicas, militares, demográficas, etc., han adaptado y construido cartas especiales a su propia utilidad. Estos trabajos han permitido un desarrollo y una justificación crítica de los métodos utilizados y de la cartografía misma.

El contenido de una carta y su modo de representación son función del objeto asignado a la misma y de las necesidades que debe cubrir; así pues el dar una clasificación exhaustiva de las cartas es poco menos que imposible, sin embargo, podemos agruparlas según sus características fundamentales y clasificarlas, por su escala, por sus deformaciones, por la naturaleza de meridianos y paralelos, por su extensión, por su fin; o bien en honor a su principal promotor. A excepción de estas últimas y de las cartas temáticas, el resto van a venir ya definidas por el sistema de proyección utilizado y las propiedades que de él se deriven.

La representación plana de la superficie terrestre es de gran importancia en geodesia y topografía; el sistema de proyección adoptado puede facilitar el empleo de coordenadas rectangulares en los cálculos de triangulación y a ellos hay que tender. Fue Tissot el primero que dio normas sobre la elección de sistemas de proyección más convenientes para la ejecución de los trabajos topográficos y publicación de la carta a gran escala. En el capítulo II de su célebre Memoria escribe: "En la construcción de una carta a gran escala destinada a los servicios públicos, la condición más importante que cumplir es la relativa a la conservación de ángulos. No es necesario que el sistema de proyección los conserve rigurosamente; pero no debe alterarlos sino en cantidades suficientemente pequeñas para que cada hoja de la carta constituya un verdadero levantamiento topográfico". En el ya citado trabajo de Cebrián y Los Arcos, se dan normas muy concretas para la determinación del sistema de proyección que ellos creen más conveniente para el mapa de España.

Debe emprenderse, por consiguiente, el estudio de la cartografía por el de los diferentes tipos de proyecciones, fundamentalmente las conformes, equivalentes, atractozónicas, perigonales, perihálicas, perimecoicas, aphilácticas en sus diferentes clases; los desarrollos cilíndricos, mericilíndricos y epicilíndricos, los cónicos, mericónicos y epicónicos y también las proyecciones centrales y las policónicas. En todos ellos será fundamental el estudio de las fórmulas de la proyección, de las deformaciones tanto angulares, lineales como superficiales; los paralelos y meridianos de la carta también deben atenderse con cuidado, pues es con ellos con los que se construirá la red correspondiente y, en fin, deberán ponerse bien de manifiesto las principales propiedades y características de cada proyección y sus principales aplicaciones.

Mención aparte debe hacerse de las proyecciones isométricas y geodésicas acompañándolas de los correspondientes desarrollos matemáticos que las gobiernan.

Hemos dejado para el final la teoría general de la representación conforme que es sin duda el sistema de proyección más generalmente empleado y que por lo tanto debe estudiarse en profundidad. Dentro de esta teoría se incluirán las proyecciones más en uso, esto es la Mercator, Lambert, estereográfica y UTM.

Actualmente el estudio de la cartografía presenta tres vertientes bien diferenciadas, la cartografía matemática, la cartografía automática y las técnicas de reproducción, siendo estas últimas las que están en pleno desarrollo con el concurso de ordenadores y la gran cantidad de equipos automáticos que continuamente aparecen. No obstante, un buen conocimiento de la cartografía matemática es necesario para poder sentar claramente el proceso cartográfico en su verdadera dimensión y para poder efectuar las aplicaciones geodésicas y topográficas a que da lugar.

2. TEORIA GENERAL DE LAS PROYECCIONES

En esencia la cartografía matemática se va a ocupar del establecimiento de las relaciones entre el espacio origen, elipsoide o esfera, y el plano, bajo las condiciones que en cada caso se impongan, y en el estudio de las deformaciones que se produzcan. Este problema entra de lleno dentro de las teorías de la representación y es la ley de la deformación de Tissot la que nos hace ver que "Toda representación de una superficie sobre otra puede sustituirse en el entorno de cada punto, por una proyección ortogonal hecha a una escala conveniente", de donde, un círculo infinitesimal trazado sobre una superficie se transforma en una elipse que se denomina **elipse indicatriz de Tissot.** Además el teorema de Tissot: "En cada punto regular de la superficie origen hay dos curvas con tangentes perpendiculares entre sí, y sólo dos si los ángulos no se conservan, tales que sus representaciones sobre la carta son también ortogonales, de manera que tanto sobre la superficie como sobre el plano existe un sistema de trayectorias ortogonales y

si la representación no conserva los ángulos existe uno solo cuyas proyecciones sobre la otra superficie son también ortogonales". En estas condiciones puede emprenderse fácilmente el estudio de los semiejes de la elipse indicatriz, de las alteraciones de ángulos, de longitudes y de superficies.

Antes de entrar en el estudio particularizado de los diferentes sistemas de proyección es conveniente establecer algunas condiciones generales de las proyecciones conformes y de las equivalentes.

Definiendo las **proyecciones conformes** como aquéllas que conservan los ángulos de elementos homólogos, se llega inmediatamente a que una primera condición de conformidad es que la elipse indicatriz de Tissot sea un círculo, los semiejes a y b serán iguales, a = b, y esto nos lleva a la condición analítica,

$$\frac{1}{\rho}\frac{\partial y}{\partial \Phi} = \frac{1}{r}\frac{\partial x}{\partial \lambda}\ , \qquad \frac{1}{\rho}\frac{\partial x}{\partial \Phi} = -\frac{1}{r}\frac{\partial y}{\partial \lambda}\ ,$$

siendo $x = x(\Phi, \lambda)$, $y = y(\Phi, \lambda)$ las ecuaciones de la proyección y ρ, r los radios de curvatura del meridiano y paralelo respectivamente. Introduciendo la **latitud creciente** £ definida de la forma

$$£ = \int_0^{\Phi} \frac{\rho}{r}\, d\Phi\ ,$$

estas condiciones quedan independientes de meridianos y paralelos, esto es,

$$\frac{\partial y}{\partial £} = \frac{\partial x}{\partial \lambda}\ , \qquad \frac{\partial x}{\partial £} = -\frac{\partial y}{\partial \lambda}$$

Ahora bien, estas relaciones no son otras que las ecuaciones de Cauchy-Riemann, que son las que debe satisfacer la función de variable compleja

$$z = x + i\ y\ = f(£ + i\lambda)$$

para que sea analítica en el punto z, previniendo que existan y sean continuas las derivadas parciales. Por consiguiente podemos decir que: "Toda función analítica y regular representa una transformación conforme". Observando que, en este caso, las componentes x e y son funciones armónicas, las ecuaciones generales de las proyecciones conformes serán de la forma:

$$y = f(£ + i\lambda) + f_1(£ - i\lambda),$$
$$ix = f(£ + i\lambda) - f_1(£ - i\lambda),$$

y como x e y han de ser reales, si f es real f_1 ha de ser la misma función y si f es imaginaria f_1 será su conjugada. La determinación práctica de proyecciones conformes consiste en determinar f y f_1 imponiendo condiciones a los elementos que se correspondan en la transformación.

Así por ejemplo, la condición de que uno de los meridianos de la carta sea rectilíneo se traduce por y = 2f(£), si a esto se le añade que la ordenada del punto intersección del meridiano con el paralelo de latitud Φ sea constantemente igual a £ se obtiene inmediatamente

$$y = £\ , \qquad x = \lambda$$

que son las fórmulas de la proyección de Mercator que se estudiará detenidamente en su momento. De esta forma pueden determinarse infinidad de proyecciones conformes.

Se definen las **proyecciones equivalentes** como aquéllas que conservan las áreas de las figuras representadas. Esto nos lleva a la condición de equivalencia

$$\frac{1}{\rho r}\left(\frac{\partial y}{\partial \Phi}\frac{\partial x}{\partial \lambda} - \frac{\partial x}{\partial \Phi}\frac{\partial y}{\partial \lambda}\right) = 1\ ;$$

y si definimos una nueva variable por

$$\bar{£} = \int_0^{\Phi} \rho\ r\ d\Phi\ ,$$

la condición queda independiente de meridianos y paralelos, es decir

$$\frac{\partial y}{\partial \bar{£}}\frac{\partial x}{\partial \lambda} - \frac{\partial x}{\partial \bar{£}}\frac{\partial y}{\partial \lambda} = 1.$$

En este caso es fácil ver que las ecuaciones generales de las proyecciones equivalentes son:

$$x = g(\bar{£}, \lambda), \qquad y = f(x) + \int d\bar{£} \Big/ \left(\frac{\partial x}{\partial \lambda}\right)_{\bar{£},\, x}\ ,$$

siendo g y f funciones arbitrarias de x que deben ser consideradas como constantes en la expresión de $\frac{\partial x}{\partial \lambda}$.

Con estas ligeras consideraciones generales sobre proyecciones conformes y equivalentes, ya puede pasarse al estudio pormenorizado de los principales sistemas de representación. Vamos a dar algunas ideas al respecto.

Proyecciones perspectivas, son aquéllas que se obtienen proyectando la superficie origen, que supondremos esférica, sobre un plano generalmente tangente a la misma desde un punto situado en la perpendicular a dicho plano trazada por el centro de la esfera. Si llamamos D a la distancia del centro de la esfera, que supondremos de radio unidad, al punto de vista, su magnitud nos va a determinar el sistema perspectivo. Así mismo la colatitud θ_0 del centro de proyección nos va a clasificar el sistema.

El caso más general que puede presentarse es cuando D > 1 y θ_0 cualquiera, así se obtendrá la perspectiva general **escenográfica oblicua**. En esta proyección, tanto los paralelos como los meridianos de la carta son elipses. Al ser D variable y mayor que 1, existirán infinitas proyecciones escenográficas oblicuas entre las que destacaremos las **perimecoicas** que hacen mínima la deformación lineal, para un hemisferio resulta D = 1.6180. Muy interesante también es la **perspectiva de La Hire** en la que la transformada del arco de meridiano de 45° de amplitud, contado a partir del polo, es igual a la transformada del mismo arco e igual amplitud, a partir del ecuador. Para D = 2.148 se obtiene una **perspectiva perihálica** que hace mínima la deformación superficial para un hemisferio. En el caso en que $\theta_0 = 0$ se obtiene la **escenográfica polar** donde los meridianos son rectas concurrentes y los paralelos son círculos. Si se hace $\theta_0 = 90°$ resulta la **escenográfica meridiana** que es simétrica respecto a los ejes coordenados.

El origen de la proyección escenográfica se remonta a 1701 en que La Hire la utilizó para representar planisferios celestes sobre el plano de la eclíptica, posteriormente Parent (1704) le hizo algunas modificaciones. Un siglo después vuelve a ponerse de actualidad con los trabajos de Lowry (1824) y sir Henry Hames (1857), coronel del ejército inglés, la utilizó para representar las dos terceras partes del globo y que A.R. Clarke la extendió hasta los 113°.5 con un valor de D distinto. Estas proyecciones fueron también estudiadas por Tissot en la búsqueda de mínimas deformaciones.

En el caso D = ∞ resultan las proyecciones perspectivas **ortográficas** de las cuales, para θ_0 cualquiera resultan las horizontales por ser el plano de la proyección el del horizonte del lugar, tanto los meridianos como los paralelos son elipses. Para $\theta_0 = 0$ se denominan ecuatoriales cuyos meridianos son rectas y paralelos circunferencias que conservan su verdadera magnitud. Si $\theta_0 = 90°$ obtendremos las ortográficas meridianas en las que los paralelos son rectas paralelas al eje x y los meridianos elipses cuyo semieje mayor es 1 y cuyo eje menor coincide con el eje x.

La invención de los sistemas ortográficos se atribuye a Apolonio de Pérgamo y a Hiparco de Nicea (150 a.C.). En la antigüedad se usó con el nombre de "Analema" y Ptolomeo escribió sobre ella un tratado del que Delambre en su Historia de la Astronomía Antigua hace un estudio crítico. Ptolomeo empleaba esta proyección para calcular la posición del Sol. El español Rojas utilizó la proyección ortográfica en la construcción de astrolabios y de ahí el nombre de Astrolabio de Rojas con que se ha conocido esta proyección. Fournier y Varem la propusieron para la construcción de mapamundis y La Guillermine en 1843 publicó un atlas ortográfico. También fue usada por Garnier (1862) y Thoulet dio las reglas para el trazado del enrejado de meridianos y paralelos. Se emplea para cartas de la Luna o de un astro visto por un observador terrestre.

En el caso D = 0 resultan las proyecciones **perspectivas gnomónicas**, en las que el punto de vista es el centro de la esfera; en las oblicuas, con θ_0 cualquiera, los meridianos son rectas y los paralelos cónicas. Las directas, con $\theta_0 = 0$, producen meridianos rectilíneos que forman con el primer meridiano ángulos iguales a sus longitudes, los paralelos son círculos concéntricos. En las transversas, con $\theta_0 = 90°$, los meridianos también son rectas y los paralelos hipérbolas.

Las principales aplicaciones de las proyecciones gnomónicas se han dado en la construcción de cartas celestes, pues son ventajosas para representar las constelaciones. También se emplean en geología y en navegación marítima y aérea. El origen de esta proyección quizá sea anterior a Thales de Mileto (548 a.C.), quien la utilizó en la predicción de eclipses de Sol. Se empleó en la construcción de relojes de Sol, fue bautizada con el nombre de Horóscopo aunque más tarde tomó el de gnomónica debido al indicador de la hora de los relojes solares. Muchos han sido los autores que han estudiado y utilizado esta proyección, destaquemos por ejemplo a Lambert, Mayer, Germain, Prony, etc. En la actualidad es utilizada en astrometría como base para el cálculo de las coordenadas estándar para la aplicación, por ejemplo, del método de Turner.

De las proyecciones perspectivas, la más importante es aquélla en que D = 1, es decir la proyección **estereográfica**, su importancia le viene del hecho de ser la única perspectiva conforme; el punto de vista es el diametralmente opuesto al de tangencia. En las oblicuas los meridianos son circunferencias y los paralelos también. En las directas, que son las más empleadas, los meridianos son rectas concurrentes en el polo y los paralelos circunferencias concéntricas. En las transversas los meridianos son círculos que pasan por los polos y los paralelos círculos con centros alineados en el eje y.

La proyección estereográfica fue utilizada por Hiparco de Nicea para representar la esfera celeste dándole el nombre de Planisferio, aunque su invención se atribuye a Ptolomeo. Fue modificada, pasando a oblicuas, por el árabe Abuizac de Azarquiel, de Córdoba, que vivió en Toledo en el siglo XI, cuando era conocida como Astrolabio de Gemma. Su primera aplicación a la construcción de mapas data de 1514 en la representación de Werner. En 1544 volvió a utilizarla, en su forma meridiana, Fineo y fue Mercator quien extendió esta proyección en su atlas. El nombre de estereográfica se debe al jesuita D'Aguillon (1613). Su uso continúa vigente en la actualidad y a ella nos referiremos en otro momento.

Proyecciones centrales son proyecciones que tienen un carácter local, los círculos verticales se representan por un haz de rectas conservándose los ángulos acimutales, los almicantarados se representan por circunferencias concéntricas completas.

A causa de la conservación de los ángulos antes indicada, se denominan a veces acimutales y también cenitales. En realidad este grupo de proyecciones cabe considerarlas en el de los sistemas perspectivos. Entre las más interesantes pueden destacarse las centrales conformes y las equivalentes; dentro de estas últimas se encuentran: la proyección central oblicua equivalente de Lambert, la polar equivalente de Lorgna, que es una perspectiva con D = 3, las proyecciones anulares en las que el polo se representa por un círculo de radio finito en vez de un punto, la meridiana equivalente de Lambert en la que los meridianos cortan perpendicularmente al ecuador y los paralelos son ortogonales al meridiano central y al que limita el hemisferio, ésta última puede extenderse a la totalidad del globo mediante el conocido artificio de Hammer-Aitoff dando lugar a la proyección que lleva su nombre, transformando la proyección de Lorgna por este artificio se obtiene la proyección de Briesmeister.

Otro grupo importante de proyecciones centrales lo constituyen las proyecciones centrales aphilácticas de G. Postel, también llamadas cenitales equidistantes que cabe considerarlas como perspectivas con D variable, en ellas las distancias esféricas de los almicantaradas a lo largo de los verticales se conservan en la carta, son líneas automecoicas. Completan el sistema de proyecciones centrales la intermedia de Breusing y la central compensadora aphiláctica de Airy. Las principales aplicaciones de las proyecciones centrales ha sido en la construcción de mapamundis y para la confección de cartas de eclipses de Sol.

Proyecciones cónicas son aquéllas obtenidas por proyección sobre un cono tangente o secante cuyo eje coincide con un diámetro del globo; casi sólo se usan las directas en las que los meridianos se transforman en rectas concurrentes en un punto, y los paralelos en arcos de circunferencias concéntricas en aquel punto. En las proyecciones cónicas propiamente dichas el ángulo entre dos meridianos rectilíneos de la carta no es igual al correspondiente del globo, su relación, n, se denomina constante del cono. Según sea n resultan distintos grupos de proyecciones cónicas. Si n = 1 la proyección de un casquete esférico estaría representada por un círculo completo (proyección estereográfica ecuatorial). Si n > 1 habría superposición en la representación de una zona esférica. Si n < 1 resulta el desarrollo cónico tradicional, variando n < 1 resultan los diversos casos que corresponderán a diversas posiciones del cono que generalmente se supone tangente o secante al globo. La cónica central es la única perspectiva desde el centro de la Tierra, pero no suele usarse.

Debido a las grandes deformaciones que en general se producen en las zonas alejadas de los paralelos automecoicos, estos sistemas no se recomiendan para la representación de la Tierra en su totalidad. Sin embargo, si la zona a representar es pequeña, la proyección cónica es recomendable, aunque se deberá tener en cuenta la forma elipsoidal de la Tierra. La orientación del eje del cono dará lugar a las proyecciones cónicas directas, transversas y oblicuas. Estas proyecciones quedarán determinadas en cuanto se conozca n y el radio del paralelo de la carta.

La gran cantidad de proyecciones cónicas existentes no nos permite hacer un estudio pormenorizado, citaremos sólo las más importantes. Dentro de las proyecciones cónicas equivalentes tenemos las de Lambert, las perigonales, la troncocónica equivalente de Albers con dos paralelos automecoicos, en cuyo sistema se construyó el mapa del mundo a escala 1/10.000.000 sobre el elipsoide de Clark, las de P. Murdoch la primera de las cuales, que es troncocónica, conserva distancias entre paralelos siendo la segunda gnomónica epicónica pero equivalente. Entre las **epicónicas** que se obtienen por proyección perspectiva destacan la de Braun y la segunda de Murdoch. Entre las conformes destaquemos la **cónica conforme de Lambert**, una de las proyecciones más importantes a lo largo de la historia de la cartografía y de la que nos ocuparemos detenidamente después, no obstante digamos que en ella estaba la proyección militar reglamentaria en España.

Proyecciones mericónicas son aquéllas en las que los paralelos, automecoicos o no, son siempre arcos de circunferencias concéntricas pero los meridianos no son rectilíneos como antes, sino curvas trascendentes concurrentes en un punto; en estas condiciones no existen proyecciones mericónicas conformes. Entre las mericónicas equivalentes merece destacarse la proyección de Bonne que tiene paralelos circulares concéntricos automecoicos y meridianos hiperbólicos, y que ha sido la base del Mapa Militar Itinerario de España en escala 1/200.000. Este mapa comienza a formarse en 1882 como ampliación del anterior 1/500.000 en proyección modificada de Flamsteed. Sólo presenta planimetría hasta 1929 en que se incluyen curvas de nivel. En 1951 se unifica con el MTN. El 1/200.000 tiene como ejes el meridiano de Madrid y su perpendicular trazada por el punto de latitud 40° elegido como paralelo medio. La red de meridianos y paralelos es de 30' en 30' desde 34° 30' a 44° 30' en latitud y de +6° a -8° en longitud, abarca por tanto la península Ibérica, Baleares y Norte de Africa formando un rectángulo compuesto de 110 hojas rectangulares de 63 x 46 cm. Un caso particular de la proyección de Bonne es la proyección de Werner (1514) en la que el paralelo medio se reduce a un punto y presenta un contorno muy característico.

Proyecciones cilíndricas son las obtenidas por proyección sobre un cilindro tangente o secante a la esfera cuyo eje coincida con un diámetro del globo. El desarrollo de la superficie cilíndrica proporciona la red de la proyección. Si el eje del cilindro coincide con la línea de los polos la proyección es **directa**, entonces los meridianos de la superficie están representados por rectas paralelas separadas entre sí por distancias proporcionales a sus diferencias de longitudes y los paralelos por otras rectas perpendiculares a las anteriores. Las posiciones de los diferentes puntos de la carta se refieren al sistema de ejes formado por la proyección del primer meridiano como eje de las y y la del ecuador como eje de las x. Entonces y será función de la latitud y x de la longitud. La única proyección cilíndrica directa conforme que existe es la muy importante **proyección de Mercator** (1569) que trataremos en su momento. También tienen importancia las equivalentes y las perigonales. Entre las aphilácticas merece destacarse la proyección plana cuadrada con ecuador y meridianos automecoicos. Entre las equivalentes sobresale la cilíndrica equivalente de Lambert, que es una proyección sobre el cilindro según sus normales. La proyección central cilíndrica es una proyección perspectiva desde el centro de la esfera, ni es conforme ni equivalente, al igual que la secante de Gall.

Cuando el eje del cilindro está en el plano del ecuador, entonces tanto él como las generatrices son perpendiculares a la línea de los polos, teniéndose entonces las proyecciones cilíndricas **transversas**. En este caso los meridianos y paralelos de la carta son curvas trascendentes. Como proyecciones características de este tipo citaremos: La proyección de Gauss, que dio lugar a la hoy mundialmente utilizada proyección UTM y que se estudiará más tarde; la cilíndrica conforme transversa de Lambert, recomendada para países que se extiendan a lo largo de un meridiano; la proyección equidistante transversa de Cassini cuyos meridianos son automecoicos y fue utilizada en la construcción del mapa topográfico de Francia de 1800 hojas a escala 1/86.400 que fue comenzado en 1750 y concluido en 1815.

Entre las proyecciones cilíndricas **oblicuas** destaca la proyección de Kahn utilizada para la construcción de cartas itinerarias en navegación ortodrómica aérea, es conforme y muy útil hasta 15° del círculo máximo de tangencia.

Otras proyecciones interesantes son las **perspectivas epicilíndricas** con punto de vista fijo y móvil; éstas son perspectivas de los diferentes puntos de la superficie sobre un cilindro de revolución alrededor de la línea de los polos, en el primer caso el punto de vista fijo se haya sobre esta línea, si coincide con el centro de la Tierra se obtiene el desarrollo gnomónico epicilíndrico, en el segundo describe una circunferencia concén-

trica con el ecuador estando situado a ciento ochenta grados del punto que se desea representar, ejemplo es la proyección de Braun (1868).

Las **proyecciones mericilíndricas** son aquéllas en las que los paralelos del globo están representados en la carta por rectas paralelas; los meridianos de la proyección pueden ser líneas cualesquiera. Si los meridianos son rectas concurrentes en un punto la proyección se llama trapeciforme. Dentro de las mericilíndricas destacan: la equivalente con meridianos automecoicos; la de Collignon de contorno cuadrado y paralelos rectilíneos; la equivalente de Babinet o proyección de Mollweide, de contorno circular, meridianos semielípticos y paralelos rectilíneos con la particularidad de que en su centro de proyección la alteración angular no es nula, la proyección de Bartholomew es su aspecto oblicuo; las proyecciones interrumpidas de Goode, que disminuyen las deformaciones de la de Molweide para zonas alejadas del meridiano central, son muy empleadas por su vistosidad sobre todo la que agrupa continentes; la proyección de Flamsteed o sinusoidal de Nicolás Sanson es equivalente con paralelos rectilíneos equidistantes; la proyección estereográfica equivalente de Prepetit Foucault. Entre las mericilíndricas aphilácticas destacan la de Pedro Apiano (1524) con primer meridiano y ecuador automecoicos, la de Loritz (1527), la ortográfica meridiana, la segunda de Fournier con meridianos elípticos propuesta en 1646 y la proyección de Arago, utilizada en su Astronomía Popular. No existen proyecciones mericilíndricas conformes.

Existen otros modos de representación que no son, propiamente hablando, sistemas geométricos de proyección; tal es el caso de las proyecciones **poliédricas, policéntricas y naturales.** Aquí se circunscribe el elipsoide con un poliedro compuesto por numerosas caras que son planos tangentes, cada una de las cuales se trata aisladamente, tomando su punto de tangencia como centro de proyección. Se divide la superficie en zonas comprendidas entre dos meridianos y dos paralelos próximos que quedan representadas por trapecios rectilíneos isósceles. En las policéntricas la proyección utilizada es la gnomónica. El nombre de naturales proviene del hecho de que la porción de superficie que encierra cada trapecio puede considerarse como plana y se comporta como una carta topográfica, sea cual sea el sistema de proyección elegido.

La importancia de estas proyecciones naturales es que éste fue el sistema elegido en 1870 para la formación del Mapa Topográfico Nacional 1/ /50.000. Está dividido en hojas de 20' de base en el sentido de los paralelos y 10' de altura en el de los meridianos. Consta de 1.130 hojas de las que 1.078 corresponden a la Península y Baleares y 52 a las islas Canarias. Los parámetros del elipsoide adoptado entonces son los de Struve de semieje mayor a = 6378298,3 m. y excentricidad e^2 = = 0.00677436. Las ediciones modernas utilizan el elipsoide internacional y la proyección UTM.

Proyecciones policónicas son aquéllas en que la superficie de proyección está formada por varias cónicas tangentes o secantes a lo largo de los paralelos. Los paralelos de la carta son arcos de circunferencia que tienen sus centros en línea recta, los meridianos son curvas trascendentes. Policónicas rectangulares son aquellas proyecciones policónicas que conservan la perpendicularidad entre los meridianos y los paralelos, entre éstas merece destacarse la proyección policónica rectangular del **Coast and Geodetic Survey** de los Estados Unidos (US.C. and GS) que se emplea en mapas de pequeña escala y en la que el ecuador y primer meridiano se representan por rectas perpendiculares entre sí y sobre ellas se conservan las verdaderas magnitudes de los respectivos arcos rectificados. Otra policónica importante es la **policónica ordinaria del US.S. and G.S.** que no es rectangular sino aphiláctica, los paralelos son automecoicos; en esta proyección se encuentra el Mapa Militar Especial Progresivo de los Estados Unidos. En proyección policónica ordinaria modificada, reemplazando meridianos curvilíneos por las respectivas cuerdas y aproximando los paralelos entre sí para que los ± 2° del central sean automecoicos, se encuentra la **Carta Internacional del Mundo** 1/1.000.000 (1909); el globo terrestre se divide en 60 husos iguales y cada huso en 44 trapecios curvilíneos y dos triángulos esféricos, resultan así 2.760 hojas. A partir de las correspondientes hojas de la CIM, se realizó en 1943-49 el **Mapa del Sahara Español** 1/500.000; cada hoja de la CIM da lugar a 4 del Sahara cada una de las cuales abarca 2° en latitud y 3° en longitud, en total resultan 20 hojas, está construido con los parámetros del elipsoide internacional.

Citemos por último entre las policónicas aphilácticas la primera proyección de Fournier que tiene meridianos elípticos con eje mayor común la línea que une las proyecciones de los polos que son puntos singulares, los paralelos son arcos de circunferencia. Señalemos también la existencia de proyecciones policónicas conformes y equivalentes, y la existencia de sistemas híbridos como las proyecciones de Winkel, Eckert, Raisz, las interrumpidas de Gode y Cahill, etc.

Existen otros muchos tipos de proyecciones de las que por su cantidad y escaso interés cartográfico, nada diremos. Son éstas las esféricas o globulares, meriesféricas, estrelladas, de Schmict, de Litrow, de Guyon, de Pierce, de Adams, de Laborde, etc., etc.

3. REPRESENTACION ISOMETRICA

La representación de una superficie P(u,v) en otra $P_1(u_1, v_1)$, establecida por las expresiones $u_1 = u_1(u,v)$, $v_1 = v_1(u,v)$, se dice que es **isométrica** cuando deja invariantes los ángulos y las distancias. Así pues, las primeras formas diferenciales $ds^2 = E\,du^2 + 2F\,du\,dv + G\,dv^2$ y $ds_1^2 = E_1 du^2 + 2F_1\,du\,dv + G_1\,dv^2$, correspondientes a puntos homólogos, coinciden y esto nos permite establecer las condiciones de isometría:

$$E = E_1, \qquad F = F_1, \qquad G = G_1$$

En toda isometría se conserva la curvatura de Gauss K, como se comprueba sin más que tener en cuenta el teorema egregium de Gauss. El recíproco no es cierto.

Estudiaremos la representación isométrica sólo en aquellos aspectos que estén relacionados con las representaciones cartográficas, por lo que no se tratarán los clásicos problemas de Minding y Bour sobre la determinación de isometrías. La teoría se desarrollará en coordenadas geodésicas paramétricas lo que nos permite afirmar que la primera forma fundamental ds^2 de una superficie en coor-

denadas geodésicas siempre puede reducirse a $ds^2 = du^2 + G(u,v)dv^2$ de forma que se verifique, bien $\sqrt{G(0,v)} = 1$ y $[\frac{\partial}{\partial u}\sqrt{G(u,v)}]_{u=0} = 0$, o bien $\sqrt{G(0,v)} = 0$ y $[\frac{\partial}{\partial u}\sqrt{G(u,v)}]_{u=0} = 1$, según el sistema de coordenadas geodésicas elegido. Además, la curvatura de Gauss adopta entonces la forma

$$K = -\frac{1}{\sqrt{G}}\frac{\partial^2\sqrt{G}}{\partial u^2} = \frac{G_u^2 - 2GG_{uu}}{4G^2},$$

con la cual se demuestra fácilmente un importante teorema de Minding: "Todas las superficies de igual curvatura constante son isométricas". En particular, para K = 0 resulta que todas las superficies desarrollables pueden ser representadas isométricamente sobre un plano; y esto nos garantiza perfectamente la utilización en cartografía de los desarrollos cónicos y cilíndricos. También se concluye que toda superficie de curvatura constante positiva K puede representarse isométricamente sobre una esfera de radio $1/\sqrt{K}$. Por último, las superficies de curvatura K negativa también pueden representarse isométricamente unas sobre otras, aunque este caso ya no tiene interés para nosotros.

4. REPRESENTACION GEODESICA

Una representación se dice que es **geodésica** cuando conserva las líneas geodésicas, por tanto, toda representación isométrica es también geodésica, el recíproco no es cierto. Evidentemente dos superficies arbitrarias no se pueden representar geodésicamente, y habrá que investigar aquéllas que tengan interés en cartografía; esto nos lo resuelve perfectamente el siguiente teorema de Beltrami: "Las únicas superficies que pueden representarse geodésicamente sobre el plano son las de curvatura constante". La demostración clásica de este teorema es un verdadero ejercicio de manejo de las ecuaciones de Gauss, de Weingarten y de Mainardi-Codazzi, lo que nos indica claramente que un estudio profundo de la cartografía matemática debe hacerse sobre una base sólida de geometría diferencial de superficies.

La representación geodésica de superficies arbitrarias ha sido motivo de estudio de diversos autores, entre los que podemos destacar a Liouville, Dini y Lie, cuyas obras se consultan con provecho.

5. TEORIA GENERAL DE LA REPRESENTACION CONFORME

Definiendo la representación **conforme** como aquélla que conserva los ángulos, la teoría general de la representación conforme nos va a caracterizar, mediante una serie de teoremas, las diferentes condiciones a la vista de las cuales podremos decir que estamos ante una tal proyección y, recíprocamente, las condiciones que debemos imponer para establecerla. El estudio de la representación conforme es de una importancia fundamental en cartografía, pues hoy día es en este sistema en el que se construyen prácticamente todas las cartas, una vez que se han comprobado sus grandes ventajas para los trabajos geodésicos y topográficos globales.

A manera de resumen citaremos los teoremas más interesantes al respecto:

Teorema 1. Es condición necesaria y suficiente para que una representación sea conforme, que exista proporcionalidad entre los elementos de arco ds y ds_1 correspondientes a puntos homólogos. Esto es, que los coeficientes de las respectivas primeras formas fundamentales de las superficies sean proporcionales. Se escribe

$$ds_1 = k\,ds, \text{ de donde, } k = \frac{E}{E_1} = \frac{F}{F_1} = \frac{G}{G_1},$$

al coeficiente k se le llama escala local o módulo lineal.

Teorema 2. Es condición necesaria y suficiente para que una representación sea conforme que exista semejanza en lo infinitesimal.

Teorema 3. Es condición necesaria y suficiente para que una representación sea conforme que se correspondan las familias de curvas isótropas. Las curvas isótropas nos permiten definir los sistemas isométricos como aquellos (u,v) para los que $ds^2 = h(u,v)(du^2 + dv^2)$. Se demuestra que en toda superficie puede definirse una infinidad de sistemas isométricos y se concluye con el siguiente

Teorema 4. Dos superficies admiten una representación conforme siempre que a un sistema isométrico de una de ellas le corresponda un sistema isométrico de la otra. Además

Teorema 5. Si (u,v) es un sistema isométrico, cualquier otro sistema isométrico (α,β) queda definido por $\alpha + i\beta = f(u + iv)$ siendo f una función analítica arbitraria de variable compleja. Por consiguiente mediante sistemas isométricos podemos representar conformemente una superficie sobre otra de infinitas maneras.

La teoría de funciones de variable compleja permite establecer las condiciones que deben cumplir las regiones de las superficies entre las que se puedan establecer representaciones conformes. En especial es el teorema de Riemann el que indica: Toda región simplemente conexa en el plano, que no sea el plano mismo, puede representarse conformemente sobre el disco abierto unidad mediante una aplicación biyectiva.

Esta forma de introducir la teoría general de la representación conforme en esencia se debe a Gauss cuya memoria al respecto apareció en 1822. Una buena base de geometría diferencial y análisis de variable compleja posibilitarán su aplicación.

Establecidos los criterios de conformidad, el primer paso será la obtención de las fórmulas de la representación, es decir de la ley matemática de la correspondencia. Después habrá que estudiar las propiedades métricas de los elementos transformados y en especial lo referente a las transformadas de las líneas geodésicas de la primera superficie, que en general no serán geodésicas de la segunda sino que formarán con ellas unos ciertos ángulos que será preciso conocer. Igualmente habrá que conocer la diferencia entre la longitud, entre dos puntos, de la línea transformada y la de la geodésica que pase por ellos. Estos problemas pueden plantearse en términos de las curvaturas geodésicas de las curvas transformadas, lo que, por consiguiente, habrá que analizar cuidadosamente.

En estas condiciones pasamos al estudio de la

representación conforme del elipsoide sobre el plano que, en sus diferentes sistemas, tiene en cartografía un interés especial. La primera representación conforme mencionada en la historia es la proyección estereográfica, llamada a veces de Ptolomeo (150 d.C.), aunque pudo ser conocida por Hiparco (150 a.C.); su utilización era puramente astronómica, principalmente para la construcción de astrolabios, que en la edad media sirvieron a navegantes y astrónomos. El matemático flamenco Gemma Frisius (1540) empleó la proyección estereográfica en la construcción de mapas aunque parece que el nombre de estereográfica fue dado por el belga F. d'Aguillon (1613). El verdadero iniciador de la utilización de la proyección conforme fue Gerhard Mercator (1512-1594) quien con Ortelius y Blaeu pertenecía a la escuela de grandes cartógrafos flamencos de los siglos XVI y XVII. En un principio la geodesia efectuaba sus cálculos sobre la esfera y elipsoide, y es a partir de los trabajos de Lagrange y Gauss cuando se empieza a desarrollar la teoría de la representación plana conforme del elipsoide con fines geodésicos; en el siglo XX ya se adopta esta forma de cálculo de modo definitivo y su teoría queda completamente desarrollada, entre otros por Schreiber, Krugger, Hatt, Driencourt, Roussilhe y Laborde.

Las coordenadas utilizadas para describir el elipsoide son la latitud Φ y la longitud λ y para el plano las cartesianas (x,y), entonces las condiciones de conformidad establecen que:

$$\frac{E}{\rho^2} = \frac{G}{r^2} \qquad y \qquad F = 0.$$

El estudio de las deformaciones y las aplicaciones con fines geodésicos han hecho que de las infinitas representaciones conformes del elipsoide sobre el plano, sólo cuatro hayan perdurado, éstas son: la proyección estereográfica polar, la cónica conforme de Lambert, la cilíndrica conforme de Mercator y la conforme de Gauss adoptada para la representación UTM. En cada caso alguna será ventajosa, así para una zona extendida a lo largo de un paralelo conviene el sistema de Mercator para latitudes ecuatoriales, el sistema Lambert para latitudes medias y la estereográfica para latitudes polares, para una zona extendida a lo largo de un huso es conveniente el sistema de Gauss.

El método más consecuente para establecer proyecciones conformes es la correspondencia de sistemas isométricos, como se desprende del teorema 4, para ello habrá que investigar primero tales sistemas en el plano y en el elipsoide. En el plano los sistemas isométricos más representativos son el cartesiano (x,y), donde $ds^2 = dx^2 + dy^2$ con $h = 1$, y el que procede de las coordenadas polares (r, γ) y que designaremos por (u,v) donde $u = \ln(r/r_o)$, $v = \gamma - \gamma_o$ con $h = r^2$, r_o y γ_o son constantes de integración. En el elipsoide el sistema isométrico más conveniente es el que procede de (Φ,λ) y que designaremos por $(\pounds,\lambda)$ donde $\pounds = \int_o^{\Phi} \frac{\rho}{r} d\Phi$ recibe el nombre de latitud creciente o variable Mercator, ya estudiada en otra parte. Con $(\pounds,\lambda)$ resulta $h = r^2$ donde r es el radio del paralelo. El establecimiento de una correspondencia funcional entre sendos sistemas isométricos nos dará las representaciones conformes buscadas.

En toda representación conforme juegan un papel fundamental las llamadas **líneas isométricas** a lo largo de las cuales la escala local k es constante; sus trayectorias ortogonales son las **líneas isomorfas**. Además se demuestra que: por cada punto de la proyección pasa una línea isométrica y sólo una; la escala local no puede ser nula pero que puede ser infinito y por último que en toda representación conforme biunívoca existe un punto o una línea isométrica donde la escala local queda mínima e igual a la unidad, le llamaremos isométrica **estacionaria** o de base.

La correspondencia funcional entre los sistemas isométricos (u,v) y (x,y) se efectúa, en virtud del teorema 5, sin más que escribir

$$x = x + iy = f(w) = f(u + iv) = x(u,v) + iy(u,v) ,$$

debiendo verificarse las condiciones de Cauchy-Riemann

$$\frac{\partial x}{\partial u} = \frac{\partial y}{\partial v} , \qquad \frac{\partial x}{\partial v} = - \frac{\partial y}{\partial u} .$$

En la práctica, como f será derivable, se efectúa el desarrollo de Taylor y resulta:

$$x = f(u) + \frac{v^2}{2!} f^{II}(u) + \frac{v^4}{4!} f^{IV}(u) + \ldots$$

$$y = v f^{I}(u) - \frac{v^3}{3!} f^{III}(u) + \frac{v^5}{5!} f^{V}(u) + \ldots$$

desarrollos que son válidos en los dominios ordinariamente utilizados.

A veces el problema se plantea imponiendo condiciones a los elementos transformados, lo que nos lleva a resolver el problema de Dirichlet con una adecuada elección de los sistemas isométricos.

La segunda cuestión en importancia en el estudio de la representación plana conforme del elipsoide ya se dijo que es el estudio de las curvaturas de las transformadas planas, esto se hace por medio de las siguientes fórmulas: fórmula de Schols-Laborde

$$\Gamma = \frac{1}{k} \frac{dk}{dn_1} ,$$

que expresa la curvatura de la imagen de una geodésica en función de la derivada del coeficiente de escala local según la normal a la curva, en particular nos indica que la imagen de una geodésica perpendicular a la isométrica admite una curvatura nula; fórmula general

$$\Gamma = \Gamma_G + \frac{1}{k} \Gamma_g ,$$

que expresa que la curvatura Γ de la transformada de una curva cualquiera C es la suma de la curvatura de la geodésica que le es tangente en el punto considerado (Γ_G) y de la curvatura geodésica (Γ_g) de la curva C dividida por la escala local.

Estas fórmulas nos permiten establecer un conjunto de propiedades de las líneas isométricas y en especial de la isométrica estacionaria.

Si consideramos la curvatura de Gauss K de la superficie, podemos demostrar que está relacionada

con la escala local k y con la curvatura Γ_i de la isométrica mediante la ecuación diferencial:

$$k\frac{d^2k}{dt_1^2} - \left(\frac{dk}{dt_1}\right)^2 + k\frac{dk}{dt_1}\Gamma_i - K = 0\ ,$$

siendo t_1 la abcisa curvilínea contada en el plano a lo largo de la isomorfa. En función de la abcisa curvilínea t sobre el elipsoide resulta:

$$k\frac{d^2k}{dt^2} - 2\left(\frac{dk}{dt}\right)^2 + k^2\frac{dk}{dt}\Gamma_i - k^2K = 0.$$

Estas ecuaciones diferenciales permiten enunciar la siguiente propiedad fundamental en una proyección conforme cualquiera: la abcisa t_1 de la imagen de un punto, contada sobre la isomorfa viene dada en primera aproximación por

$$t_1 = t + \frac{K}{6}t^3\ ,$$

donde $K = 1/N\rho$ es la curvatura total de la superficie de revolución considerada y esto es válido siempre que Γ_i quede finita. Igualmente la deformación lineal viene dada por

$$k - 1 = K\frac{t^2}{2}\ ,$$

lo que nos indica que ésta crece rápidamente según nos alejamos de la isométrica de base, razón por la cual debe restringirse el campo de aplicación de una proyección; así por ejemplo, en el caso particular del elipsoide terrestre, si se desean deformaciones inferiores a 1/1000 habrá que limitarse a una región de unos 300 kilómetros a uno y otro lado de la isométrica de base. Si la isométrica de base se reduce a un punto (proyección estereográfica), la fórmula anterior se transforma en

$$k - 1 = K\frac{t^2}{4}$$

Entiéndase bien que, para usos geodésicos, tomando la escala local en su verdadera magnitud, estas restricciones pueden evitarse siempre que las deformaciones puedan calcularse perfectamente.

Con todo lo visto puede pasarse al cálculo de las deformaciones, así la **reducción angular a la cuerda** queda expresada en ambos extremos por

$$dV_A = \frac{1}{S_1}\int_{A_1}^{B_1}\Gamma\,(S_1 - s_1)ds_1 \quad y \quad dV_B = \frac{1}{S_1}\int_{A_1}^{B_1}\Gamma\, s_1\ ds_1,$$

siendo S_1 la longitud del arco A_1B_1 de curva transformada. Numéricamente estas integrales se calculan por la fórmula de tres niveles y resulta

$$dV_A = \frac{1}{6}\left[\Gamma_A + 2\,\Gamma_m\right]S_1 \quad y \quad dV_B = \frac{1}{6}\left[2\,\Gamma_m + \Gamma_B\right]S_1.$$

La **alteración de longitudes** viene dada, por el mismo procedimiento, por

$$S_1 = \frac{1}{6}[k_A + 4k_m + k_B]S \quad y \quad S = \frac{1}{6}\left[\frac{1}{k_A} + \frac{4}{k_m} + \frac{1}{k_B}\right]S_1;$$

y la **reducción del arco a la cuerda** por

$$\Delta = S_1 - D_1 = \frac{1}{24}\ S_1^3\Gamma^2$$

La reducción de las deformaciones con fines prácticos se realiza por el conocido **artificio de Tissot**, dando lugar a los **sistemas secantes** que deberán estudiarse en cada caso particular. Si es ε el valor absoluto de la máxima deformación y k el valor de la escala local correspondiente, $k = 1 + \varepsilon$, el artificio de Tissot consiste en reducir ε a la mitad sin más que multiplicar k por un factor $k_o = (k+1)/2k$, este factor se denomina factor de reducción de escala.

Estamos ya en condiciones de pasar al estudio de las principales proyecciones conformes del elipsoide sobre el plano, lo que haremos brevemente.

La **proyección de Mercator** se obtiene estableciendo, entre los sistemas isométricos $(\pounds + i\lambda)$ del elipsoide y $(y + ix)$ del plano, la correspondencia: $y + ix = m(\pounds + i\lambda)$, donde m es una constante que suele tomarse igual a la unidad, entonces las ecuaciones de la proyección son:

$$y = \pounds = \log\left[\operatorname{tag}\left(\frac{\pi}{4} + \frac{\Phi}{2}\right)\left(\frac{1-\operatorname{esen}\,\Phi}{1+\operatorname{esen}\,\Phi}\right)^{e/2}\right],$$

$$x = \lambda.$$

Geométricamente representan una proyección conforme del elipsoide sobre la superficie de un cilindro que le es tangente a lo largo del ecuador cuya representación es el eje x, siendo el eje y la de un meridiano origen.

La **escala local** viene dada por $k = a/N\cos\Phi$, por consiguiente la red de isométricas está formada por los paralelos y la de isomorfas por los meridianos. El ecuador es la isométrica estacionaria.

La curvatura de las imágenes de geodésicas se obtiene por

$$\Gamma = \frac{\operatorname{sen}\,\Phi\ \operatorname{sen}\,Z}{a}$$

donde Z es el acimut de la geodésica en el punto considerado.

Esta proyección puede estudiarse bajo dos aspectos, para cartografía a gran escala en una zona centrada en el ecuador con una extensión de 2 ó 3 grados en latitud a cada lado, y para empleo en navegación donde resuelve todos los problemas si se exceptúan las regiones polares.

El coeficiente de reducción de escala que suele aplicarse vale $k_o = 0.9993$, por el que se multiplicarán las fórmulas antes de su empleo.

La **proyección de Lambert** se obtiene estableciendo, entre los sistemas isométricos $(\pounds + i\lambda)$ del elipsoide y $\left(\log\frac{R}{R_o} + i\gamma\right)$ del plano la correspondencia:

$$R = R_o\ e^{A(\pounds - \pounds_o)},$$
$$\gamma = A(\lambda - \lambda_o),$$

donde A es una constante por determinar, lo que se hace por elección del paralelo automecoico que también determina R_o. En definitiva las ecuaciones de la proyección son:

$$R = R_o\ e^{-\operatorname{sen}\,\Phi_o(\pounds - \pounds_o)}$$

$$\gamma = \pm\operatorname{sen}\,\Phi_o(\lambda - \lambda_o)$$

$$R_o = N_o\operatorname{cotg}\,\Phi_o$$

Geométricamente representa una proyección conforme del elipsoide sobre la superficie de un cono de revolución que le es tangente a lo largo del paralelo de latitud Φ_o.

La escala local viene dada por la relación $k = \frac{R}{r} \text{ sen } \Phi_o$, por consiguiente las isométricas son los arcos de círculo de radio R y las isomorfas las imágenes rectilíneas de los meridianos. La ecuación diferencial de la escala local permite escribir su expresión en función de la abcisa curvilínea, arco de meridiano β, cuya imagen es la isomorfa; integrando dicha ecuación se obtiene el llamado desarrollo de la meridiana que a veces se emplea en la proyección de Lambert limitada.

La curvatura de las imágenes de geodésicas se obtiene por

$$\Gamma = \frac{\text{sen } \Phi - \text{sen } \Phi_o}{R \text{ sen } \Phi_o} \text{ sen } Z ,$$

donde Z es el acimut de la geodésica en el punto considerado.

Antes de pasar a la puesta en práctica de la proyección Lambert conviene estudiar el paso de un sistema Lambert a otro, problema que suele plantearse con frecuencia cuando la zona por representar sobrepasa los 600 Km. de anchura. El uso de funciones de variable compleja facilita la resolución.

Las fórmulas prácticas de aplicación de la proyección Lambert no son universales, pues van a depender de las condiciones que el organismo utilizador imponga. Así por ejemplo en Francia se utilizan las fórmulas de la proyección directamente, se emplea el elipsoide de Clarke (1880) y se divide el territorio en cuatro zonas. En los países anglosajones se fijan a priori las latitudes de dos paralelos automecoicos, y se emplea como variable la colatitud isométrica. Este método se ha utilizado en la construcción de la WAC (World Aeronautical Chart) destinada a reemplazar la proyección de la CIM (Carta Internacional del Mundo) 1/1.000.000. Las WAC están hechas por zonas de 4° con paralelos automecoicos a 0° 40' de los paralelos del borde de la zona. El valor de k varía entre 0.999730 y 1.000676. Se utiliza el elipsoide internacional. Otro sistema Lambert importante es la proyección Lambert de la U.S. Air Force.

En España existe la proyección cónica conforme de Lambert modificada que constituye la proyección Militar Reglamentaria. Sus fórmulas siguen en algunos aspectos la tendencia anglosajona, pero en otros no. Está extendida entre los paralelos 36° y 44° y los meridianos 8° 10' y -5° 40' y construida sobre el elipsoide de Struve. El factor de reducción es $k_o = 0.9988085293$ que da lugar a la proyección modificada con paralelos automecoicos en 37° 10' 42".857 y 42° 46' 56".667.

Otro tipo de proyecciones conformes son las **estereográficas.** La estereográfica de la esfera, cuyas ecuaciones cartesianas de la proyección han sido estudiadas dentro de las proyecciones perspectivas, se obtiene por la correspondencia de los sistemas isométricos $(\pounds + i\lambda)$ de la esfera y $(\log \frac{R}{R_o} + i\gamma)$ del plano, sus ecuaciones son pues:

$$R = R_o \text{ tag}(\frac{\pi}{4} + \frac{\Phi}{2})$$

$$\gamma = \lambda - \lambda_o$$

Las líneas isométricas son las imágenes de los paralelos, la isométrica estacionaria se reduce a un punto y las isomorfas son las imágenes de los meridianos que son rectas concurrentes.

Más importante, desde el punto de vista cartográfico, es la proyección estereográfica del elipsoide. Esta puede construirse a partir de las fórmulas de la proyección Lambert haciendo $\Phi_o = \Pi/2$, lo que da $n = 1$, $R_o = 0$, el paralelo automecoico se reduce a un punto, uno de los polos, y la superficie cónica a un plano tangente en dicho punto. Se obtiene una proyección estereográfica polar conforme que no es una perspectiva y que se utiliza en la representación de los casquetes polares completando en esas regiones la extensión de los sistemas cónicos y cilíndricos de Lambert y Mercator.

De entre todos los sistemas conformes, el de **Gauss**, del que vamos a ocuparnos a continuación, es el único que tiene un carácter general y que puede extenderse a todo el globo; todos los husos que se consideran son idénticos y las fórmulas de uno de ellos válidas para los restantes siempre que se considere el mismo elipsoide.

En principio este sistema es una representación cilíndrica transversa sobre un cilindro tangente al elipsoide a lo largo de un meridiano y conforme. El meridiano de tangencia se transforma en una recta sobre el plano, conservándose sobre ella las magnitudes lineales en su verdadera dimensión. Se conoce generalmente con el nombre de proyección de Mercator transversa o proyección UTM. Para la obtención de sus fórmulas se establece una correspondencia funcional entre dos sistemas isométricos del elipsoide y plano que satisfaga las siguientes condiciones: a) que la representación sea conforme, b) que la transformada sobre el plano del meridiano central del huso sea una recta isométrica de base y se tome como eje y, y c) que el origen del sistema sea la intersección del meridiano central con el ecuador.

El tratamiento matemático de esta proyección presenta dos facetas, una es el estudio teórico de la transformación y otra el establecimiento de sus fórmulas prácticas. Un método muy utilizado consiste en estudiar primero el caso esférico, donde la transformación $y + ix = f(\pounds + i\lambda)$ entre sistemas isométricos que cumpla las condiciones anteriores es:

$$\frac{x}{a} = \frac{1}{2} \ln \frac{1 + \text{sen } \lambda \cos \Phi}{1 - \text{sen } \lambda \cos \Phi} , \qquad \text{tag } \frac{y}{a} = \frac{\text{tag } \Phi}{\cos \lambda} ,$$

siendo a el radio de la esfera considerada. En este caso las isométricas e isomorfas se deducen de las de la proyección de Mercator directa por una rotación de 90°.

Seguidamente se efectúa una generalización al elipsoide utilizando la latitud isométrica L cuyo comportamiento sobre el elipsoide respecto de la latitud creciente £ es el mismo que el de la latitud geográfica Φ sobre la esfera. De esta forma lo que se obtiene no es la representación conforme buscada, sino una doble proyección "doppelprojektion" del elipsoide sobre el plano, de expresiones:

$$\text{th } \frac{x}{a} = \text{sen } \lambda \cos L , \qquad \text{tag } \frac{y}{a} = \frac{\text{tag } L}{\cos \lambda} ,$$

obtenida en dos etapas: 1) Haciendo corresponder latitudes crecientes, se hace una representación

conforme del elipsoide sobre la esfera, esta representación conserva las longitudes pero modifica las latitudes y al paralelo de latitud Φ del elipsoide le corresponde el de latitud L de la esfera. 2) Se efectúa una representación conforme de esta esfera imagen sobre el plano.

Ahora bien, el resultado de esta doble proyección no es la proyección que interesa pues no verifica la condición b) anterior ya que el desarrollo del meridiano que se obtiene es $\beta = \int_0^L a\, dL$, mientras que el que se desea es $\beta = \int_0^\Phi \rho\, d\Phi$, de manera que para que la ordenada represente la verdadera magnitud del arco de meridiano basta expresar la integral del arco en función de la latitud isométrica

$$y = f(aL) = \int_0^\Phi \rho d\Phi \ ,$$

el resultado nos dará la función f buscada y por tanto la proyección de **Gauss-Krügger.**

Para facilitar el trabajo son muy convenientes los desarrollos de Oscar Adams que dan β en función de Φ y Φ en función de L.

Las isométricas de la proyección de Gauss-Krügger son curvas algebraicas prácticamente sinusoidales. La escala local y las curvaturas se obtienen por los métodos habituales.

La puesta en práctica de la proyección UTM está basada en los desarrollos en serie entera de las funciones f y F que permiten las transformaciones directa e inversa de coordenadas. Tomando como origen el meridiano central del huso y un punto $O(\Phi_o, \lambda_o)$ se obtiene, con $\Delta\Phi = \Phi - \Phi_o$, $\Delta\pounds = \pounds - \pounds_o$, $\Delta y = y - y_o$, $\Delta\lambda = \lambda - \lambda_o$:

$$\Delta y + ix = f(\Delta\pounds + i\Delta\lambda) \quad y \quad \Delta\pounds + i\Delta\lambda = F(\Delta y + ix),$$

sólo queda imponer la condición de que para $x = 0$, $y = f(\pounds) = \beta$ donde β es el desarrollo del meridiano sobre el elipsoide a partir del ecuador. Así se obtienen los siguientes desarrollos, que sólo iniciamos:

Problema directo

$$x = \Delta\lambda N\cos\Phi + \frac{1}{6}\Delta\lambda^3 N\cos^3\Phi\,(1 - \tan^2\Phi + \eta^2) + \frac{1}{120}\Delta\lambda^5 N\cos^5\Phi\,(5 - 18\tan^2\Phi + \tan^4\Phi + 14\eta^2 - 58\tan^2\Phi\,\eta^2) + \ldots$$

$$y = \beta + \frac{\Delta\lambda^2}{2} N\cos^2\Phi + \frac{\Delta\lambda^4}{24} N\cos^4\Phi\,\tan\Phi\,(5 - \tan^2\Phi + 9\eta^2 + 4\eta^4) + \ldots$$

habiendo puesto $\eta^2 = 1 + e^2\cos^2\Phi$

Las coordenadas UTM son:

$$X = x + 500.000, \qquad Y = y$$

Problema inverso

$$\Phi = \Phi' - \frac{x^2}{2N'^2}\tan\Phi'\,(1 + \eta'^2) + \frac{x^4}{24N'^4}\tan\Phi'\,(5 + 3\tan^2\Phi' + 6\eta'^2 - 6\tan^2\Phi'\,\eta'^2 - 3\eta'^4 - 9\tan^2\Phi'\,\eta'^4) + \ldots$$

$$\lambda = \frac{x}{N'\cos\Phi'} - \frac{x^3}{6N'^3\cos\Phi'}\,(1 + 2\tan^2\Phi' + \eta'^2) + \ldots$$

donde Φ' es la latitud correspondiente á un punto sobre el meridiano central de la misma ordenada Y que el punto considerado.

Convergencia de meridianos

Definida la convergencia de meridianos por $\tan\gamma = \frac{dy}{dx}$, los desarrollos anteriores dan respectivamente:

$$\gamma = \Delta\lambda\,\mathrm{sen}\Phi + \frac{1}{3}\Delta\lambda^3\,\mathrm{sen}\Phi\,\cos^2\Phi\,(1 + 3\eta^2 + 2\eta^4) + \ldots$$

$$\gamma = \frac{x}{N'}\tan\Phi' - \frac{x^3}{3N'^3}\tan\Phi'\,(1 + \tan^2\Phi' - \eta'^2 - 2\eta'^4) + \ldots$$

Escala local

Siendo $k^2 = ds_i^2/ds^2$ y k_o el factor de reducción, resulta

$$k = k_o\,[1 + \frac{1}{2}\Delta\lambda^2\cos^2\Phi\,(1 + \eta^2)]$$

$$k = k_o\,[1 + \frac{x^2}{2N^2}\,(1 + \eta'^2)]$$

Reducción a la cuerda

$$dV_A = \frac{y_B - y_A}{6N^2}\,(1 + \eta^2)(2x_A + x_B)$$

$$dV_B = \frac{y_A - y_B}{6N^2}\,(1 + \eta^2)(2x_B + x_A)$$

El Army Map Service de los Estados Unidos ha preparado unas tablas de la proyección UTM utilizando husos de 6° de amplitud que comienzan a contar en el meridiano 180°, y un factor de reducción $k_o = 0.99960$. Con estas tablas, designadas por I, II, III, ..., XX, los problemas de cálculo se reducen a efectuar interpolaciones seguidas de simples productos y sumas.

Uno de los problemas que plantea el sistema UTM es el de la duplicidad de coordenadas planas que pueden corresponder a unas mismas coordenadas geodésicas, cuando se consideran dos husos contiguos. Este problema de cambio de huso puede resolverse a través de las coordenadas geodésicas, pero es preferible establecer unas fórmulas de correspondencia funcional entre los sistemas de coordenadas UTM de los husos contiguos y, como hace el Army Map Service, tabular las funciones que resulten. El cambio de huso ha de tenerse en cuenta también en el cálculo de distancias elipsódicas a partir de coordenadas UTM en husos distintos, así como en el cálculo de orientaciones en el mismo caso; esto completa las aplicaciones de la proyección UTM.

Para un completo manejo de la cartografía UTM, prácticamente la única existente en la actualidad, pues ha sido adoptada por la mayoría de los países, debe conocerse perfectamente la descripción de la cuadrícula UTM con sus sistemas de referencia, deben saberse interpretar los correspondientes gráficos de declinación y convergencia de meridianos y debe conocerse también la cuadrícula UPS de la proyección estereográfica polar que comple-

menta a la UTM para regiones con latitudes superiores a los 80°. Todo esto se facilita enormemente con los manuales técnicos preparados por el AMS ya citado y que han sido difundidos por los diferentes países, entre los que se encuentra España.

La proyección plana conforme del elipsoide tiene dos grandes aplicaciones fundamentales, la primera es su empleo en navegación y la segunda el cálculo y compensación de redes geodésicas de pequeña extensión. La puesta a punto y ejecución de estas aplicaciones constituyen unos buenos ejercicios.

Finalicemos nuestro estudio indicando otras posibilidades que ofrece la representación conforme. Se trata de la representación conforme del elipsoide sobre la esfera, cuya teoría, con ligeras modificaciones, puede establecerse a partir de la de la representación plana ya estudiada, por lo que no insistiremos sobre ello. Sin embargo, sí hemos de destacar que las principales aplicaciones de este tipo de proyecciones no tienen un carácter cartográfico, sino geodésico y en especial en lo referente al cálculo de grandes geodésicas, permitiendo la sustitución de la geometría y trigonometría del elipsoide por la esférica, lo que facilita enormemente la resolución de los problemas geodésicos planteados.

Los conceptos expuestos corresponden a lo que hemos llamado cartografía matemática. Estos conceptos pueden complementarse con la lectura de algunos manuales sobre técnicas cartográficas, técnicas de reproducción y cartografía automática, para lo que no se requieren conocimientos matemáticos previos distintos de los aquí expuestos. La utilización de las cartas o mapas que resultan de la aplicación de tales técnicas constituirá el aspecto práctico de la cartografía que, como dijimos al principio, interesa no sólo a la geodesia o astronomía sino también a una gran cantidad de disciplinas que creemos innecesario enumerar.

BIBLIOGRAFIA

BIEBERBACH, L. (1966): *Introducción a la teoría de la representación conforme*. Labor, S.A. Madrid.

BOAGA, G. (1948): *Tratatto di Geodesia e Topografía*. CEDAN. Padova.

BOMFORD, G. (1980): *Geodesy*. Oxford Univ. Press.

CAILLEMER, A., et LE COCQ, C. (1983): *Astronomie de Position, Géodésie*. Societé des Editions Techniq. Paris.

CEBRIAN y LOS ARCOS (1895): *Proyecciones Geográficas*. I.G.C. Madrid.

CUENIN, R. (1972): *Cartographie Générale*. Eyrolles. Paris.

DRIENCOURT, J. et LABORDE, J. (1932): *Traité des Projections des cartes géographiques*. Hermann. Paris.

HOTINE, M. (1969): *Mathematical Geodesy* . U.S. Dep. of Commerce. Washington.

JACKSON, J.E. (1980): *Sphere, Spheroid and projections for surveyors*. Granada P. London.

LAUF, G.B. (1983): *Geodesy and map projections*. TAFE Pub. Unit Hawthorn.

LEE, L.P. (1976): *Conformal projections based on elliptic functions*. B.V. Gutsell, York Univ. Toronto.

LEVALLOIS, J.J. (1970): *Géodésie Générale*. Eyrolles. Paris.

MALING, D.H. (1980): *Coordinate Systems and Map Projections*. George Philip and Son Ltd. London.

MASLOV, A.V., GORDEEV, A.V. and BATRAKOV, Yu. G. (1984): *Geodetic Surveying* . MIR Publishers. Moscow.

MIFSUT y MACON, A. (1905): *Geodesia y Cartografía*. Depósito de Guerra. Madrid.

MUELLER, I.I. and RAMSAYER, K.H. (1979): *Introduction to surveying*. Frederick Ungar Pub. Co. New York

NEHARI, Z. (1952): *Conformal Mapping*. Mc Graw-Hill. London.

RAISZ, E. (1972): *Cartografía*. Omega. Barcelona.

RICHARDUS, P. (1966): *Project Surveying*. North Holland. Amsterdam.

RICHARDUS, P. and ADLER, R.K. (1972): *Map projections for geodesists, cartographers and geographers*. North Holland. Amsterdam.

ROBINSON-SALE-MORRISON-MUEHRCKE (1984): *Elements of Cartography*. John Wiley and Sons. New York.

SERVICIO GEOGRAFICO DEL EJERCITO (1971): *Apuntes de Cartografía*. Escuela de Topografía y Geodesia. Madrid.

SERVICIO GEOGRAFICO DEL EJERCITO (1976): *Proyección U T M*. Talleres del S.G.E. Madrid.

TARDI, P. et LACLAVERE, G. (1954): *Traité de Géodésie*. Gauthier Villars. Paris.

ZAKATOV, R.S. (1981): *Curso de Geodesia Superior*. MIR. Moscú.

La garantía del preciso funcionamiento de su instrumento topográfico se llama

LEP, S.A.

Representante exclusivo para
España y Portugal de
TOKIO OPTICAL & CO. LTD. TOPCON

SERVICIO TECNICO TOPCON

BARCELONA - 08021, Modolell, 67 - Tel. (93) 247 54 00
Madrid - 28020, Capitán Haya, 3 y 5 - Tel. (91) 455 96 45

LA CARTOGRAFIA DIGITAL APLICADA A LA GESTION URBANA (III)

Empresa Municipal de Informática, S.A.

TRATAMIENTO GRAFICO PROBLEMATICA GENERAL

El tratamiento gráfico de los datos utilizados en la formación del banco de datos de una cartografía determinada se nos plantean tres problemas fundamentalmente:

a) Asignación de clases y grafismos a los objetos cartográficos.

b) Corrección de errores y resolución de comentarios dados por Control de Calidad, y

c) Producción de cartografía según las necesidades del usuario.

d) Intercambio de información con otros sistemas gráficos.

Cada uno de estos tres problemas, presentan una serie de peculiaridades que los diferencian entre sí. Entre estas peculiaridades podemos resaltar, el consumo de horas de operador por hectárea realizada, el dispositivo informático necesario para la realización de esta tarea, las necesidades de información del usuario, etc.

A continuación vamos a profundizar en cada uno de los aspectos enunciados anteriormente, no sin antes resaltar que la problemática asociada a los puntos a) y c) están únicamente condicionados por las características del sistema gráfico CARINE II, y en cuanto a la asociada con el punto b) está muy influida por aspectos que podríamos denominar «exógenos» al sistema gráfico, como son la calidad de datos que van a formar parte de la cartografía, la complejidad de la zona geográfica que representan y las exigencias del usuario.

El intercambio de información con otros sistemas gráficos depende únicamente de la estructura de datos del sistema gráfico al cual se convierten los bancos de datos utilizados por el sistema CARINE II.

CLASES DE INFORMACION, GRAFISMOS, ATRIBUTOS, DERECHOS DE USUARIO, ETC

Como ya se ha expuesto anteriormente este tipo de información se define en el fichero PILOTO del banco de datos cartográficos, definible por el usuario, y que contiene a grandes rasgos la:

— Información relativa a la ventana física (coordenadas UTM) donde está ubicada la zona geográfica a representar.

— Las diferentes clases de información (objetos) a distinguir.

— Los derechos de usuarios sobre cada una de estas clases.

— Los atributos alfanuméricos que vamos a asociar a cada una de ellas.

Este fichero piloto se crea, modifica y actualiza por medio de un editor, con lo cual se fa-

cilita al usuario la gestión de la información en él contenida.

Su creación es una labor previa que hay que realizar antes de proceder a la carga de registros que constituyan los objetos cartográficos, pudiendo crearse por copia de otro existente, modificando aquellos contenidos que sean necesarios. La incorporación de nuevas clases no obliga a la redefinición de las existentes.

CLASES DE INFORMACION

En este aspecto el sistema gráfico CARINE II es totalmente abierto al usuario en cuanto que se pueden distinguir hasta 30.000 clases distintas de objetos a representar y por lo tanto a registrar con lo cual cubre perfectamente las necesidades que se puedan tener en la actualidad y en un futuro. Esta posibilidad es independiente del volumen de datos que contenga el banco de datos cartográfico y además se pueden definir en el momento que se necesitan importar nuevas clases, sin que exista otra limitación que el número total admisible.

Por otra parte esta libertad de definición no está condicionada a que el objeto cartográfico sea de tipo contorno (abierto o cerrado), o de tipo símbolo, pueden elegir la totalidad de un tipo o de otro o una mezcla de ambos. Solamente tendrá que existir una coherencia en los datos a registrar con el significado físico que se le quiera asignar a esa clase, y que vendrá determinado por el tipo de grafismo que más tarde se le asignará.

GRAFISMOS DE REPRESENTACION

La representación de cada uno de los objetos (agrupados por clases) se realizará por el grafismo que se le asigne en el fichero PILOTO a esa clase.

Distinguiremos tres tipos de grafismos, según sea la naturaleza de lo que se quiera representar:

— Puntuales o símbolo, por ejemplo para puntos de cota, árboles, etc.

— Contorno abierto, por ejemplo para aceras, líneas de tráfico, etc.

— Contorno cerrado, por ejemplo para edificios, piscinas, etc.

Cada uno de ellos puede tener una representación simbólica, por ejemplo semáforo, una palmera, o de acuerdo con los standar de representación cartográfica.

La única limitación existente es que sea compatible con la clase a representar, por ejemplo si queremos representar un edificio con tramado, tendremos que utilizar un grafismo que sea para tipo contorno cerrado para permitir el tramado difinido por su contorno, etc.

El sistema gráfico para ciertos tipos de grafismo, puede admitir ciertas posibilidades de variación del mismo, bien a elección del usuario, o bien ejecutadas automáticamente, por ejemplo por variación de la escala. Estas posibilidades pueden ser por ejemplo diferentes anchos del grafismo o bien que solo se representen las curvas de nivel principales, etc.

Como ya hemos mencionado, estas asignaciones de grafismos, realizadas mediante modificación del fichero piloto, pueden ser realizadas en cualquier momento, pues no afectan al contenido del banco de datos, con la única limitación existente de la compatibilidad antes mencionada.

ATRIBUTOS ALFANUMERICOS

A cada objeto perteneciente a una clase se le pueden asignar toda una serie de atributos alfanuméricos, definibles por el usuario en cualquier momento normalmente el fichero piloto.

Estos atributos pueden ser hasta 1.000 caracteres por objeto, estructurados en variables, modificables a voluntad del usuario.

Un ejemplo de estos atributos puede ser la fecha de creación del objeto representado, o bien en gestión de redes a un tramo de tuberías se puede asignar, su diámetro, tipo de material, tipo de fluido, velocidad de flujo, presión de trabajo, fecha de instalación; identificantes y asociaciones a nivel catastral y urbanístico, datos jurídicos, superficies, alturas edificables, etc.

ASIGNACION DE DERECHOS DE USUARIO

A cada usuario de una clase de información definida en el fichero piloto, se le pueden asignar unos determinados derechos sobre esa cla-

se, de tal forma que pueda crear, modificar o consultar los objetos gráficos pertenecientes a esa clase.

Este punto es de vital importancia de cara a una gestión coherente del banco de datos cartográfico, en el sentido que un usuario determinado solamente pueda modificar aquellos objetos de que sea propietario.

Ejemplo: Una empresa de servicios puede tener acceso a una base cartográfica para crear en ella sus redes, sin embargo no podrá nunca por error modificar algo que no sea la información relativa a sus redes.

CORRECCION Y MODIFICACION DE LOS FICHEROS GRAFICOS.

Esta es una actividad que tiene una incidencia crucial en la explotación y creación de una cartografía numérica, por dos motivos fundamentales:

- En cualquier creación masiva de datos se producen errores que necesitan ser depurados.
- Cada uno de los métodos utilizados para la adquisición de datos en cartografía urbana tienen sus limitaciones, por lo que producen disparidades que necesitan ser eliminadas.

Así pues. obtener una información coherente y de calidad va a exigir un tratamiento de la información que consistirá fundamentalmente en correcciones y modificaciones de los ficheros gráficos.

Estas correcciones y modificaciones al ser de un alto nivel de detalle, se realizarán fundamentalmente por medio de una pantalla gráfica.

Evidentemente el nivel de correcciones a realizar dependerá fundamentalmente de la calidad de los datos creados y serán los mismos sea el que sea el sistema gráfico.

El sistema CARINE II permite cualquier tipo de corrección, modificación y creación de objetos gráficos mediante pantalla gráfica.

Además de estas capacidades, el sistema CARINE II incorpora otras capacidades orientadas a estas tareas así nos encontramos con que permite y soporta entre otras capacidades las siguientes:

- Supresión y creación de objetos gráficos.
- Inserción y supresión de puntos en una cadena.
- Duplicación de un objeto de una clase en otro objeto de otra misma clase.
- Partición y fusión de entidades.
- Captura de puntos existentes.
- Paralelas.
- Perpendiculares.
- Círculos con centro y radio o tres puntos.
- Cuadrados definidos por un lado.
- Triangulación, etc.

TRATAMIENTO GRAFICO DE USUARIO

El sistema CARINE II permite el tratamiento gráfico del contenido del banco de datos cartográfico mediante plotter y/o pantalla gráfica sin modificar el contenido de éste. (Fichero gráfico y piloto.)

Este tratamiento se basa fundamentalmente en los siguientes conceptos.

a) Presentación de la zona elegida mediante coordenadas del vértice inferior izquierdo, escala, largo y ancho.
b) Elección de clases a representar.
c) Selección de entidades por identificante individual y escalado automático o centrado y escala solicitada.
d) Elección de color con el que se va a representar una clase.
e) Cuando el grafismo asociado a una clase admita distintos tipos puede elegirse el tipo con el que va a ser representado.
f) Eliminación o dibujo en distinto color del contorno para aquellas clases que sean cerradas (edificios, etc.).
g) Eliminación o dibujo en distinto color del tramado de aquellas clases cerradas que su grafismo lo incorporen.

h) Eliminación o dibujo en distinto color del símbolo y/o la toponimia en aquellas funciones puntuales compuestas de símbolo y toponimia.

Todas las opciones de la b) a la g) pueden ser realizadas por comando del operador o bien mediante la definición de «menús» aplicables a cualquier fichero gráfico y en cualquier momento que se desee. Lo cual permite la consulta de la información por personal sin formación específica.

INTERCAMBIO DE INFORMACION CON OTROS SISTEMAS GRAFICOS

Al ser el banco de datos utilizados por el sistema CARINE II totalmente transparentes al usuario, es posible convertirlo a otros formatos utilizables por otros sistemas gráficos.

Dicho intercambio de información se realiza mediante una aplicación informática que extrae la información convirtiéndola en el formato claseado. Desde el punto de vista del usuario esta transformación consiste simplemente en definir la zona geográfica y el nivel de información (clases) a convertir.

Actualmente se está realizando dicho intercambio a sistema INTERGRAFH para GAS y ELECTRICIDAD (GESA) y COMPUTERVISION para TELEFONICA, ambas en Palma de Mallorca, así como al sistema AUTOCAD en IBM PC y compatibles.

CONTROL DE CALIDAD

Una vez efectuada la toma de datos cartográficos, su tratamiento analítico y gráfico, y su posterior integración en el Banco de Datos Cartográficos (B.D.C.), se procede a realizar el control de calidad del mismo mediante un continuo análisis sistemático y meticuloso.

La finalidad del control de calidad es la de uniformar, homogeneizar, completar y precisar el B.D.C. y en último término el de imprimirle esteticismo, sin desvirtuar sus características esenciales.

Aunque definidos los criterios para la captación de datos, sean fotogramétricos o topográficos, hay elementos y situaciones que son interpretadas de diferente forma según la persona que lo esté definiendo, ya sea un operador de la estación de restitución o un jefe de brigada de topografía; de la misma forma existen errores por omisión, no se toman todos los objetos; otras veces la definición métrica de los mismos es insuficiente o inadecuada; se chequearán las precisiones planimétricas y altimétricas alcanzadas, y si existen discrepancias se estudian los resultados obtenidos de la toma de datos, de las poligonales, de las redes de nivelación, de los encajes de los modelos fotogramétricos, etc., aunque hay que recalcar que durante el cálculo anterior de todos ellos se revalidan las precisiones establecidas por nosotros y se confirman en su gran totalidad por debajo de la tolerancia, y que en caso contrario se procede a recalcular o reobservar la estructura discordante.

Para la representación gráfica de nuestro B.D.C. fue adoptada la unificación de formatos de las hojas nacionales para la representación de planos para la utilización de la cuadrícula UTM (CUTM) y su nomenclatura internacional, de esta forma se tiene un sistema georeferencial preciso y sin ningún tipo de equívocos, aunque significando que dadas las características de nuestro B.D.C., al ser un plano continuo, la adopción de cualquier otro sistema abstracto de formateado no entraña ningún problema.

Teniendo, por lo tanto, referenciado, todo el Término Municipal de Palma, mediante la CUTM, para las hojas a escala 1/500. se procedió a dividir éste en sectores numerados que agruparan divisiones físicas o administrativas (barrios, distritos, etc.) para que de alguna forma pudiera hacerse un mejor seguimiento del trabajo.

Por otra parte, los levantamientos topográficos se cerraban adaptándose lo máximo posible a un formato de hoja establecido (500, 250), que dependía sobre todo de la naturaleza o características de la zona a levantar. De esta forma cuando se tenía una zona completa, esto es, fotogrametría y topografía realizadas, y su tratamiento efectuado, se pasaba a la edición de planos para acometer el control de calidad.

Como unidad de trabajo consideramos el plano 1/500, pero para realizar las labores propias del control de calidad se utiliza los cuatro cuartos a escala 1/250 del que se compone aquél. La finalidad es poder detectar más facilmente los errores producidos y facilitar el que las anota-

ciones necesarias, que se marcan en él, sean fácilmente entendidas. Estos planos a 1/250 se editan a un solo color, exceptuando unas determinadas entidades que por su similitud en su representación gráfica puede llevar a equívocos; por ejemplo se direrencian en color las aceras anchas, de las estrechas, las líneas de asfalto, las líneas continuas de circulación, etc. de la misma forma se diferencian por el color los registros de las redes de servicio que por su semejanza en el símbolo pueden entrañar cierta dificultad de interpretación. Con estas hojas se realiza en primer lugar el control de calidad de campo, que consiste propiamente en una revisión, identificando, comprobando y completando con toda la información necesaria. Posteriormente viene la revisión de fotogrametría, mediante la utilización de estereoscopios de espejos, en la que se analiza los detalles de interior de manzana o rústica; anotando cualquier anomalía detectada para que pueda ser posteriormente corregida o completada. Efectuado el control de calidad, se entregan a la sección de explotación para que sean corregidas mediante pantalla gráfica. Una vez corregidas las cuatro hojas 1/250 que componen una hoja 1/500 se edita una hoja definitiva, grafiada a colores normalizados, que es certificada y archivada, comenzando seguidamente el mantenimiento de la misma.

MANTENIMIENTO

Es condición indispensable, que un plano, y por extensión, un Banco de Datos Cartográficos (B.D.C.) esté constantemente actualizado si no su utilidad y eficacia se perdería al poco tiempo. Esta necesidad es aún más imperiosa, cuando la cartografía elaborada tiene como soporte técnico las características específicas para la escala 1/500.

La Empresa Municipal de Informática, consciente de esta problemática, inició unos acuerdos, antes y durante la toma de datos cartográficos, con los posibles usuarios del B.D.C., avalados por la necesidad recíproca de mantener al día éste, bien por ser los administradores de él, caso de EMISA, o bien como utilizadores del mismo, como el Ayuntamiento, EMAYA, GESA, CTNE, Junta del Puerto, etc., y que al mismo tiempo eran los responsables o ejecutores de las diversas modificaciones o actuaciones que se realizan dentro del Término Municipal de Palma.

En estos acuerdos, se conviene que cada uno de estos Organismos remitiese quincenalmente a E.M.I.S.A. un informe detallado sobre cada una de sus intervenciones relativas al Municipio, durante esa quincena, en el que se consignarán los siguientes datos:

- Organismo responsable del proyecto.
- Empresa adjudicataria para la ejecución del mismo.
- N° de dossier.
- Tipo de actuación.
- Zona afectada, definida por coordenadas, planos de situación, dirección policial, paraje, etc.
- Fecha de inicio de obras.
- Fecha de finalización de obras.

Inicialmente y durante la captación de datos cartográficos, a través de fotogrametría y topografía, y posteriormente durante la fase de control de calidad, se recogieron las zonas en las que existían alguna actuación urbanística o de obras, o cualquier otra intervención, definiendo éstas, por su contorno, mediante una entidad representada por un símbolo. A cada una de estas entidades que se definen alfanuméricamente se le asocia la información administrativa complementaria facilitada por el organismo correspondiente. Esta información se localiza en el identificante y rúbricas de la entidad y se introduce en el B.D.C. mediante pantalla gráfica y/o terminal alfa-numérico, existiendo la posibilidad de crear, modificar, interrogar o anular cada una de ellas, así como su edición.

La información es procesada quincenalmente, advirtiendo, seguidamente, de las actuaciones que han sido dadas de alta, las que están en marcha, las que han sufrido variación de algún tipo y las que se han finalizado durante la quincena. En este último caso, se organiza un plan de trabajo, para la obtención de los datos necesarios, de la zona en cuestión, para ser incorporados al B.D.C.

Por otra parte, cada tres años, se efectúa un vuelo fotogramétrico para seguimiento del mantenimiento, restituyendo las nuevas actuaciones a integrar y que por sus características (edificios, interiores de manzana, urbanizaciones, grandes obras de infraestructura, etc.) hacen necesario un levantamiento fotogramétrico.

Consecuentemente, y durante la captación de los datos catastrales y su mantenimiento, existe un chequeo contínuo al B.D.C. y que de existir alguna alteración se procede de la misma forma.

Como regla sistemática, está establecido, que los trabajos de puesta al día, tengan la misma precisión, que los realizados para confeccionar el B.D.C. Es por esto que E.M.I.S.A., como administradora del B.D.C., entiende, que para no desvirtuar las características de éste, es necesario que cualquier variación sufrida en él, sólo sea modificada o alterada por sus propios equipos técnicos. Para la actualización mediante topografía, se utilizan las estaciones topográficas de las redes de poligonación usadas anteriormente para la elaboración del B.D.C. y que están materializadas mediante clavos en el terreno, de esta forma los posteriores levantamientos quedan perfectamente encuadrados en el mismo sistema georeferencial y con la misma precisión. La puesta al día mediante fotogrametría se realiza de forma análoga. Primeramente se preparan los pares a restituir de la nueva zona, se realiza la orientación absoluta de los modelos apoyándose en los múltiples puntos con coordenadas que definen la geometría de la zona colindante (aceras, fachadas, postes, farolas, etc.) y operando conjuntamente en el estereorestituidor analítico y en la pantalla gráfica asociada se procede a incorporar la actuación en cuestión.

Por otro lado, cada tres años se verifican los vértices de las redes de triangulación, poligonación y nivelación, y que en el caso de haber sufrido desperfectos o hubiesen desaparecido se procede a reconstruirlos, así como a su reobservación y cálculo. También en caso de necesidad, se densifican estas redes para dar mayor compacidad a la malla original, lo cual facilita las labores del mantenimiento y crea un apoyo importante para el proyecto y ejecución de las diversas intervenciones urbanísticas y de obras que se producen en el Término Municipal de Palma.

Para ello cuenta con una sección propia dentro de la estructura del Departamento, formada con un personal compuesto por:

- 1 responsable de la sección de control de calidad y mantenimiento.
- 2 equipos de trabajo formados por dos personas cada uno.

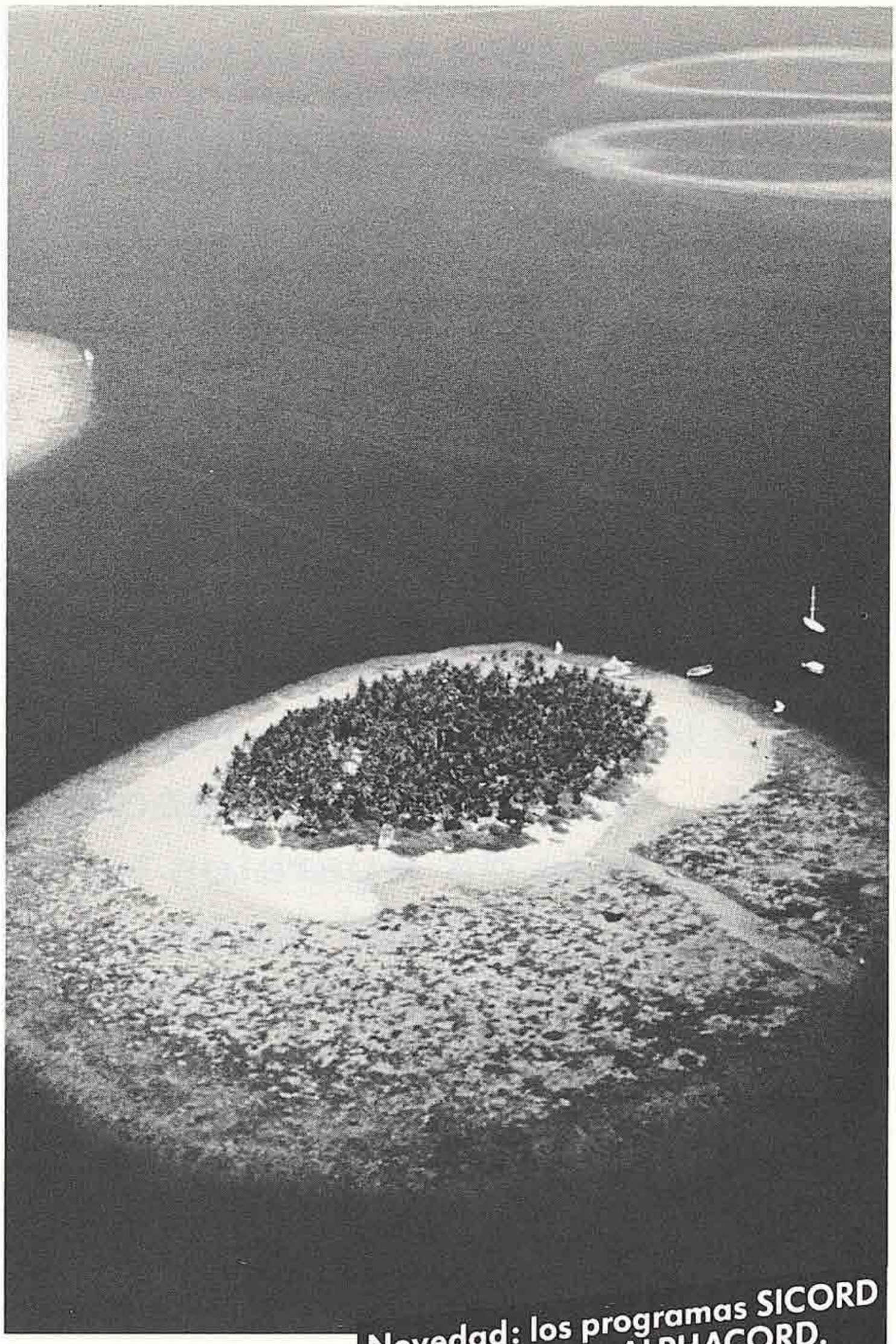
Mas la asistencia técnica de la sección de tomas de datos.

Dondequiera que Ud. deba hacer un levantamiento, con Kern Ud. sabe dónde está y a qué atenerse.

Cómo Ud. arriba a esta isla, es cosa suya. Pero nosotros podemos decirle exactamente dónde se encuentra el puerto: Y = 348 615,188, X = 329 010,543, Z = 15,368, determinado en el campo en cuestión de segundos.

El sistema de agrimensura que le permite a Ud. determinar y replantear directamente en el campo puntos topográficos de todo tipo mediante sus coordenadas se llama ***SICORD****. Este permite el flujo de datos continuo y compacto desde la estación hasta el banco de datos. Las mediciones son procesadas por medio de diferentes programas. De esta manera el procesamiento ulterior de los datos del campo en la oficina es prácticamente innecesario. Para el levantamiento y el replanteo ulterior de puntos Ud. permanece en el campo hasta que la tarea haya sido concluída por los programas* ***SICORD****. Las correcciones debidas a la influencia de la temperatura, la curvatura terrestre, la refracción o los factores de reducción son tenidos en cuenta automáticamente.*

Antes de su partida para deslindar su isla de vacaciones, llene Ud. el cupón y obtenga más informaciones: ¡Vale la pena!



Novedad: los programas SICORD también para la ALPHACORD.

Kern SWISS

German Weber S.A.
Hermosilla, 102
Madrid-9

Ruego a Uds. me envíen:

☐ *La documentación sobre el programa completo de Kern.*

☐ *La documentación sobre el Kern SICORD.*

Apellido y nombre: _____

Empresa: _____

Dirección _____

COMERCIAL TOPOGRAFICA, S. A.

★ ★

Primer servicio completo en España
dedicado exclusivamente
a la topografía, que ofrece:
Alquiler de Aparatos de topografía,
clásicos y Distanciómetros
Venta de Aparatos topográficos
y Accesorios (todas las Marcas)
Reparación de Aparatos
(todas las Marcas)
Contratos de Seguros de Equipos
topográficos (tanto nuevos
como usados)

Soliciten información a:
Comercial Topográfica, S. A.
León Gil Palacios, 3
(Junto al n.º 144 de la Avda. Ciudad de Barcelona)
MADRID- 7 – Teléf. 252 07 07

SEGUNDAS JORNADAS TECNICAS
PARA LA AUTOMATIZACION DE
LA CARTOGRAFIA URBANA

Quinto Centenario del
Descubrimiento de América

UNA EXPERIENCIA CARTOGRAFICA EN LA GERENCIA DE URBANISMO DE SEVILLA

Por: Julio Madrigal Asenjo
Ingeniero Técnico en Topografía
Responsable de la Sección de Cartografía
de la Gerencia de Urbanismo de Sevilla

INTRODUCCION

Recién creada la Gerencia de Urbanismo de Sevilla, en 1984 y ante la carencia de planos topográficos del Tº Municipal a escalas adecuadas y actualizados, se planteó la necesidad de acometer los trabajos que permitieran, en un plazo breve, disponer de una colección cartográfica de la ciudad, imprescindible para la realización del planteamiento urbanístico y que, además, fuera de utilidad a otras áreas del Ayuntamiento.

En primer lugar se estudió la escala. Reunidos representantes de distintos departamentos se debatió, pormenorizadamente, el grado de precisión que requerían los futuros usuarios de los planos, llegándose a la conclusión de que teniendo en cuenta los factores precisión-precio, la escala 1:1000 era la más adecuada, si bien se preveía la necesidad de levantar zonas concretas y de pequeña extensión a escalas 1:500 y 1:200.

También se planteó la posibilidad de acometer los trabajos por métodos informáticos.

RAZON DE LA CARTOGRAFIA DIGITAL

Los detalles planimétricos y altimétricos que conforman un plano constituyen una información que puede conservarse gráficamente —caso de la cartografía convencional—, o alfanuméricamente —cartografía informatizada—.

La metodología para la formación de la cartografía convencional es sobradamente conocida y no precisa ser descrita. La metodología para la formación de la cartografía digitizada puede seguir dos caminos:

1º.— A partir de la cartografía convencional, digitizando los detalles que aparecen gráficamente en el plano, con lo que se obtienen precisiones inferiores a la de aquél o, en todo caso iguales.

2º.— A partir de los modelos ópticos de restitución y de los datos alfanuméricos obtenidos en el campo, en cuyo caso la precisión alcanzada es función de la escala del vuelo empleado y de la profesionalidad del equipo topográfico.

Es evidente que la precisión obtenida en el segundo caso es genéricamente superior a la del primero y el proceso más rapido por prescindir de las labores de delineación y digitización manuales y por consiguiente más barato.

La precisión que se obtiene al medir sobre un plano convencional es función de la escala del mismo. El índice de percepción visual —0,2 mm.— nos indica la mayor apreciación obtenible. Así en un plano a escala 1:1000 podemos apreciar al medir sobre él, como máximo, 0,20 metros y en el caso de que no confluyen otras causas de error, lo que de hecho nunca ocurre. Estos mismos errores, o mayores, los obtendríamos de una cartografía digitizada manualmente a partir de planos convencionales.

Cuando se realiza cartografía informatizada a partir de módelos ópticos, la mayor apreciación obtenible es función de la escala del vuelo empleado. Así, cuando utiliza un vuelo a escala 1:5000 (apropiado para obtener cartografía convencional a escala 1:1000) y restituyendo con un instrumento de primer orden se puede apreciar hasta 10 cms., lo que permite obtener planos a escala 1:500 con una calidad aceptable.

Así pues, podemos afirmar que la elaboración de cartografía digital a partir de modelos ópticos aumenta la precisión respecto a la conseguida por otras técnicas en un cien por cien.

La cartografía digitizada e informatizada a partir de modelos ópticos presenta además otras ventajas respecto a la convencional:

— El concepto clásico de escalas desaparece, el plano de la ciudad es una acumulación ordenada de coordenadas situadas en el espacio con lo que la información no se distorsiona con el aumento o disminución de escalas (siempre dentro de un límite que es función, como se dijo anteriormente, de la escala de vuelo).

— Permite una actualización y puesta al día más agilizada y más barata.

— Ofrece una gama más amplia de servicios. Permite obtener planos a diferentes escalas y seleccionar la información según las necesidades de cada momento y todo ello en tiempos sorprendentemente breves.

— Permite almacenar una cantidad de datos ilimitada, imposible de conseguir con la cartografía convencional por falta de espacio.

— Aumenta la precisión.

— Se consigue un plano continuo sin solapamientos ni zonas ocultas.

Para mejor entendimiento véase el siguiente ejemplo:

Con un vuelo apoyado en campo restituimos digitalmente, añadimos posteriormente al soporte magnético los datos obtenidos de revisiones de campo así como otros de tipo estadístico, arquitectónico, urbanístico, histórico, etc. Con estos medios podemos obtener planos de buena calidad a escala 1:500 y menores. Con sólo pulsar unas teclas puede obtenerse en una pantalla gráfica o en papel, mediante plotter, la zona deseada a la escala más conveniente y sólo los detalles precisos, por ejemplo, la red vial o el parcelario o las zonas industriales, o todas juntas.

ELECCION DEL METODO

Vistos los razonamientos anteriormente expuestos se decidió acometer los trabajos digitizando los modelos ópticos, esto es, registrando alfanuméricamente la información al mismo tiempo que se restituían los pares estereoscópicos.

Faltaba ver qué sistema informático de los existentes en el mercado habría de utilizarse y si los trabajos serían ejecutados directamente por el personal propio de la Gerencia o se contratarían a empresas especializadas del sector de la cartografía, optándose por el segundo camino. Los motivos eran evidentes:

— La urgencia con que se precisaban los planos.

— Resultaba más rentable que la adquisición de equipos de fotogrametría y la contratación de personal especializado, cuyas funciones serían requeridas por un plazo tal que impediría su total amortización.

Visto lo anteriormente expuesto se estudió, entre los equipos existentes en el mercado y de entre los que disponían las empresas del sector, cuál era el más idóneo para acometer los trabajos. Finalmente se optó por el TOPODATA-200 que entre otras ventajas ofrecía la de ser el sistema más difundido y el de estar desarrollado y fabricado íntegramente en España y por técnicos españoles, lo que suponía una mayor accesibilidad, resultando notablemente más económico que el resto, lo que implicaba un abaratamiento en los costes de la cartografía.

CARACTERISTICAS DE LA CARTOGRAFIA

Las fases seguidas para la elaboración de la cartografía han sido las siguientes:

— Vuelo fotogramétrico a escala 1:5000, realizado con cámara de focal de 150 mm. y en emulsión pancromática y formato de 23 × 23 cm.

— Red trigonométrica unida a la red geodésica nacional y calculada en proyección UTM, utilizándose como coordenadas de partida las correspondientes a la RESW-78.

— Nivelación geométrica de los vértices de la red y de 60 señales, partiendo de las altitudes de dos clavos pertenecientes a la red de nivelación de alta precisión IGN. También se nivelaron algunos puntos de apoyo.

— Apoyo fotogramétrico de campo, con cinco puntos de apoyo por par esterescópico.

— Restitución digitizada con sistemas TOPODATA-200.

— Revisión de campo de las minutas de restitución.

— Delineación en cinco colores, sobre poliéster, en formatos recomendados por el CSG.

Esta última fase, que no es imprescindible, hubo de acometerse ante la urgencia con que se precisaban los planos y por carecerse en aquel momento del equipo informático para su procesamiento.

RESULTADOS

Se prevé la terminación de los planos para finales de marzo del presente año (se comenzaron en octubre de 1984). No obstante, se han recibido entregas parciales que se han revisado en campo y los resultados obtenidos han sido notablemente alentadores. Así, y en principio por mera curiosidad, se procesó una zona a escala 1:500, comprobando que las medidas de campo no diferían de las obtenidas sobre los planos en más de 0,5 mm. en ningún caso.

ESTUDIO ECONOMICO

En la elaboración de la cartografía han participado seis empresas. En total se levantarán 8.735 Ha., la mayor parte de suelo urbano, correspondiendo el resto a suelo rústico circundante que apenas tiene accidentes y sin relieve. Por todo ello, el precio por hectárea ha sido muy variable, oscilando entre las 3.500 ptas. y las 7.500 , si bien en estas cifras no se incluyen el vuelo ni los trabajos de campo. La cartografía obtenida es una cartografía básica —no se han levantado registros, señales de tráfico, mobiliario urbano, etc.— detalles éstos que se añadirán posteriormente a los planos base y cuyo coste está aún por evaluar.

El precio pues, ha resultado muy interesante, no llegando a las elevadísimas cifras que se suelen barajar —siempre sin conocimiento de causa— cuando se trata de cartografía digital.

Además se pretende rentabilizar al máximo estos trabajos, por lo que se está estudiando la posibilidad de vender esta cartografía a otros organismos como compañías de electricidad y gas, Consorcio de Hacienda, Telefónica, etc.

CONCLUSIONES

Para terminar, he de destacar el objeto de estas palabras que no es otro que la intención de desmitificar la Cartografía Informatizada.

La Cartografía Informatizada en los Municipios no sólo es viable, sino imprescindible en estos tiempos.

La Cartografía Informatizada no es cara y además contribuye notablemente a ofrecer un conocimiento más preciso de los Municipios, permitiendo un mayor control de los mismos y una actuación más rápida y eficaz de los Ayuntamientos, siendo la única que posibilita la implementación de gran cantidad de información no cartográfica sobre la configuración geométrica de las ciudades.

Sevilla, enero de 1986

ISIDORO SANCHEZ, S. A.
Aparatos Topográficos

Ronda de Atocha, 16

Tels. 228 38 34 y 467 61 28 - Madrid - 28005

ALQUILER
DE
TEODOLITOS
NIVELES
Y DISTANCIOMETROS

TOPCON

EDM
TEODOLITO

GTS-2B/2S

Estación Total Geodésica

Combinación de EDM y Teodolito en el que ambos ejes, el del rayo infrarrojo y el de la línea óptica de visión, se encuentran en total coincidencia. De este modo, de una sola visual, son posibles precisas mediciones electrónicas de distancia y lecturas angulares

Su sencillo panel permite seleccionar diversas funciones.

El GTS-2B ha sido equipado con terminales de salida de datos para transmitir éstos a un ordenador a través de la Unidad de Registro TOPCON Mod. FC-2.

Solicite información:

LEP, S.A.

REPRESENTANTE EXCLUSIVO

08021 - Barcelona
Modollel, 67
Teléf. 93/247 54 00

NUEVO DOMICILIO:

28020 - Madrid
Capitán Haya, 3-5
Teléfs. 91/455 97 96
455 97 45

SEGUNDAS JORNADAS TECNICAS
PARA LA AUTOMATIZACION DE
LA CARTOGRAFIA URBANA

1492-1992
Quinto Centenario del
Descubrimiento de América

GESTION DE REDES MEDIANTE INFORMATICA GRAFICA

Por: Luis Marqués de Oleza
y Gabriel Morro Truyol
GAS y Electricidad, S.A.

I GAS Y ELECTRICIDAD

La Empresa GAS Y ELECTRICIDAD, S.A. (GESA) produce y distribuye energía eléctrica en las Islas Baleares y gas en la ciudad de Palma de Mallorca. Algunos datos relacionados con su actividad se relacionan a continuación.

— 450.000 abonados de electricidad

— 62.000 abonados de gas

— 1.750 kms. de redes subterráneas

— 3.650 kms. de redes aéreas de Media Tensión (MT)

— 3.100 kms. de redes aéreas de Baja Tensión (BT)

— 300 kms. de tuberías de gas.

II CONFIGURACION SISTEMA GRAFICO

El Sistema Gráfico es un INTERGRAPH, cuyo esquema Hardware puede observarse en la siguiente página, y que fundamentalmente consta de los siguientes elementos:

— Unidad central Digital VAX-11/730, con una memoria de 2MB que próximamente será ampliada con otros 2MB.

— Consola impresora Digital LA120.

— Unidad de cinta Cipher de 1600 bpi.

— 2 unidades de disco Fujistsu de 84MB.

— 1 Disco fijo Control Data de 675MB (próxima instalación).

— 2 Pantallas alfanuméricas C. ITOH VT101.

— 1 Pantalla alfanumérica Ericsson 4111 Dual Host conectada al VAX y al IBM 4381.

— 1 Hardcopy de pantalla Facit 4511.

— 1 Impresora de sistema Facit 4512.

— 1 Terminal gráfico INTERACT compuesto de: Doble pantalla gráfica de 1280 ×1024 pixels; Digilitalizador tamaño A-1 (86.4×55.9 cm.); Tableta menú para cursor (43×30 cm.).

— 1 Terminal gráfico INTERPRO, con una pantalla y tableta igual al caso anterior.

— 1 Plotter Benson de tambor 1565, de características:

Cuatro plumas

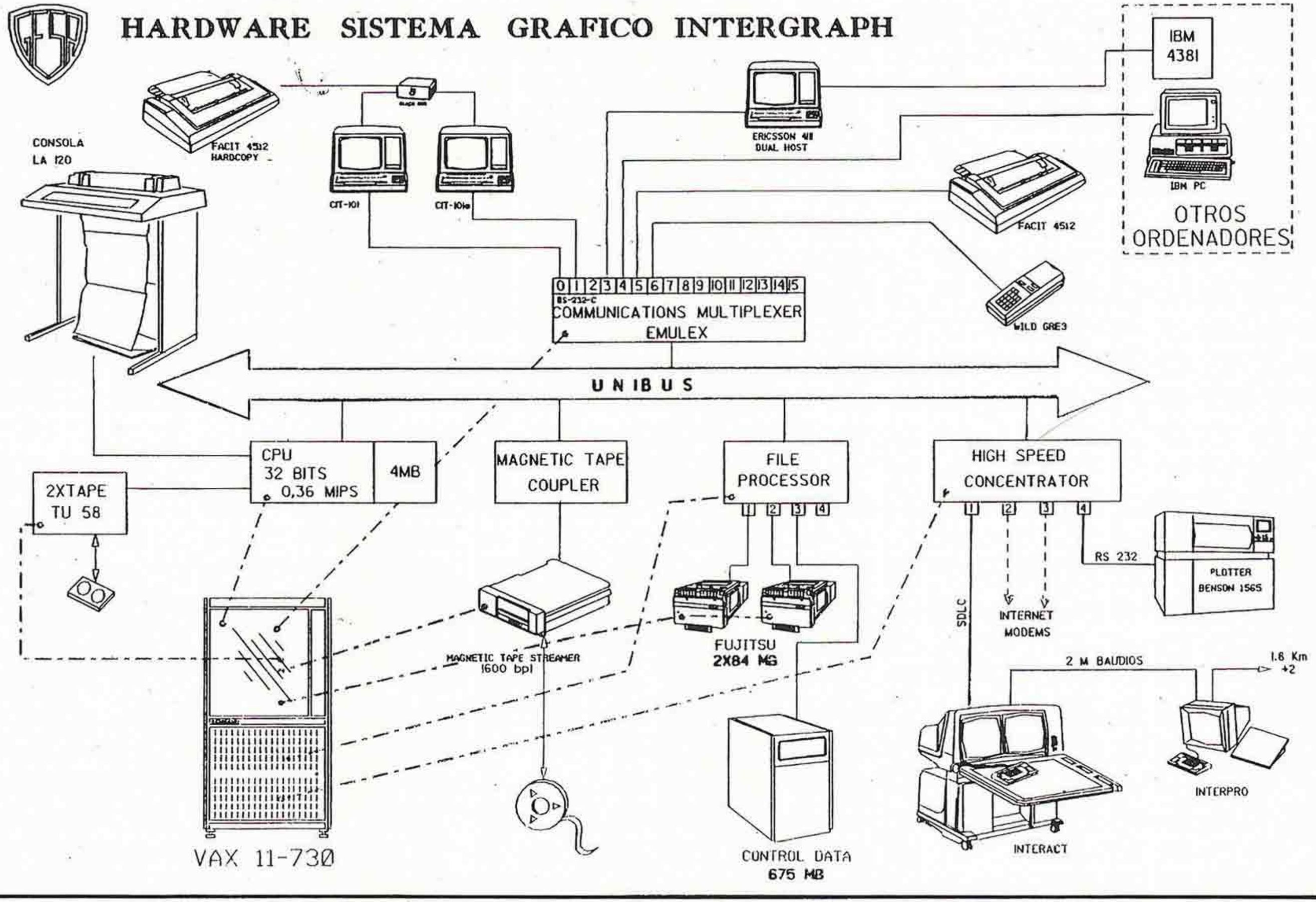
Tamaño A-0

Velocidad: 112 cm/s

Los paquetes software utilizados son los básicos de Intergraph incluidos en cualquier sistema de esta compañía: IGDS (Interactiva Graphics Design Software) para diseño y dibujo, y DMRS (Data Management and Retrieval System) para el manejo de toda la información asociada con los diseños de ingeniería, cartografía y otros gráficos desarrollados con el IGDS.

Para la creación y lectura de ficheros de intercambio en formato estandard, se utiliza el software de Intergraph SIF (Standard Interchange Format) e IGES (Initial Graphics Exchange Specification).

HARDWARE SISTEMA GRAFICO INTERGRAPH



III GESTION DE REDES

Entre los trabajos que se desarrollan mediante el Sistema Gráfico (SG) destacan las ayudas a la gestión de redes de la Distribución; entre ellas, en esta ponencia, hemos entresacado dos por cuanto estos trabajos están ya iniciados, Redes Subterráneas y Red de Baja Tensión. Estas redes, ubicadas fundamentalmente en áreas urbanas, requieren una diversa precisión en la cartografía.

— Redes Subterráneas.

La ayuda que aporta el SG empieza en el proyecto de montaje permitiendo una vez realizado el mismo conocer de forma precisa la posición de la red para su localización en caso de ampliaciones o averías, tanto para GESA como para otras empresas de servicios.

Para ello será necesario recoger toda la información superficial en aceras y calzadas: registros, tapas, semáforos, postes, etc....

La representación normalmente es a escala 1:250.

— Red de Baja Tensión.

Se considera red de Baja Tensión (BT) la que va desde el transformador hasta el abonado. Este tipo de red es normalmente aérea. La necesidad de representación es para efectuar cálculos de ampliaciones de red y análisis de cargas, por lo que es más bien un plano esquemático.

Esencialmente se recogen los siguientes elementos:

Fachadas

Aceras

Tapias

Divisiones y números de fincas

Nombres de calles

Es suficiente con una representación a escalas 1:1000 ó 1:2000

IV OBTENCION DE LA CARTOGRAFIA

Se debe destacar la buena disposición que entre Ayuntamiento, CTNE y GESA ha existido para que el intercambio de cartografía de base pudiera llevarse a cabo.

Las diferentes formas de obtener la cartografía son:

— En el área urbana de Palma, del Banco de Datos Cartográfico de EMISA (Empresa Municipal de Informática, S.A.).

Tras un considerable período de pruebas, puede decirse que el intercambio de información gráfica entre los sistemas de ambas entidades es satisfactorio. El formato utilizado es el SIF.

Evidentemente no toda la información del Banco de Datos es de interés para GESA, por ello el proceso de intercambio de ficheros ya selecciona automáticamente las funciones acordadas situándolas en el nivel de información correspondiente del sistema Intergraph. El pattern de líneas no lo realiza el procesador SIF, sino que despues de este proceso, se efectúa otro en batch para realizar la simbología de las líneas.

— En el caso de necesitar un àrea determinada para la realización de planos a escala 1:250, se dispone del software TDT (Tratamiento de Datos Topográficos), que utiliza un equipo topográfico de GESA y que fundamentalmente consta de los siguientes módulos:

— Lectura de datos almacenados en la memoria lectrónica del WILD GRE3.

— Edición en pantalla alfanumérica de los datos anteriores y corrección de posibles errores.

— Posibilidad de utilizar como referencia, los puntos del canevás topográfico de Palma, lo cual permite juntar trabajos propios con la cartografía de Palma ya existente.

— Cálculo de estaciones y puntos de la poligonal.

— Creación de un fichero SIF a partir de los puntos anteriores. Obtenido el fichero SIF, se utiliza un proceso de conversión a IGDS.

— La digitalización se utiliza fundamentalmente para las áreas urbanas de pueblos destinadas a planos de tipo esquemático. Los planos de partida son:

— Consorcio para la Gestión e Inspección de las Constribuciones Territoriales Urbanas (E 1:1000).

— Consell General Interinsular (E 1:2000).

— Ministerio de Hacienda (E 1:1000) sólo para situar número de fincas.

— Debido a que la CTNE está realizando una labor de digitalización de pueblos similar a GESA, existe una coordinación entre ambas empresas para no repetir los mismos trabajos y efectuar un intercambio de ficheros mediante cinta magnética en formato IGES. Con el fin de no complicar el proceso de intercambio de información, inicialmente se acordó utilizar los mismos niveles para cada una de las funciones, y una simbología parecida.

— En el caso de que GESA deba acelerar el ritmo de obtención de la cartografía descrita en los apartados anteriores, no se descarta la posibilidad de contratarla a otras empresas especializadas.

V REDES SUBTERRANEAS

Esta aplicación consiste en confeccionar todos los planos de que se compone un proyecto de red subterránea y simultáneamente crear un fichero de instalaciones de este tipo que se pueda consultar en modo interactivo sobre pantalla gráfica por el proyectista de instalaciones futuras.

Si bien la aplicación sirve tanto para redes eléctricas como de gas, a partir de ahora nos referimos al caso de un proyecto, de cable subterráneo. En la página siguiente hay un esquema de las distintas fases de que consta la aplicación, las cuales a continuación se pasa a describir:

1.- Obtención de la cartografía según los metodos descritos en el capitulo anterior.

2.- El proyectista traza sobre la pantalla gráfica la situacion inicialmente prevista del cable.

3.- Confección de los planos necesarios para la solicitud de permisos para la colocación del cable. Planos a escalas 1:250 y generales a 1:1000 ó 1:2000.

4.- Confección de los planos de montaje en el cual el proyectista prevé cuales seran las cotas necesarias (referenciadas a elementos cartográficos) que el montador del cable deberá tomar.

5.- Acotado del plano anterior sobre el terreno.

6.- Mediante terminal gráfico, situación exacta del cable.

7.- Confección del plano definitivo de montaje para la unidad de Distribución , y archivo del mismo en cinta magnética. Este plano normalmante es utilizado por las unidades móviles de montaje y mantenimiento de instalaciones.

8.- Inserción del cable en el fichero general de instalaciones eléctricas. Dicho fichero se mantendrá en línea para que pueda ser consultado en cualquier momento.

9.- Transmisión de la situación de las instalaciones a otras empresas de servicios.

Entre las fases 2 y 3 actualmente se efectua otra que consiste en solicitar a otras empresas de servicios (CTNE, EMAYA.etc..) el trazado de sus redes que pueda interferir con el trazado del cable en cuestión. Si se decide el intercambio de información sobre sus respectivas redes, entre empresas de servicios, este trabajo podrá ser evitado.

VI CREACION PLANOS RED DE BAJA TENSION

En la gestión de la red de baja tensión, la aplicación de recogida, almacenamiento y modificación de datos alfanuméricos concernientes a la red está montada sobre el sistema IBM 4381, más apto que el INTERGRAPH para este tipo de operaciones. Para la gestión de ciertos datos numéricos que el SG necesita, se utiliza la base de datos DMRS la cual permite la unión con elementos gráficos. La estructura de la red es del tipo jerárquico:

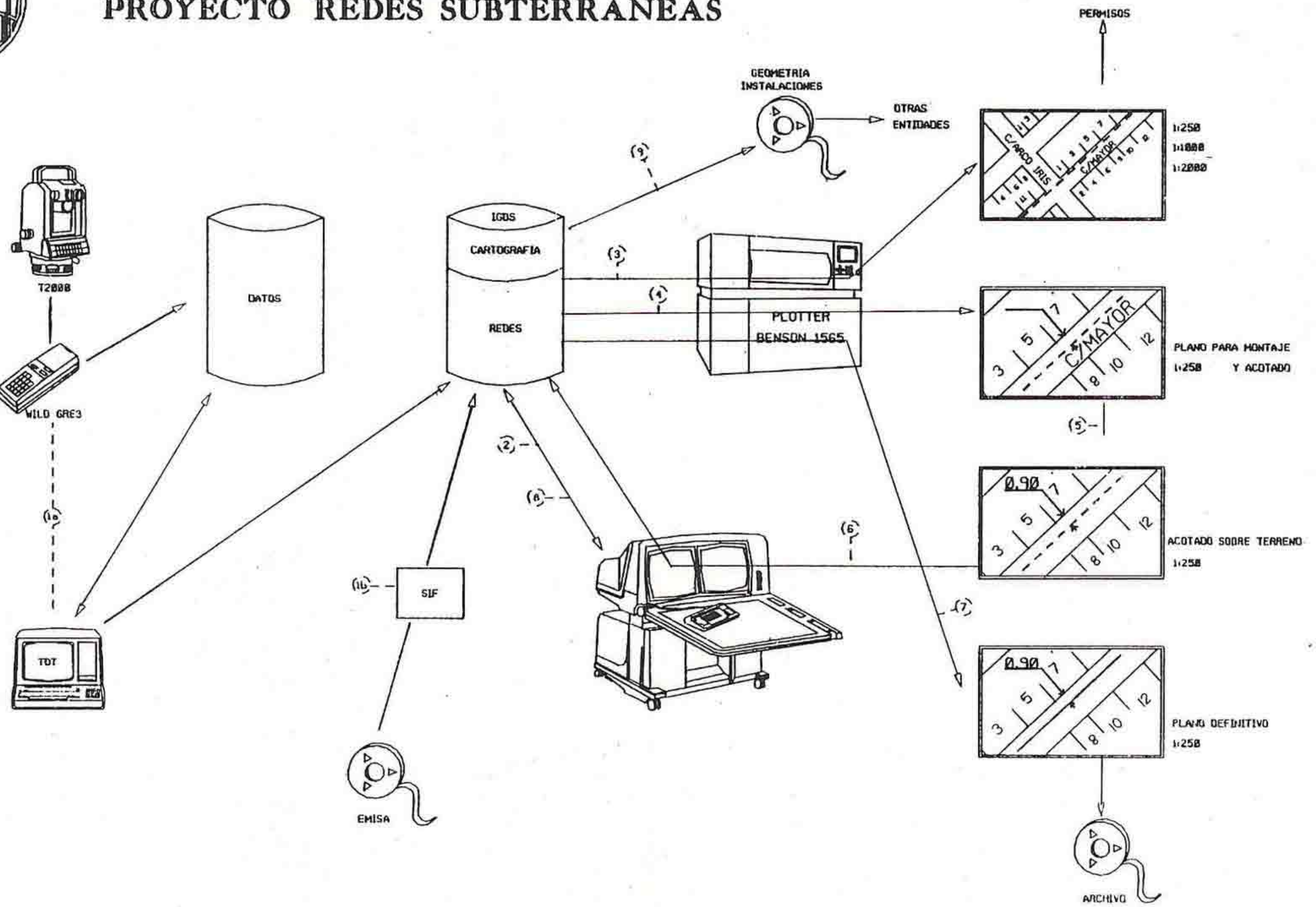
PUEBLO ⇔ EETT ⇔ TRAFO ⇔ TRAMO

Los atributos de la entidad tramo son:

— Orden de feeder
— Nudo origen
— Nudo destino
— Sección
— Material
— Longitud
— Tipo (convencional, trenzado, subterraneo).

Estos atributos son necesarios tanto para la confección del plano (rotulaciones y simbologías de tramos), como para análisis de cargas; en este

PROYECTO REDES SUBTERRANEAS



caso es necesario enlazar el nudo de acometida con la finca que alimenta para así conocer la carga total de cada finca, obtenida a través del fichero de abonados.

Las fases de que consta la aplicación de creación de planos de baja tensión están representadas en el esquema de la página siguiente y son:

1.- Obtención o digitalización de la cartografía.

2.- Confección mediante plotter del plano ajustado al área donde se vaya a croquizar la red.

3.- Croquización de la red sobre el terreno.

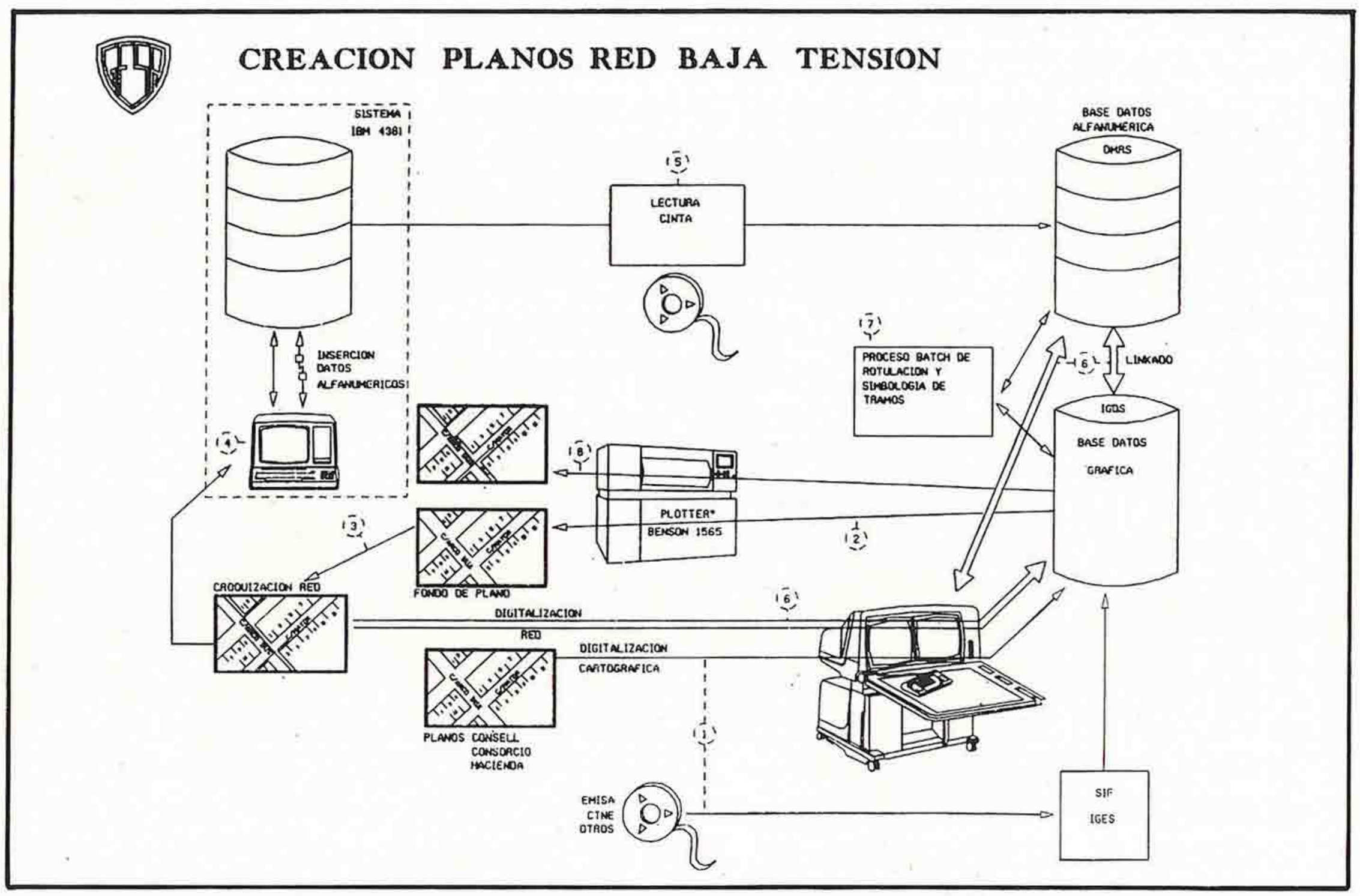
4.- Inserción de datos alfanuméricos en el 4381.

5.- Trasvase de los datos anteriores al SG mediante soporte magnético e inserción en DMRS.

6.- Digitalización de la red, con una interactividad tal que permite comprobar que el tramo a digitalizar ya existe en la base de datos y posterior linkado entre el elemento gráfico y sus características alfanuméricas.

7.- Proceso batch que coloca las características de cada tramo y le asigna la simbología correspondiente (ocho colores y tres tipos de línea).

8.- Confección mediante plotter del plano definitivo.



Los "Industriales" de Alsinco

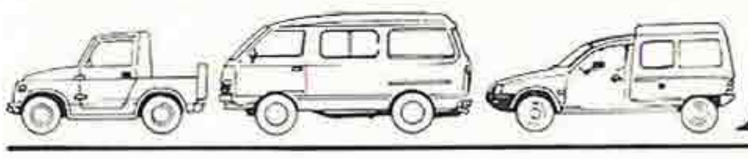
LE AHORRARAN MUCHO DINERO EN MANO DE OBRA

Porque Vd. sólo paga por los vehículos industriales cuando están trabajando. A contrato temporal. Y al no tener una inversión en flota de vehículos, tampoco necesita tener una plantilla de conductores. Por eso se ahorra también mucho dinero en mano de obra.

Cuando Vd. alquila los vehículos de ALSINCO, tiene garantía total de un servicio pleno. Para que su obra no se detenga. Y para que no se detengan sus obreros. Porque una pequeña avería en un vehículo, puede parar toda una cadena de trabajo. Por eso ALSINCO le garantiza un servicio que cubre, durante las 24 horas del día, cualquier incidencia: desde la avería más pequeña, hasta el siniestro más complejo, poniendo otro vehículo a su disposición mientras se repara el suyo. Y con una organización que cubre todo el territorio nacional.

Así, su obra se hace más rentable.

Saque a su obra todo el partido alquilando los vehículos industriales de ALSINCO. No se quedará tirado.



ALSINCO

20 AÑOS CUMPLIENDO DIA A DIA

ALSINCO CATALUÑA, S.A.
C/. Sanjuanistas, n.º 28
Tels.: (93) 209 27 77 - 209 29 98
08006 BARCELONA

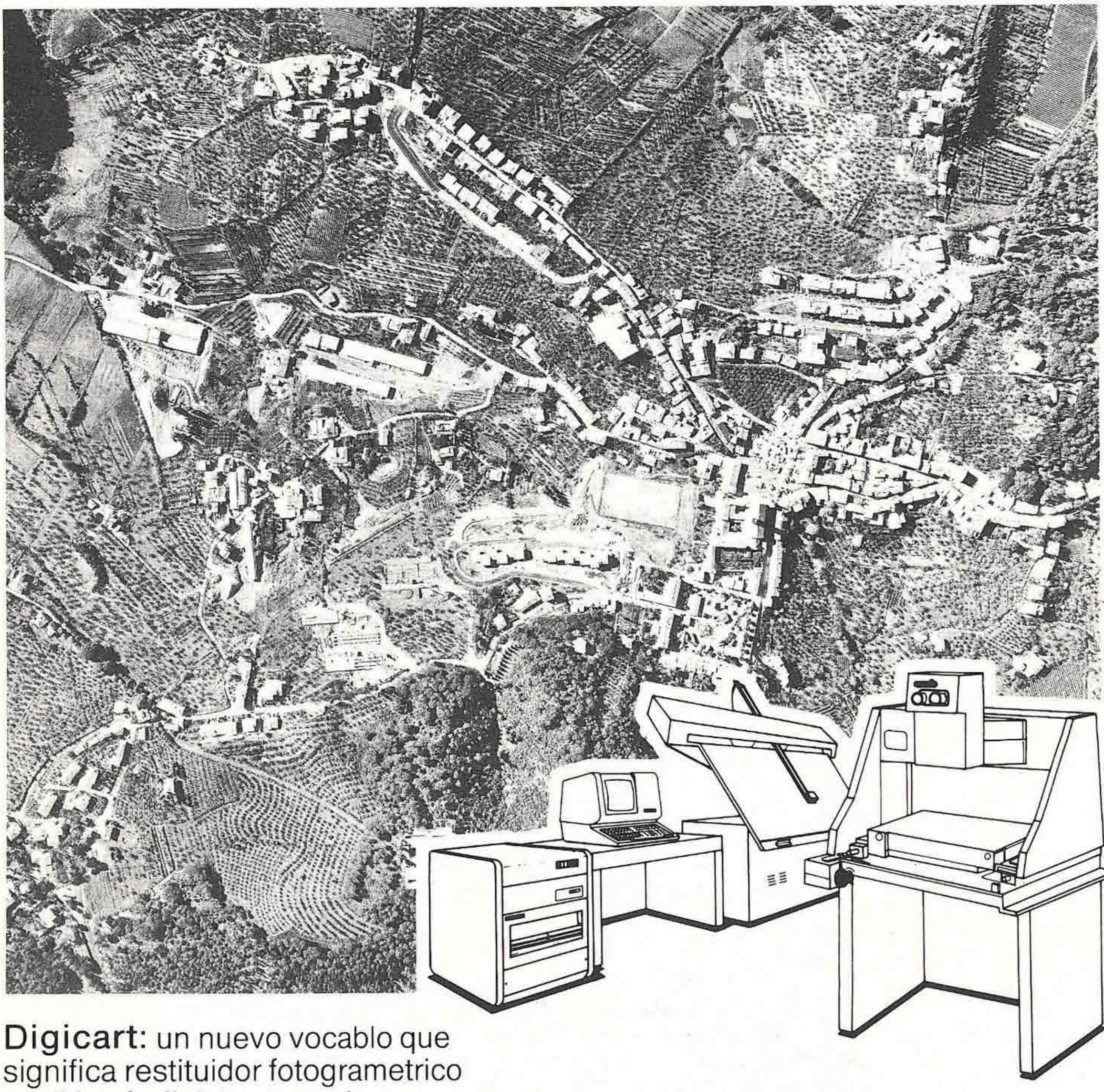
ALSINCO GALICIA, S.A.
Avda. de La Coruña, n.º 69
Tels.: (982) 21 13 27 - 21 57 29
27003 LUGO

ALSINCO, S.A.
C/. A - Polígono Industrial de Vallecas
Tels.: (91) 778 66 42 - 778 72 99
28031 MADRID

Delegación en Sevilla: **ALSINCO, S.A.**
C/. Principal - Polígono Industrial La Red
Tel.: (954) 70 33 00
ALCALA DE GUADAIRA (SEVILLA)

LA BANDA

DIGICART: un nuevo vocablo.



Digicart: un nuevo vocablo que significa restituidor fotogrametrico analitico facil de operar, alta productividad y bajo precio.

OFFICINE GALILEO

Settore Strumentazione I
Via A. Einstein, 35
50013 Campi Bisenzio (Firenze)
Tel. (055) 89501
Telex 570126 GALILE I

Grafinta S.A.
Islas Filipinas, 46
Madrid 3
Tel. (91) 2537207
Telex 45089 GRFN E

grafinta SOCIEDAD ANONIMA

XVIII International Congress of Surveyor
Toronto, Canadá - 1986

ESTUDIO TOPOGRAFICO DE LAS DEFORMACIONES EN LA SUPERFICIE TERRESTRE

Por: F. M. Martínez
y P. J. Cavero
(ESPAÑA)

INTRODUCCION

La Precisión que tanto en las medidas angulares como de distancia, han conseguido los instrumentos actuales junto con el desarrollo de los métodos de análisis y cálculo de las observaciones, hacen posible el tratamiento de problemas en los que las exigencias de precisión son grandes. Entre estos podríamos señalar los estudios de deformaciones o movimientos de estructuras sólidas en general.

En esta comunicación se van a exponer brevemente la estrategia en el planteamiento de las mediciones de caracter topográfico y las técnicas de cálculo que se han utilizado para abordar el problema de un estudio de este tipo. También comentaremos, las restricciones impuestas por la morfología del marco espacial, por las demandas de tiempo y por el coste económico.

SITUACION

Se plantea el estudio de controlar el movimiento superficial de tres zonas de una ladera de gran pendiente, situada en Cobas del Sil.

Las dimensiones del espacio objeto de control son las de un rectángulo de unos 800 m. de largo y 300 m. de ancho, la zona principal, y otras dos zonas, cercanas a esta primera, de aproximadamente la mitad de dimensiones.

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El estudio del problema topográfico, viene supeditado a las condiciones que impone la geotecnia, que tenía determinados los puntos que consideraba de interés estudiar.

Se plantea primeramente el estudio como red libre del conjunto de puntos, o bien como puntos no estacionables ligados a un sistema de referencia que fuera posible considerar estable a lo largo del tiempo.

Criterios más de economía que de otro caracter, ya que el número de puntos es elevado, aproximádamente 60, fueron los que decantaron la decisión, hacia la segunda solución.

Se trataba pues, de establecer una red de puntos estacionables, que no participaran en el movimiento a estudiar, y que materializarán el sistema de referencia; red que denominaremos básica. Por otra parte se diseñaría un conjunto de puntos, que llamaremos red de Testigos, que servirán para controlar el movimiento, que se colocarán según las necesidades de la geología y en un número de aproximadamente sesenta como ya hemos mencionado.

ESTABLECIMIENTO DE LAS REDES. ESTUDIOS DE PRECISIONES

Tras un reconocimiento del terreno, se establecen de forma provisional ambas redes, con algunas alternativas que sería preciso estudiar.

Mediante técnicas de simulación se llegó a determinar la

configuración óptima de la red Básica, teniendo en cuenta no sólo criterios de precisión, sino también condicionantes de morfología del terreno y de economía en tiempo y costos.

Con la misma técnica se determinaron los puntos de la red Básica desde los que se deberían visar cada uno de los sesenta puntos que componen la red de Testigos.

Conocida la forma geométrica que deberían tener cada una de las redes, la precisión con que se debía observar y las observaciones a realizar, era necesario establecer los tipos de instrumentos a emplear y los métodos de observación.

Se determinaron dos tipos de señales, una estacionable con centrado forzoso para un teodolito Wild T-3, con señales de puntería torneadas sobre un eje, con precisión de la décima de milímetro; las señales de punterías eran siempre las mismas para cada vértice. Dado el rigor del tiempo meteorológico de la zona, se estudiaron los posibles riesgos de torsión de las señales debidas a cambios de temperatura. Se llegó a la conclusión de que estos serían despreciables, aún en las peores condiciones, tanto para los hitos de la red Básica como para las señales de la red de Testigos.

Las señales de esta última red se diseñaron como un tubo que empotrado aproximadamente unos cincuenta centímetros en el suelo, asomara la cantidad imprescindible para realizar su observación, aún cuando posteriormente hubo necesidad de colocar marcas para sus identificaciones. La puntería se realizaría a un cilindro torneado, con igual precisión que en la red Básica, en el que terminaba la señal del testigo. La cantidad que la señal se empotraba en el suelo fué determinada con criterios geotécnicos.

Parecía necesario separar las observaciones de altimetría y planimetría, pero el conocimiento del movimiento esperado y una precisión de su cuantía, permitió determinar que las observaciones cenitales del teodolito T-3 serían suficientes.

Por fin la observación fué realizada con un teodolito Wild T-3, con centrado forzoso, reiterando seis series en cada punto de la red Básica y tres en cada Testigo.

SIMULACION DE LA RED BASICA Y DE LA RED DE TESTIGOS

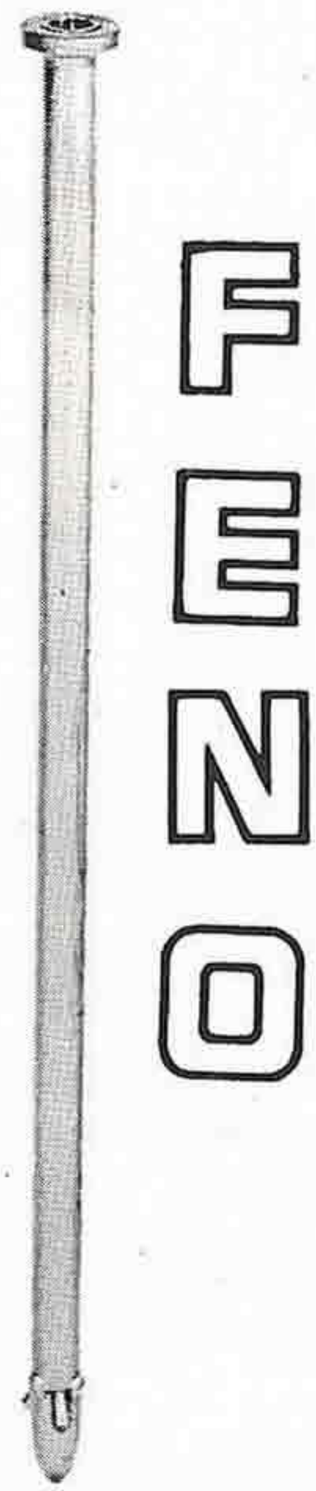
La red Básica, determinada en campo estaba compuesta por diez hitos, y su configuración no parecía idónea para obtener una gran precisión, con dos bandas de vértices sin grandes nexos de unión, el conjunto 2, 3, 4, 5, y 6 y el 7, 8, 9, 10 y 1; además los puntos fijos de la red, debían ser el 1 y el 2, por parecer los más estables.

Era evidente que con esta configuración las elipses se orientarían formando un hipotético circulo de centro cercano al punto 1 y que el mayor de los semiejes, que en algunas configuraciones simuladas llegó a ser hasta seis veces mayor que el semieje menor, sería tangente al mencionado cículo y bastante más grande que el menor.

Tras algunas simulaciones, se llegó a la conclusión de realizar una observación de tipo malla que permitiera una buena sujeción de todos los

MOJONES

Puesta cómoda y rápida en menos de un minuto



Representante Exclusivo para España:

rego&cía,s.a.

San Romualdo, 26, 2.º B
28037 MADRID - Teléf. 91 - 204 53 40
Télex: 23140 REGO E
BARCELONA - BILBAO - SEVILLA
SANTIAGO - VALENCIA

puntos. El proceso de simulación se llevó a cabo con el organigrama que se indica en el ANEXO I.

La decisión final de la configuración y de las observaciones es la que figura en el ANEXO II.

A pesar de intentar variar la excentricidad de las elipses con un aumento de observaciones, el punto 8 quedó con mucha más excentricidad que el resto de los vértices.

El siguiente paso fué similar todos y cada uno de los vértices de la red de testigos, suponiéndolos observados desde todos los vértices de la red básica y considerando a estos como puntos fijos.

La situación de la red básica, a una parte de la red de testigos, hacía presumir unas elipses con gran excentricidad. Así fué en los testigos de extremo, pero pudo alternarse en los centrales, visándolos desde vértices extremos de la red básica.

Un ejemplo del resultado de la simulación de la red de Testigos se da en el ANEXO III. Como puede verse las elipses de error son pequeñas, a = 2 mm y b = 1 mm pero con una apreciable excentricidad.

La simulación, permitió establecer las observaciones a realizar así como su número.

CALCULO Y COMPENSACION

El cálculo y la compensación se realizó de forma independiente para la red básica y para cada uno de los testigos que componen la red de testigos. En ambos casos se utilizó el método paramétrico para la compensación final por mínimos cuadrados.

El tratamiento de la altimetría, realizado una vez hecha la compensación planimétrica, consistió en la compensación, también utilizando el método paramétrico, de todas las observaciones cenitales conjuntamente, para la red básica y una media ponderada para cada uno de los testigos.

En el ANEXO IV se enumeran las coordenadas de los tres testigos anteriormente estudiados entre dos observaciones consecutivas separadas del orden de catorce meses.

CONCLUSIONES

A pesar de ser conocidas por todos, comentamos la experiencia que este trabajo nos ha proporcionado.

Las técnicas de simulación de redes son una garantía de un buen resultado final y un método seguro para poder establecer el método operatorio, tanto en instrumentación como en observación, en campo. Característica esta de la mayor importancia para conocer costes en tiempo y económicos con cierta verosimilitud.

La morfología del terreno, como siempre, jugó un papel fundamental en el diseño de las redes. redes.

Por último criterios ajenos a la técnica, como son economía en el tiempo y en los costes, tuvieron una influencia mayor de la que nos hubiera gustado sufrir.

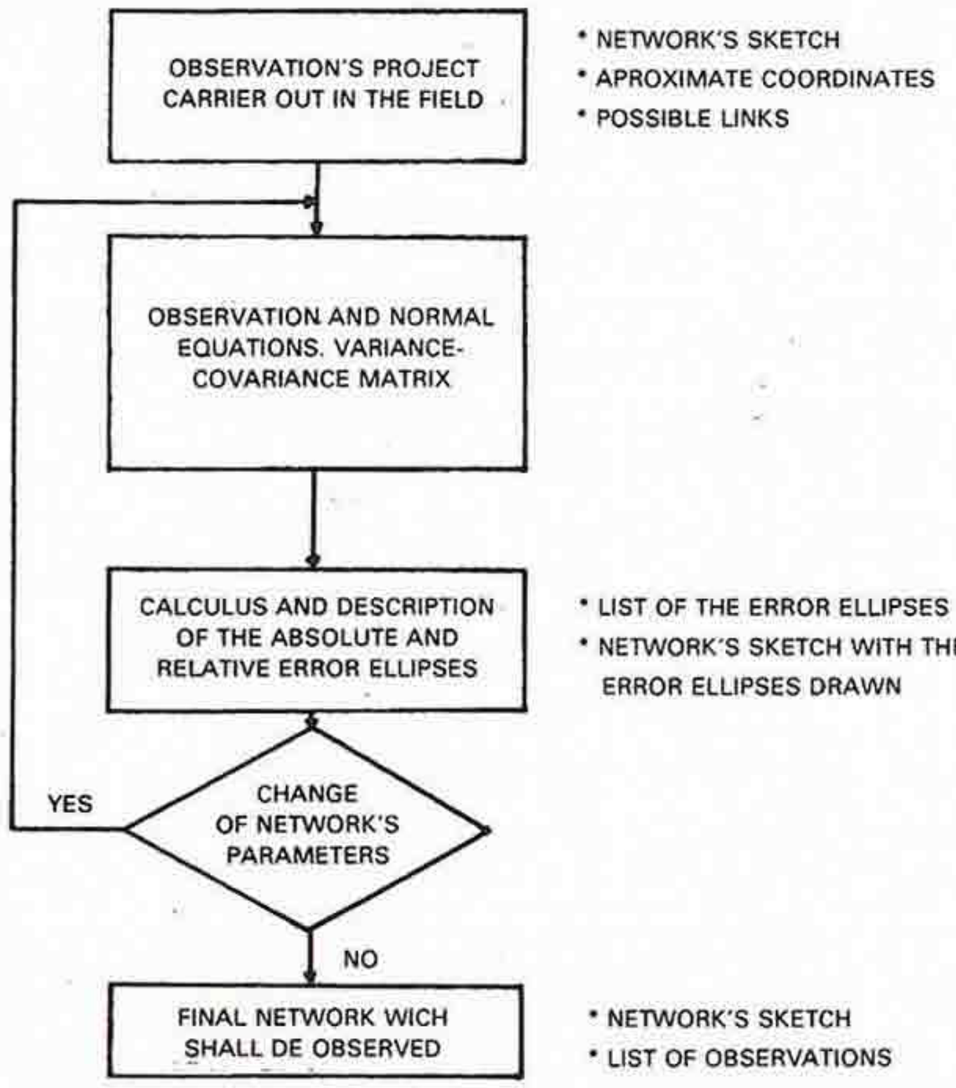
De todas las observaciones se obtenía un único valor para cada dirección y este valor era el utilizado en la compensación.

En la red básica, se hacía un rápido filtrado de las observaciones, mediante un cierre previo de todos los triángulos y un análisis de los términos independientes de las relaciones de observación. Este criterio, rápido y poco costoso, se mostó suficiente en la práctica.

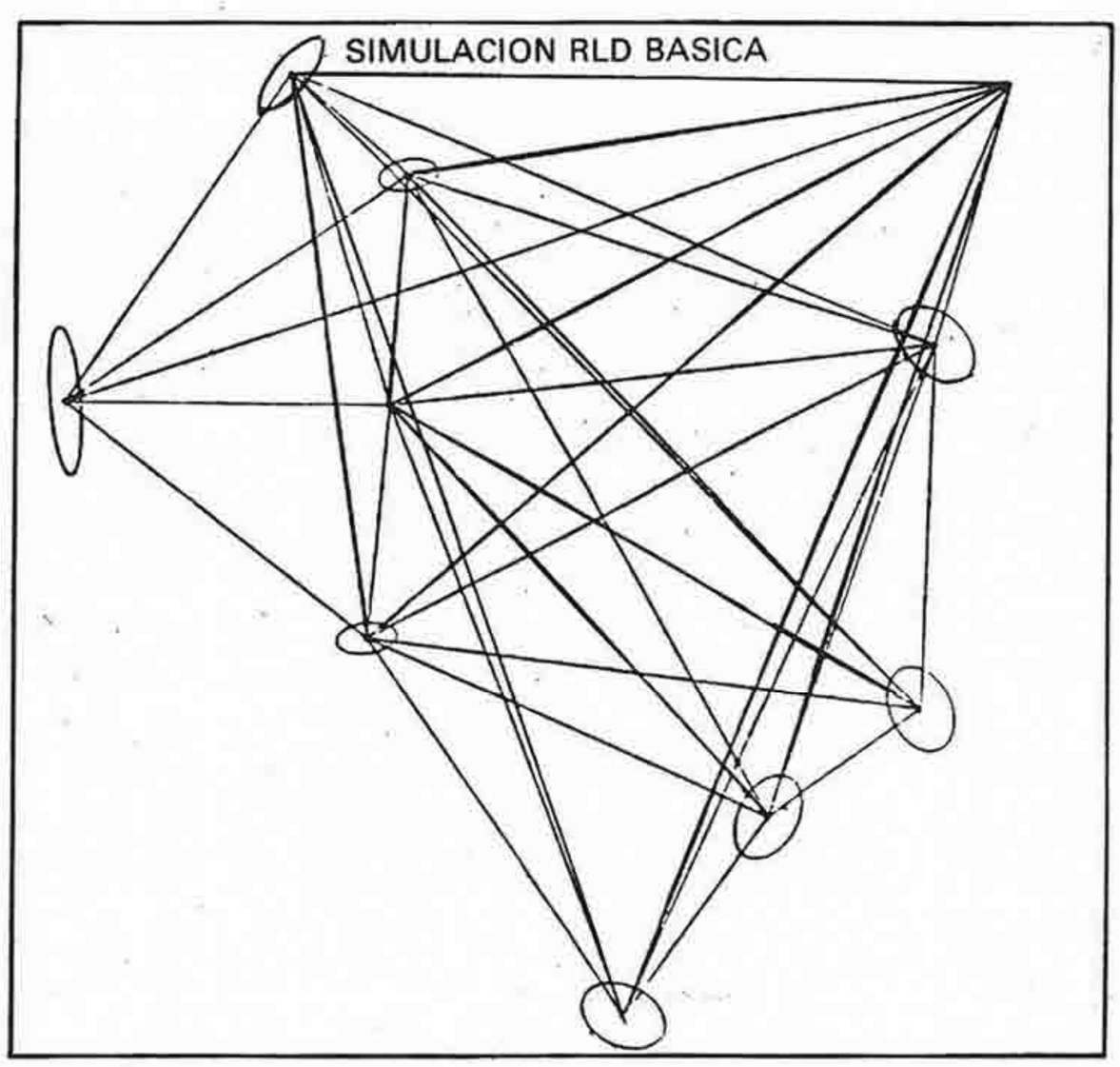
En la compensación final, se determinan las coordenadas de los vértices, su elipse de error absoluto y las residuales de las observaciones. Dado que se logró conseguir mejorar la precisión de un segundo sexagesimal con que se realizó la simulación, en la mayor parte de las observaciones, los resultados de la compensación no fueron distintos de los esperados por la simulación.

Cada punto testigo se calculaba independiente de los demás de su red, considerando fijos los vértices de la red básica. El único control del filtrado que se estableció para los testigos fué un análisis de los términos independientes de las observaciones. Del mismo modo que para los vértices de la red básica, los resultados obtenidos en la compensación fueron, las coordenadas de los testigos, su elipse de error absoluto y los residuales de las observaciones.

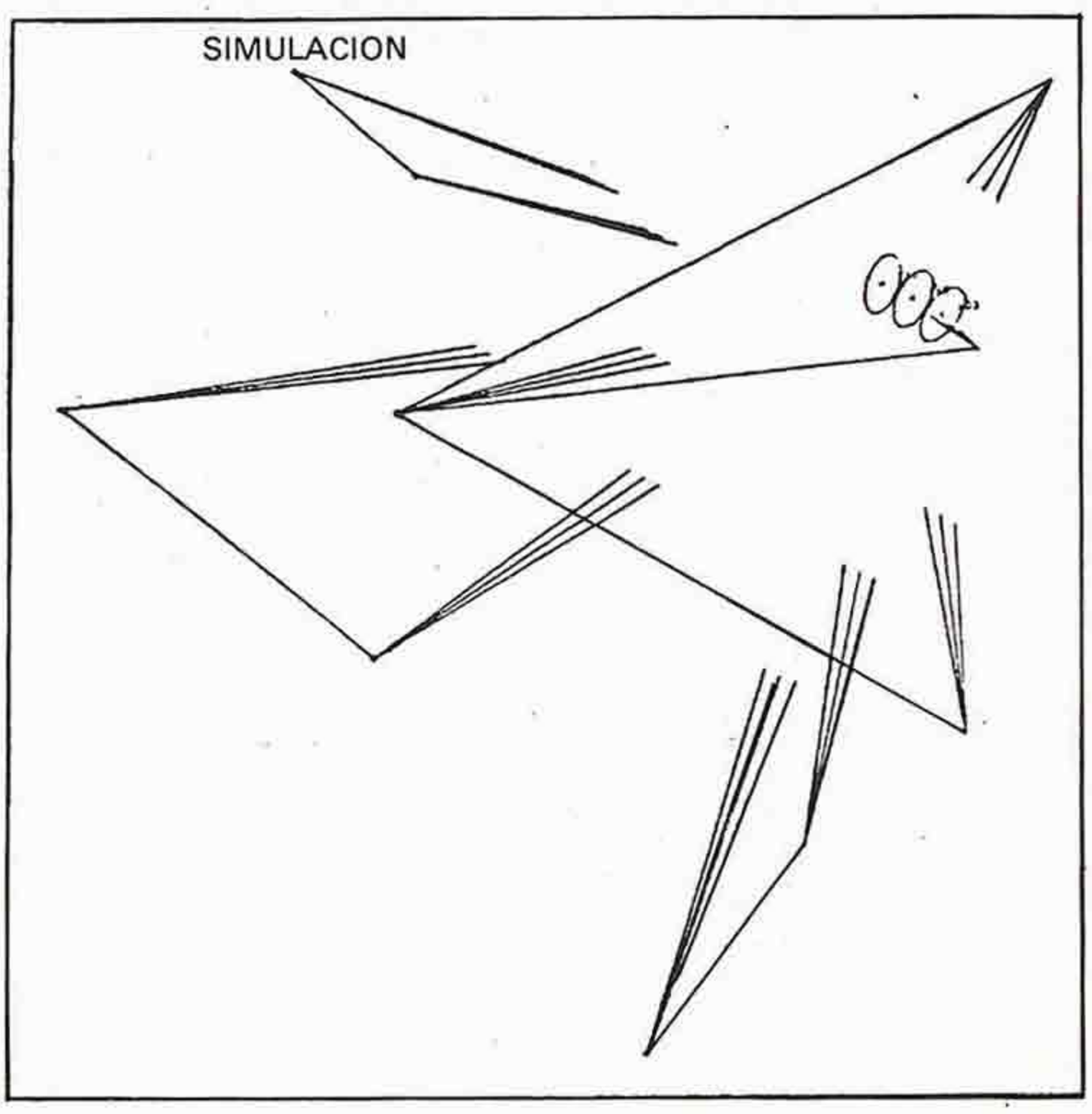
APENDICE 1
DIAGRAMMA OF GENERAL FLOW



APENDICE 2



APENDICE 3



APENDICE 4

PARAMETROS CARACTERISTICOS DE ERROR

ERROR MEDIO DE UNA DIRECCION (O ACIMUT) DE PESO UNIDAD 1.0000 SEC. SEX.

TABLA DE VARIANZAS *** HOJA 1**

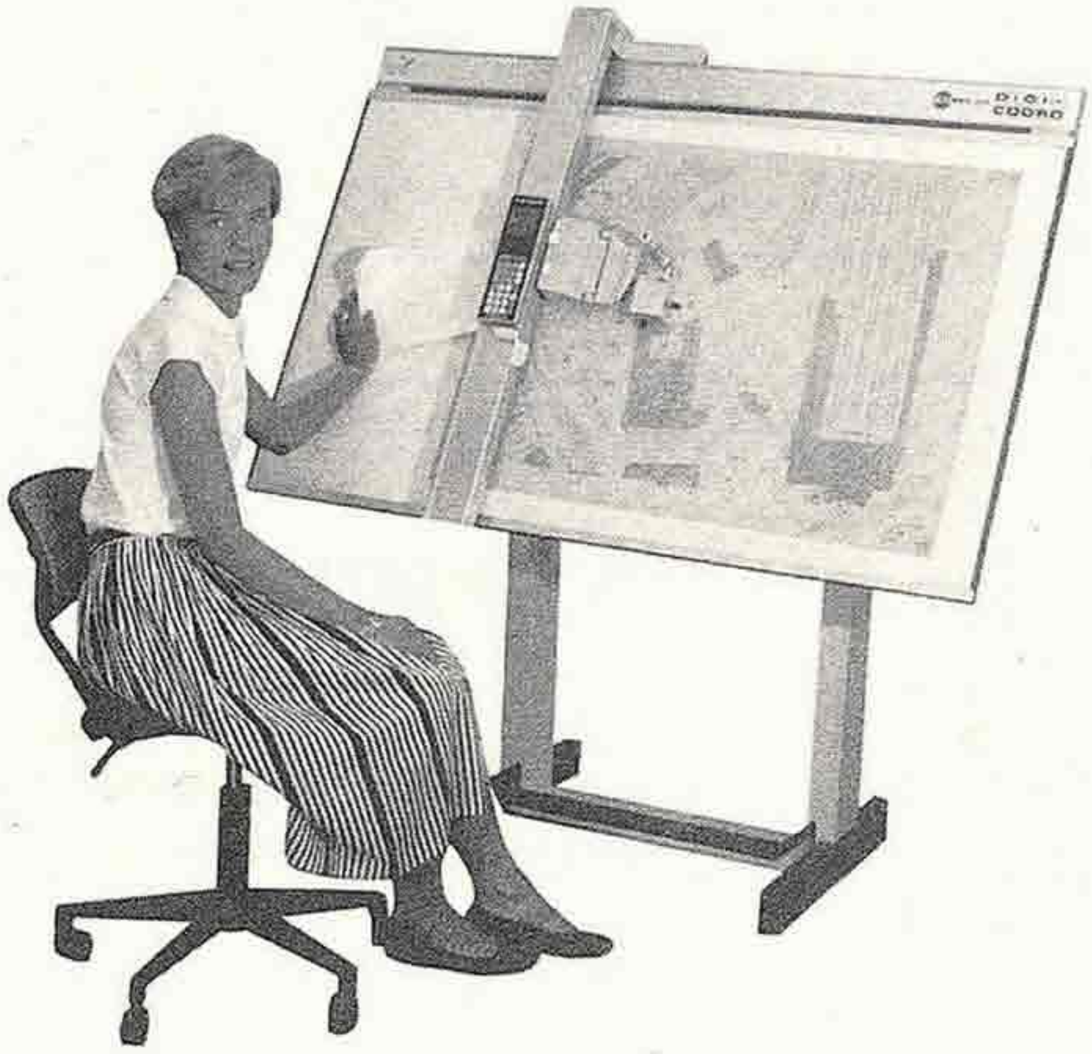
NUMERO VERTICE	E.M.C. LATITUD	E.M.C. LONGITUD	PARAMETROS DE LA ELIPSE DE ERROR SEMIEJE MENOR	SEMIEJE MAYOR	ORIENTACION
109	0.001	0.001	0.001	0.002	325.33
110	0.001	0.001	0.001	0.002	333.24
111	0.002	0.001	0.001	0.002	340.19

TESTIGO N°	X	Y
109	11029.142	10261.159
110	10972.172	10287.851
111	10912.339	10312.518
109	11029.114	10261.197
110	10972.213	10287.887
111	10912.345	10312.590

Distribuidor en exclusiva: ISIDORO SANCHEZ, S. A.
Ronda de Atocha, 16 - 28012-Madrid.
Teléfs. 467 61 28/228 38 34

Tome sus datos de campo con el distanciómetro SOKKISHA - RED-MINI 2.....

.....y procéselos con el coordinatógrafo digitizador GEOPOLAR - Digicort



DESARROLLOS ACTUALES DE LAS MEDICIONES DE ALTA PRECISION EN APLICACIONES INDUSTRIALES Y DE INGENIERIA

Por: Allan, A. L. (U. K.)

ABSTRACT

In this paper, the author writes about specialised equipment and tecniques which are used to solve measurement and alignment problems arising in typical engineering and industrial fabrication and construction. He also shown how conventional surveying equipment is often unsuited to perform these tasks with sufficient speed and accuracy. A brief speculation on future trends is included.

RESUME

Dans cette communication l'auteur traite des matériels et tecniques spécialisés utilisés pour resoudre les problèmes de mesure et d'alignement qui se posent dans des cas typiques d'ingénierie et de fabrication et construction industrielles. Il montre que les instruments usuels de levé conviennent souvent mal á l'exécution suffisamment rapide et précise des taches requises. L'auteur inclut brièvement certaines conjectures quant aux tendances pur l'avenir.

1) Antecedentes

Las complejas estructuras industriales y de ingeniería, prefabricadas, fabricadas y construídas, ofrecen hoy día graves problemas de alineación y de colocación al metrólogo o al topógrafo. Frecuentemente estructuras muy grandes, como puentes o plataformas petrolíferas tienen que ensamblarse a pie de obra, a partir de piezas fabricadas en otros lugares. Así pues, si se quieren evitar retrasos excesivos y gastos desmesurados, los componentes deben estar fabricados con tolerancias dimensionales muy altas. Las tolerancias varían desde pocas micras, en instalaciones industriales tales como talleres de laminación y ejes de maquinaria, hasta algunos milímetros, en proyectos de ingeniería civil, tales como túneles y puentes.

Los ejes de propulsión de las máquinas de un barco deben estar adecuadamente alineadas, si queremos que sea rentable la vida del navío; los reactores nucleares exigen que calderas que pesan centenares de toneladas se coloquen en posición con tolerancias de centímetros dentro de sus aislamientos; los aceleró-metros requieren la colocación de grandes imanes para originar trayectorias idóneas para las partículas; los radiotelescopios exigen que sus antenas se construyan con precisiones milimétricas; los diques de los esquemas de control hidrográfico (como el «River Thames Barrage») igualmente ofrecen restricciones dimensionales críticas, etcétera.

Con gran frecuencia, este trabajo al que se pide tanta precisión tiene que efectuarse

en un emplazamiento difícil, o en tiempo muy corto, por ejemplo, todo el trabajo de reparación de un puente ferroviario de Londres, tuvo que realizarse, en cortos intervalos, durante la noche, mientras que 400 trenes transportaban su carga diaria de 24.000 pasajeros. En este trabajo, hubo que situar 1.300 orificios de remaches, con una precisión de 2 mm.

En contraste con la mayoría de los procesos topográficos, la necesidad de realizarse inmediatamente caracteriza esencialmente a las mediciones y replanteos industriales. El sistema de medición tiene que poner al descubierto cualquier error, para permitir inmediatamente, tomar las medidas correctivas; por ejemplo, al comprobar y alinear los rodillos de una cinta de transporte, no podemos detener el trabajo, para hacer largos cálculos, ya que se mantiene ociosos a los hombres y a la planta durante ese tiempo.

Esta necesidad de rapidez, elimina muchos procesos de medición convencionales, tales como la vuelta de campana en observación con teodolito, e impide emplear técnicas tales como la fotogrametría, muy adecuadas en otros casos. Sin embargo, se anticipa que una más amplia disponibilidad de los microprocesadores, alterará, de alguna forma, esta situación.

A continuación, en el artículo, se da un resumen de los equipos y técnicas usados actualmente en los trabajos industriales y de ingeniería. Aunque este tipo de trabajo ha sido tradicionalmente efectuado por ingenieros, existen indicios de que muchos topógrafos, sobre todo en el Reino Unido, se están introduciendo en este lucrativo campo en busca de trabajo. Se espera que este artículo sea de gran interés para la totalidad de los topógrafos.

2) Principios de alineación y situación

Al igual que en el resto de la topografía, se dispone de dos sistemas alternativos de coordenadas, que son:

a) Rectangulares cartesianas.

b) Polares.

El primero aparece con poca frecuencia tanto en la topografía convencional, como en la topografía de cinta, o en los métodos lineales de ordenadas, aunque se emplea mucho en cartografía y fotogrametría. Hablando de forma general, los topógrafos prefieren usar métodos polares de medición, a partir de los que se calculan las coordenadas rectangulares.

Esta circunstancia contrasta con la metrología, en la que se aplican de forma universal, los métodos de líneas rectas, de planos y sus combinaciones.

a) Líneas rectas

Es bastante práctico la fabricación de perfiles de cantos rectos, de hasta 3 m. de longitud, rectos dentro de 0,01 mm., e incluso de una mayor precisión, si se emplean barras de instrumentación pesadas. Las alineaciones de superior longitud son tratadas de dos maneras: mecánicamente, mediante una línea de nylon tensada, u ópticamente, bien empleando luz incoherente observada visualmente, o luz coherente de láser, observada generalmente de forma indirecta.

Línea de nylon

En el Centro Europeo de Investigación nuclear (CERN), en distancias de hasta 100 m. se emplea hilo de nylon, de peso casi despreciable (0,25 diam.), tensándolo con 1,5 Kg. lo que basta para reducir la flecha a cantidades despreciables. A partir de estas líneas, se miden ordenadas linealmente mediante reglas micrométricas u otros dispositivos especiales de lectura, capaces de alcanzar una precisión de 0,05 mm. Un dispositivo de este último tipo utiliza fotocélulas para determinar la posición de perpendicularidad visando a la luz reflejada del propio hilo.

También se ha empleado con gran éxito hilo de nylon en plomadas verticales.

b) Visuales

Se visualiza la luz visible incoherente mediante un anteojo sobre el área total del trabajo. Para este trabajo no es adecuado el anteojo ordinario del teodolito, debido a su inestabilidad de colimación, que puede variar hasta 30 segundos de arco a lo largo de su campo de enfoque, que va, normalmente, de 1,8 m. a infinito.

Para cualquier trabajo de precisión serio es esencial disponer de un «Optical Tooling Telescope» (Telescopio de montaje óptico). Este tipo de instrumento es construído por la «Rank Taylor Hobson Co.», del Reino Unido, que son punteros en este campo.

Estos anteojos (ver figura 1) tienen las siguientes características:

1) Mantienen la colimación dentro de los dos segundos de arco a lo largo de todo su enfoque, de cero a infinito.

2) Incorporan micrómetros de placa paralela que operan en dos direcciones ortogonales.

3) Están equipados con dispositivos útiles para la autocolimación, autoreflexión, nivelación y montaje en cualquier posición, dentro de su carcasa cilíndrica, que también es paralela a la visual, con una tolerancia de dos segundos.

4) Un anteojo de este tipo debe estar hecho de acero inerte pesado, lo que exige para su uso un soporte igualmente pesado (ver figura 2).

c) Rayos Láser

Los rayos láser tienen la ventaja de ser visibles a simple vista a lo largo de su recorrido, y son muy usados en alineaciones provisionales. Si se emplean conjuntamente con lentes intermedias o cuña óptica, pueden lograr una precisión muy alta de alineación, supuesto que las condiciones ópticas sean las adecuadas. En este aspecto, son comparables en prestaciones al telescopio «Tooling» de montaje.

3. Discusión

La precisión de alineación definitiva alcanzable empleando la línea de nylon, está limitada por los movimientos de aire, que originan una oscilación en el elemento en tensión. Las condiciones de aire en movimiento, son, en general, adecuadas para la medición mediante visuales, dado que los efectos de la refracción son entonces variables. Así pues, si las distancias son inferiores a los 100 m., como generalmente sucede, estos dos sistemas, se complementan entre sí.

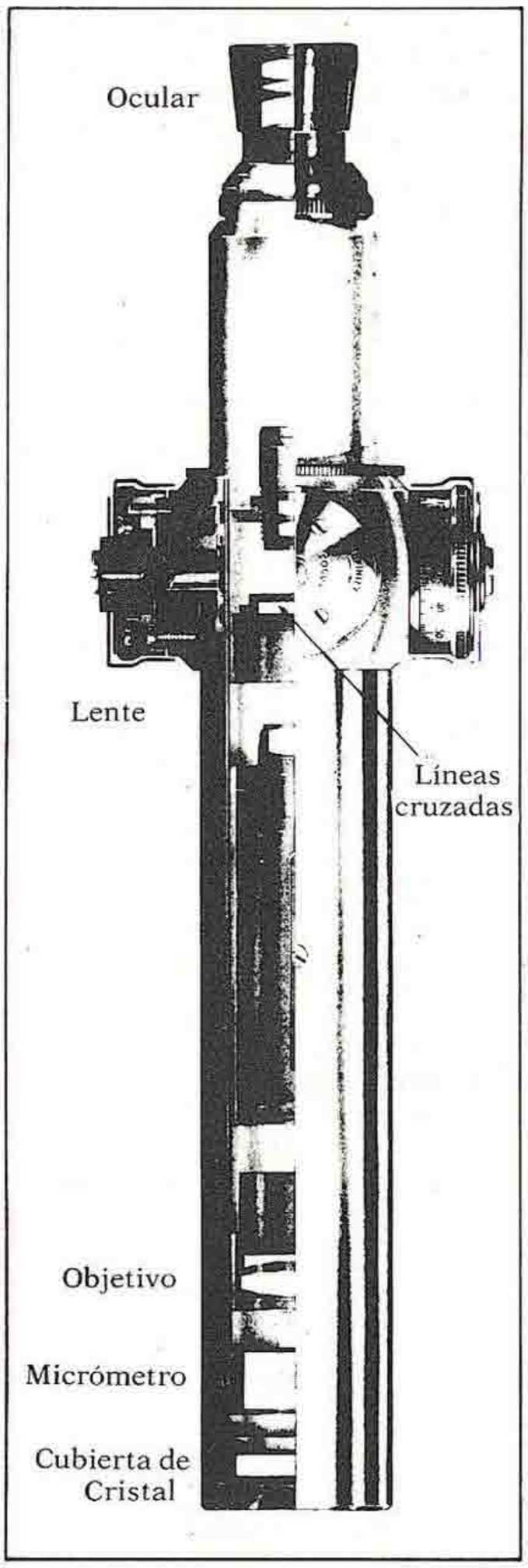


Fig 1

Las condiciones de estabilidad en el aire, a menudo ocasionan efectos sistemáticos de refracción en el rayo de luz o de láser. Por ejemplo, un gradiente térmico de 1° c, desviará 1mm. en 100 m. a una visual oblicua a la normal en un ángulo de 10°. Por este motivo las redes topográficas de precisión deben estar formadas enteramente de mediciones lineales (ver a continuación el punto. 5.III).

4. Posición de alineación

Cuando se buscan precisiones de alineación de 0,01 mm. o superiores, debemos conocer con mucha exactitud la situación de la línea de visuales con referencia a algún punto físico. El teodolito convencional no es normalmente adecuado, debido a que sus

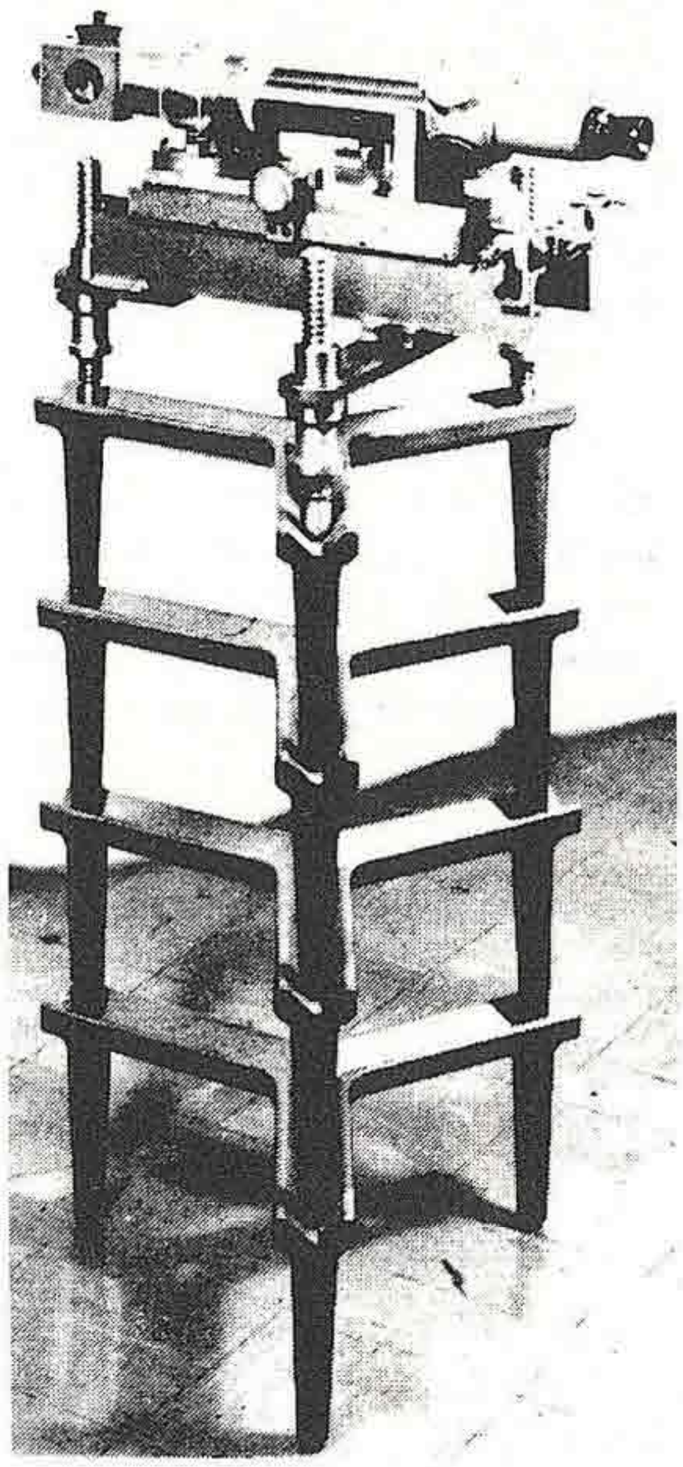


Fig 2: Soporte de trípode y placa superior

tres ejes, nominalmente ortogonales, no se intersectan, excepto por azar, en un único punto; y más aún, debido a que la altura del instrumento varía con la posición de los tornillos de base, al nivelar el instrumento.

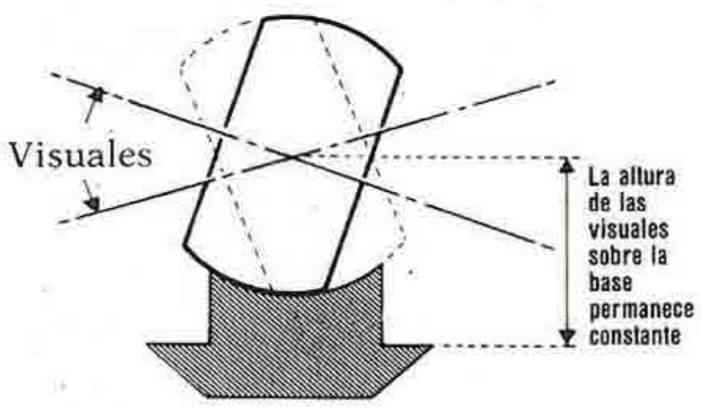


Fig 3

El anteojo «RTH Tooling», por el contrario, está construido de tal forma, que su línea de puntería está centrada con su otro tubo cilíndrico con una precisión de hasta 0,005 mm., que a su vez va montado sobre una pieza, en parte esférica, que descansa sobre una cubeta (figura 3). Los demás elementos, tales como colimadores y blancos, son totalmente compatibles con este sistema. También se dispone de platinas en los tres ejes, capaces de desplazar los componentes en x, y, z. También puede inclinarse el anteojo mediante un tornillo «araña».

5. Mediciones de longitud

Resumiremos ahora la amplia gama de equipos destinados a la medición de longitudes.

I) Micrómetros de contactos

Son unas varillas de acero fabricadas con gran precisión y que poseen en sus extremos micrómetros y galgas de varias longitudes, normalmente hasta dos m. También es posible efectuar mediciones no táctiles usando el principio del anillo de Newton (u otros) para medición en extremidades. Asímismo existen escalas de alta precisión, cintas invar y jalones.

II) Las reglas en bancada

Son unas pesadas barras de acero sobre las que se desplazan los «Tooling» anteojos y que llevan finamente grabadas, marcas de longitud. Estas barras normalmente se sitúan alrededor del «lugar de montaje» en el que se realizan las mediciones. No ofrecen la rectitud necesaria para la medición.

III) Para trabajos especiales de ingeniería

Se cortan cables invar con determinada longitud estandar, para su uso en mediciones o replanteos. Lo más importante en el trabajo de precisión es la tensión aplicada al cable. Se usan dos sistemas:

a) uno basado en el principio de palanca proyectado en CERN y denominada «DISTINVAR»

b) un sistema de muelle llamado «Distómetro», comercializado por Kern.

El primero se ha automatizado totalmente para dar una precisión de 0,003 mm. en distancias de 50 m.

IV) Tal vez, sorprendentemente, las barras sin tensión son útiles para medir distancias de hasta 15 m. con precisiones de 0,04 mm. En CERN se emplea una barra de 3 m., mientras que en otros sitios se conforman con barras de 1 m. de fibra de carbón, con los extremos acabados en forma de sectores esféricos de medio metro para evitar problemas de alineación.

V) Con la excepción del KERN ME 3.000 y el telurómetro MA 100 (ahora fuera de producción), la mayoría de los instrumentos convencionales de MED (medición electrónica de distancias) con infrarrojos no son lo suficientemente precisos para este trabajo. En circunstancias especiales, el presente autor puede alcanzar precisiones de 1 mm. con instrumentos estandar, tal como el AGA 12 (7).

VI) Los interferómetros de láser son capaces de la mayor precisión (0,08 μm.) en distancias de unos 50 m. Sin embargo, la mayoría de los sistemas, precisan de un rail recto sobre el que se desplaza el cubo de reflexión al tiempo que se cuentan las franjas de interferencias, a partir del punto de referencia. De ahí que estos sean únicamente adecuados para líneas base que se vayan a emplear como patrones de calibración (Ref. 8).

En CERN se ha desarrollado un dispositivo totalmente nuevo empleando un interferómetro de láser Hewlett-Packard. En este sistema el cubo de reflexión se mantiene sobre el rayo láser, mediante un dispositivo automático, que permite el pasar sin rail y operar con un reflector manual. Este equipo es empleado para medir, dentro del laboratorio, distancias de hasta 80 m. (Ref. 5).

6. Mediciones de ángulos

La práctica más extendida es trabajar únicamente con ángulos rectos, bien generados

por el prisma pentagonal, o por dispositivo Brunson Jig, en el que los 3 ejes del instrumento son capaces de ajustarse a los dos segundos de arco que también se le pide a los prismas (Fig. 11 y 16).

Las diversas ilustraciones de las fig. 10 y 11 muestran cómo se emplean estos sistemas ortogonales. Tienen como ventaja la rapidez, y con la ayuda de los micrómetros de placas paralelas, permiten pequeñas desviaciones de la alineación recta, o en la medición de ángulos rectos.

En otros limitados casos, los teodolitos pueden suministrar datos polares, de lo que se pueden obtener las coordenadas (ver a continuación ejemplo en punto 13). El retraso en los cálculos, sin embargo, limita la utilidad de este método, aunque los modernos teodolitos electrónicos, con auto-grabación, van ganando aceptación gradualmente.

7. Niveles

Las líneas de nivelación se basan en burbujas compensadoras o dispositivos electrónicos, tales como el RTH Talyvel (fig. 5) capaces de suministrar una línea de nivelación con una precisión de hasta 0,05 segundos de arco. Cuando hay dificultades de visualización, se emplean los sistemas hidrostáticos, que pueden dar resultados con una precisión de 0,05 mm. en distancias cortas de hasta 25 m. (Ref. 5).

8. Verticalidad

Se puede obtener una línea vertical, mediante un pentaprisma, a partir de una línea de nivelación (Fig. 10) o directamente a partir de una cubeta especial de mercurio, comercializado por R.T.H. Este último dispositivo incorpora un aditamento especial que permite utilizar la cubeta aunque existan pequeñas vibraciones.

Un anteojo acodado con visual hacia abajo se auto-colima a partir de la superficie de nivelación de la cubeta, que a continuación se desplaza lateralmente para obtener una línea de visualización hacia abajo.

Recientemente se ha obtenido una visual vertical hacia arriba de forma similar, visualizando a la cubeta, situada sobre el telescopio, a través de un cubo de reflexión.

9. Dirección

Si se precisan únicamente direcciones, lo cual es poco frecuente, por ejemplo, para alinear dispositivos de navegación, se utiliza el teodolito giroscópico, para obtener precisiones de aproximadamente dos segundos de arco. En el Reino Unido, se prefiere el Wild GAK, modificado por la «Royal School of Mines» (Escuela Real de Minas).

10. Técnicas especiales y equipo

a) Autocolimación

La figura 13 muestra la disposición mediante la cual una visual de anteojo puede situarse normal al plano de un espejo de reflexión situado sobre un elemento de trabajo, tal como un eje cuya dirección axial se precisa.

Dado que el anteojo está enfocado al infinito, no es posible emplear la platina paralela para determinar la inclinación del espejo en relación con la línea de la visual: problema que puede ser resuelto mediante la autoreflexión.

b) Autoreflexión

Con esta técnica, un blanco recubierto de cristal, tal como el indicado en la fig. 4, se visualiza en el espejo, el cual, no estando en el infinito, se desplaza mediante las placas paralelas situadas dentro del «tooling» telescopio (Fig. 1 «bloque micrométrico»). Con este dispositivo podemos medir inclinaciones del espejo.

c) Prismas de autocolimación

La empresa Wild ha desarrollado el prisma (GAP 1) ilustrado en la Fig. 15. En el plano horizontal el prisma funciona como un espejo permitiendo la autocolimación a partir de un amplio rango de posiciones normales al eje de rotación del prisma. Un dispositivo similar, llamado el «planiser» está comercializado por la compañía Brunson (3).

d) «Brunson Jig Transit»

Este instrumento como mejor se describe es como un teodolito sin ningún limbo, pero que tiene tres ejes ortogonales que pasan por un punto. Algunas versiones poseen ejes primarios y secundarios en ranura o huecos de modo que, en primer lugar, el anteojo puede apuntar verticalmente hacia abajo, y en segundo, que puede tomar una visual de otro anteojo a través del eje. La última versión ilustrada en la Fig. 16, dispone de dos anteojos «tooling» montados en ángulos rectos con el eje principal.

La provisión de cuatro tornillos de base en un instrumento moderno parece, a pri-

mera vista, sorprendente, pero cuando se comprueba que esta dotación permite la nivelación sin alterar la altura del instrumento, resulta ser un elemento esencial del proyecto.

11. Técnicas de campo

a) Coincidencia de plano

La práctica tradicional de alinear un instrumento colinealmente con dos blancos existentes, llamada coincidencia de plano, es común cuando se emplean dos anteojos.

b) Intersección

Cuando se emplean teodolitos, se da preferencia a la intersección cuya forma más sencilla es conocida como el triángulo de Weisbach. El instrumento normalmente se estaciona entre los dos puntos de referencia.

c) El teodolito como punto observado

Cuando se usa el anteojo de un teodolito como blanco, se ha de tener gran cuidado si se quieren evitar resultados erróneos. Si los dos anteojos se enfocan al infinito para visar la cruz filar recíprocamente, no es única su posición mutua relativa. El problema se puede superar visando un plano intermedio situado entre ambos instrumentos, tal como se describe en (2).

Sin embargo, una solución más sencilla es la de visualizar cualquier marca sobre el anteojo del teodolito blanco de la visual, situado en dos posiciones sucesivas, separadas 180°.

12. EJES Y DATUMS

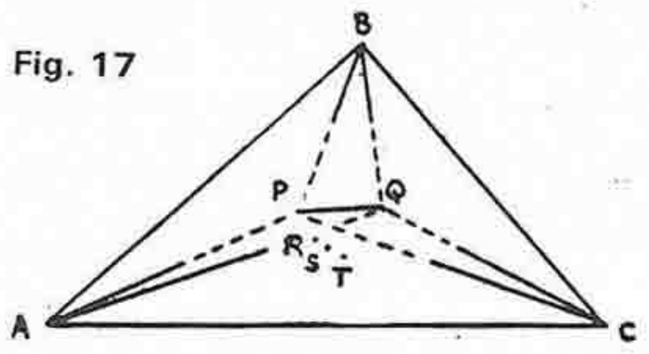
Tradicionalmente, el teodolito se estaciona con su eje primario alineado con la vertical local, pero en algunos casos este procedimiento es inconveniente. Por ejemplo, es más fácil usar en un taller un plano de referencia inclinado e ignorar la vertical. El principio esencial de trabajo se ilustra en la figura 11, en donde los blancos de referencia situados a igual altura que el instrumento, sobre el plano inclinado de referencia, se emplean para definir el plano óptico de trabajo.

13. Ejemplo práctico de trabajo con teodolito

Para terminar, se da ahora un breve recuento de recientes trabajos de precisión efectuados con tres teodolitos.

En la figura 17, se efectuó una intersección de tres estaciones de teodolitos A, B y C a partir de una línea base inclinada PQ = ½ m. Estos teodolitos se emplearon entonces para triseccionar tres clavijas R, S, T cuyas posiciones se obtuvieron con 0,04 mm., tras un ajuste por mínimos cuadrados en un microordenador.

Fig. 17



Se emplearon teodolitos «Hilger y Wats», observando una sola vez para mayor rapidez. La clave de este éxito estriba en que los instrumentos se montaron sobre bases metálicas estables, y que no se hizo ningún intento de medir directamente un lado de triángulo de control.

14. Conclusión y Agradecimientos

En este artículo de repaso, sólo se ha sintetizado la esencia de un tema muy amplio. Se compiló a resultas de las discusiones con muchas personas involucradas en asuntos de ingeniería industrial de precisión. En particular debo dar gracias a mis colegas Dr. Peter J. Scott, a los señores A. Davis de Wild (U.K.), S. Freeman de «Survey and General Instrument Co.» (U.K.), M.C. Lasseur de CERN y sobre todo al Sr. B. Pearn de Rank Taylor Hobson (U.K.) por su ayuda con las ilustraciones y sus consejos generales.

REFERENCIAS

1. Optical Alignment. Brian Pearnm Rank Taylor Hobson; P.O. Box 36, Guthaxton Street, Leicester LF2 OSP, England.

2. Optical Tooling. Philip Kissam; McGraw-Hill 1962. (Now out of print.)

3. Brunson Instrument Co. 8000E 23rd Street, Kansas City, Missouri 64129, U.S.A.

4. Wild instruments for Optical Tooling and for precise measurements in industry and laboratories: with special emphasis on autocollimation equipment. P. Jackson, Wild Heerbrugg Ltd., CH-9435, Heerbrugg, Switzerland.

5. Alignment Techiniques and High Precision positioning at CERN. C. Lasseur. Lecture given at University College London, September 1981.

6. High precision instrumentation developed for CERN - J. Gervaise ASP -ACSM Convention, Washington DC-1981.

7. Electro-optical Distance Measurement. A. L. Allan. Doctorate thesis, University of London, 1976.

8. An unmodulated bi-directional fringe-counting interferometer system for measuring displacement. Precis. Eng. 1979, 1, 85-88.

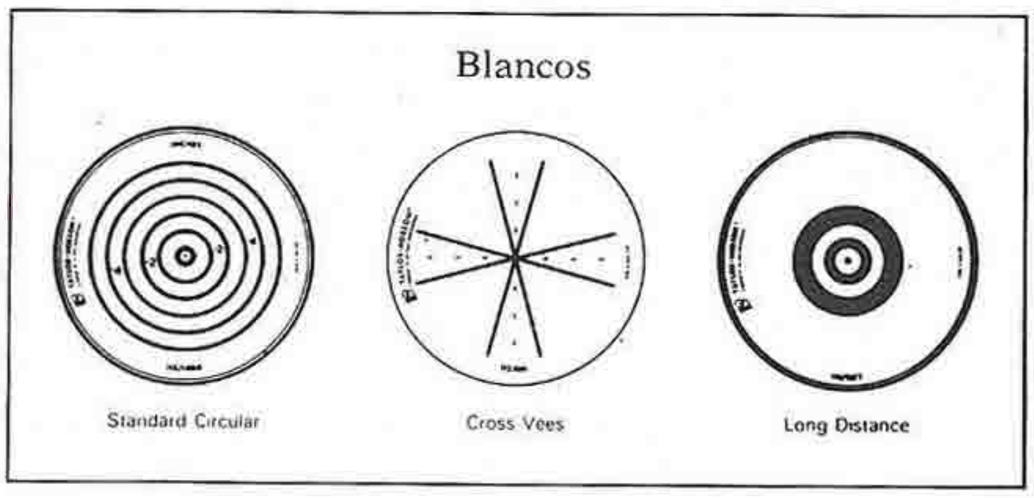


Fig 4

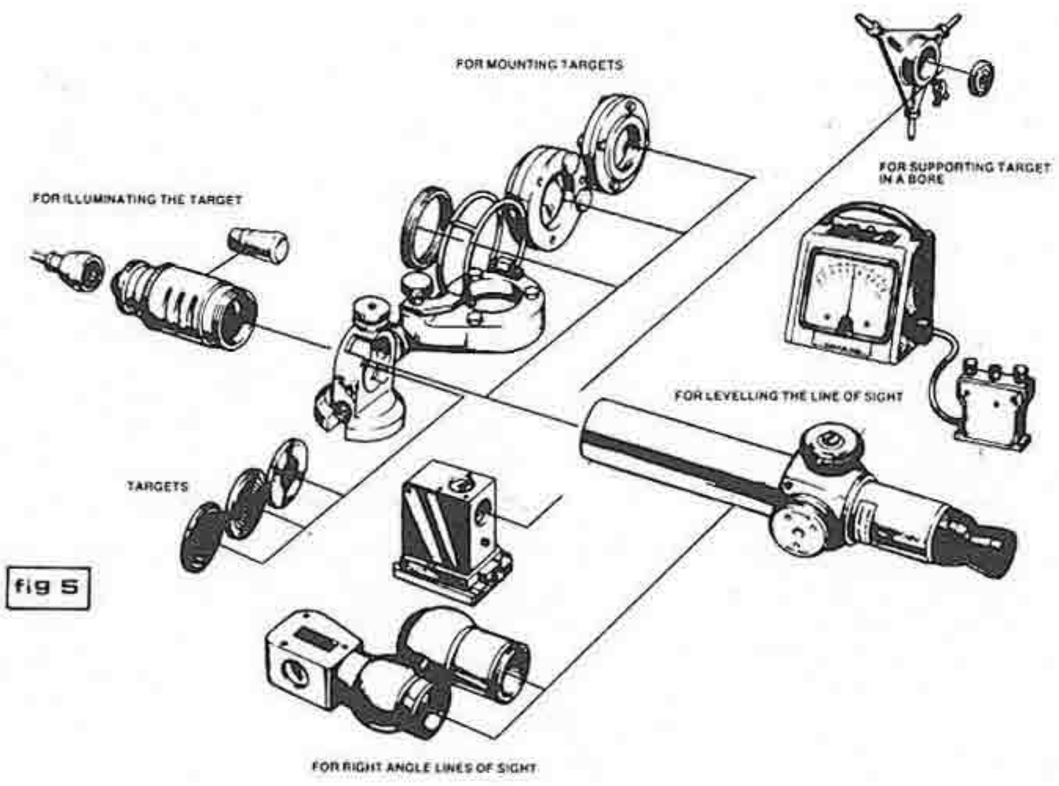


Fig 5

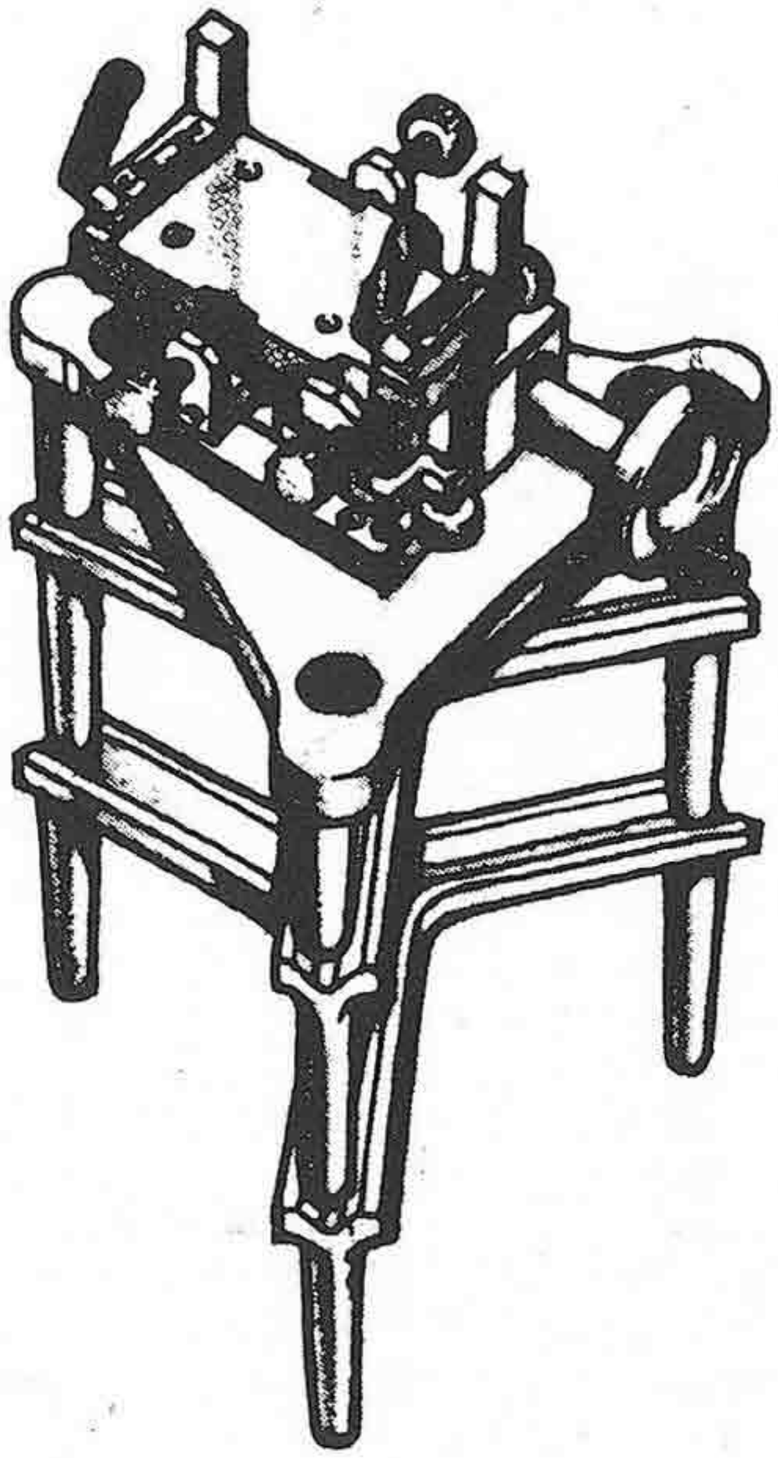


Fig 6

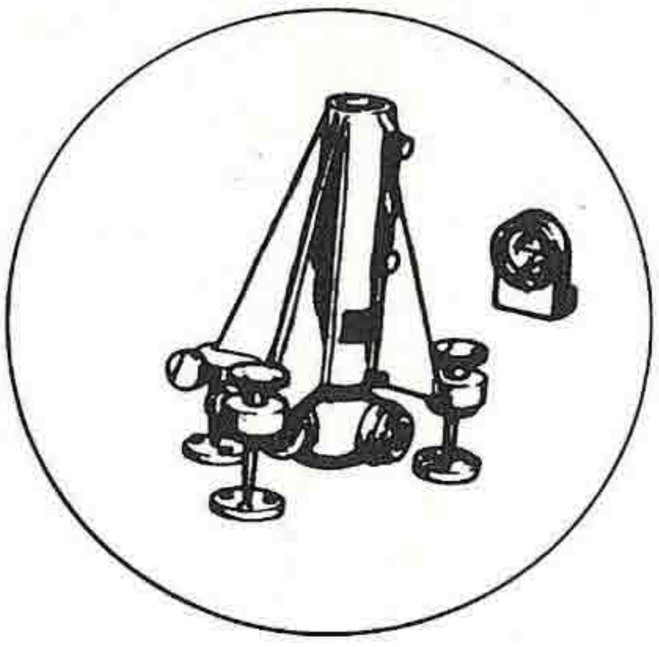


Fig 7

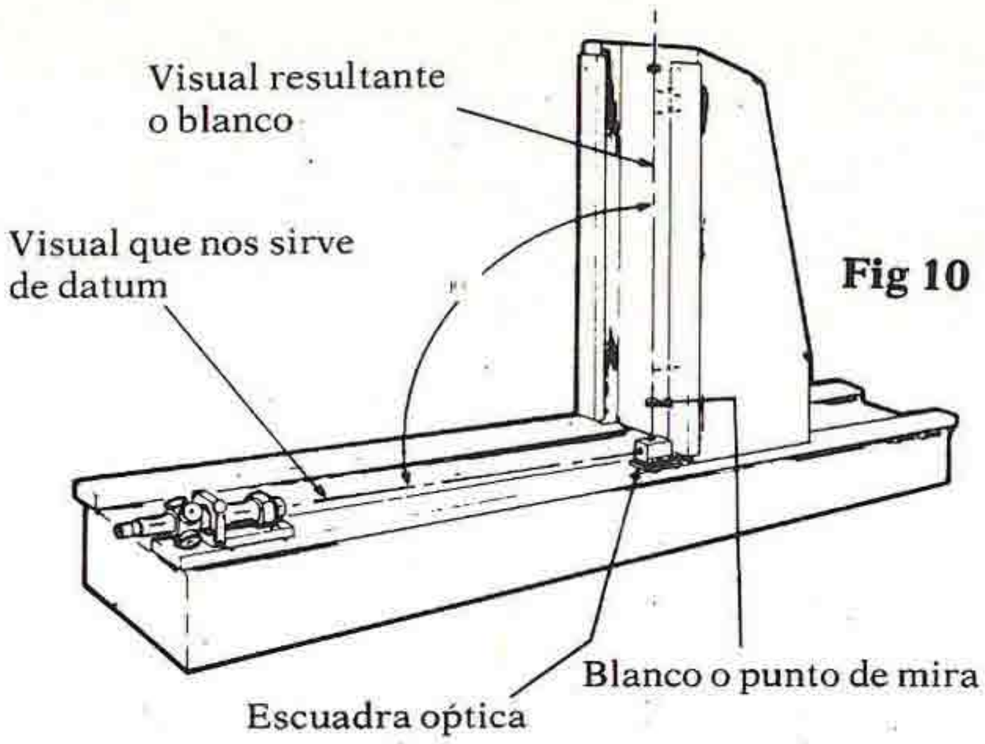


Fig 10

Angulo recto
para comprobar que
una máquina en forma
de columna es normal
a una base.

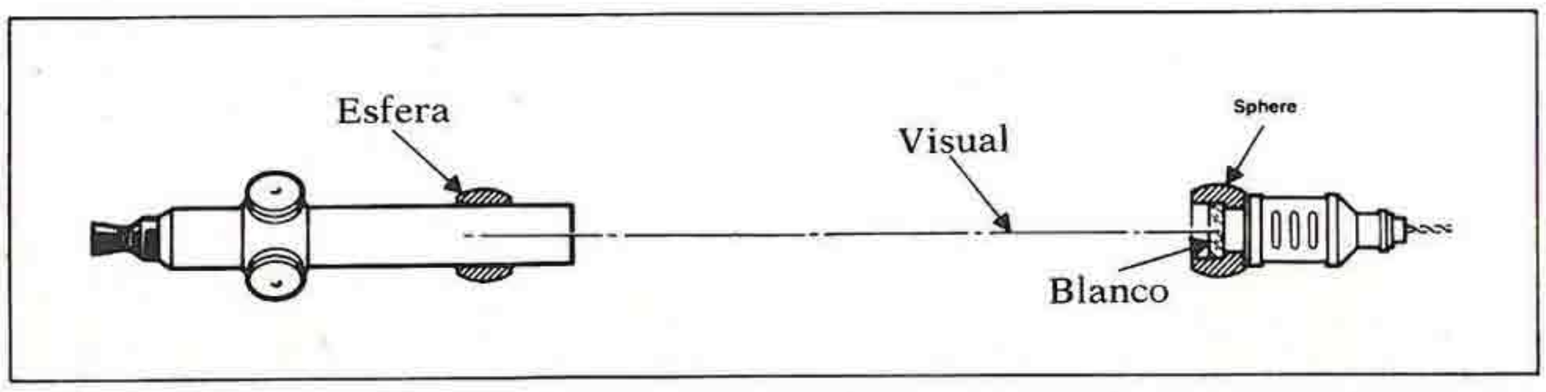
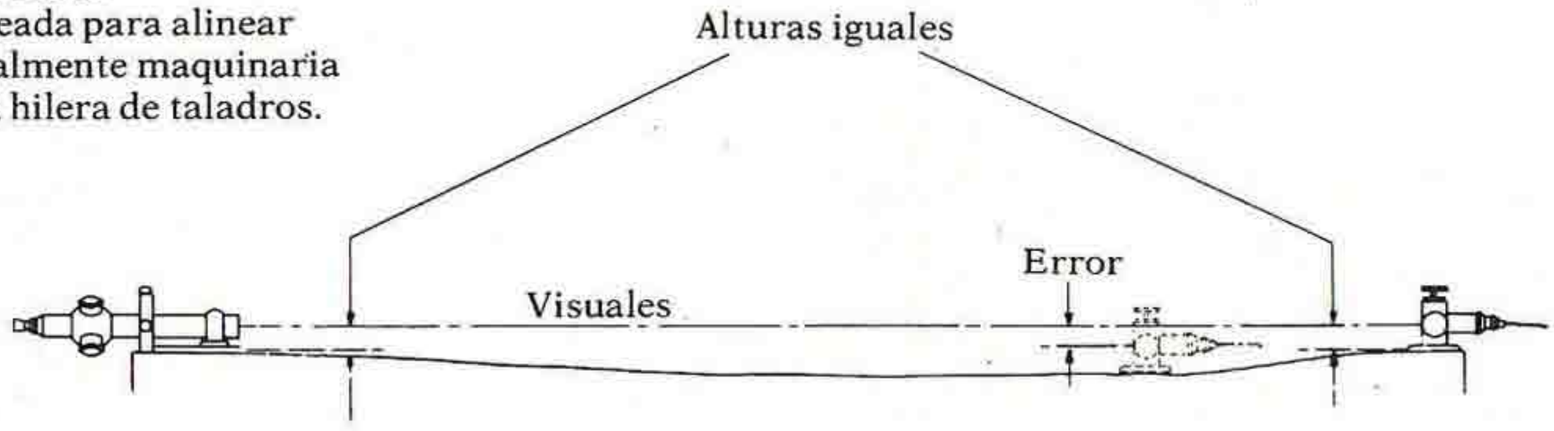


Fig 8

Línea recta
empleada para alinear
lateralmente maquinaria
o una hilera de taladros.



Principle 1

Fig 9

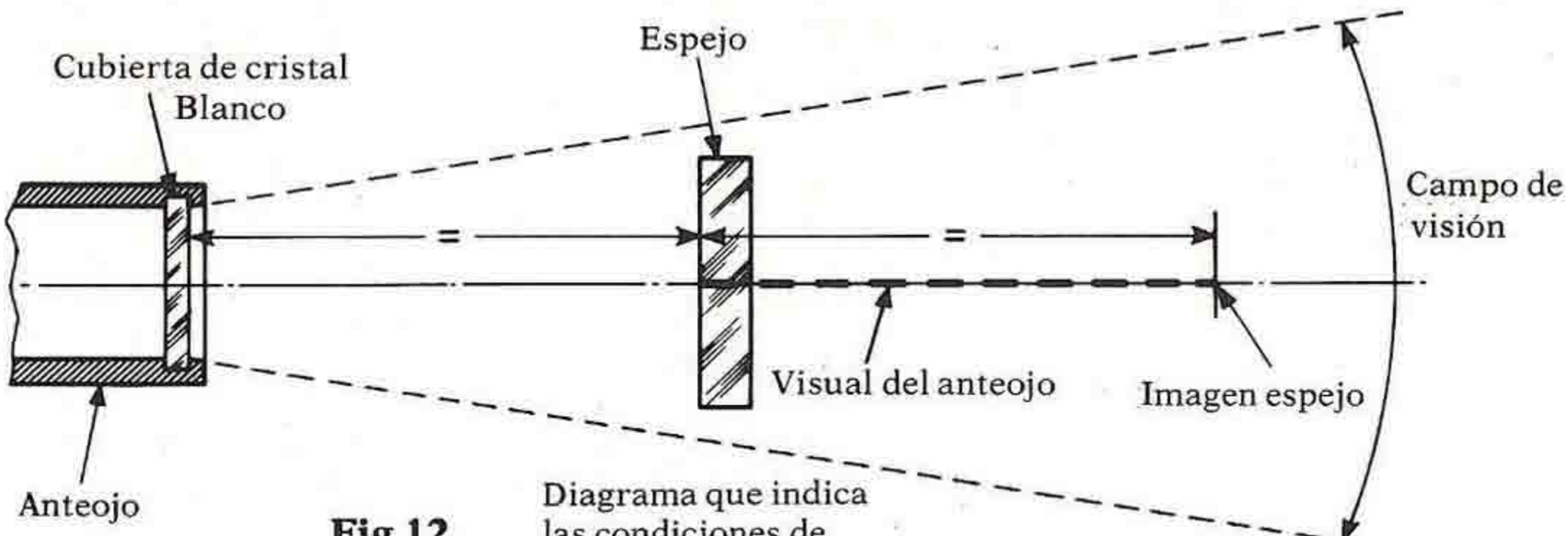
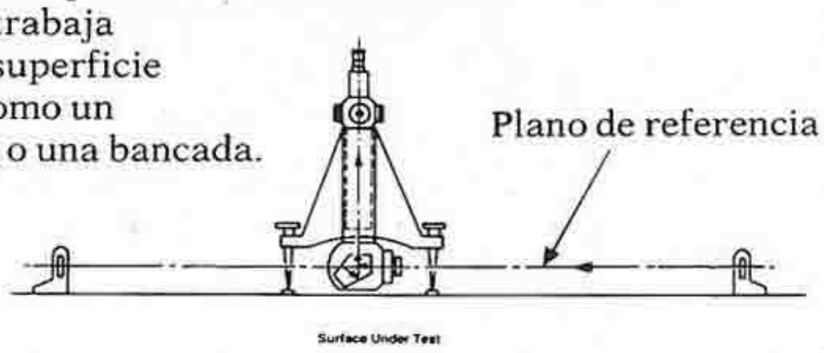


Fig 12

Diagrama que indica
las condiciones de
autoreflexión cuando
el espejo es normal
a la línea visual.

Plano llano-empleado cuando se trabaja sobre una superficie plana tal como un basamento o una bancada.



2) Right-angle —
for checking that a machine column is square to a bed.

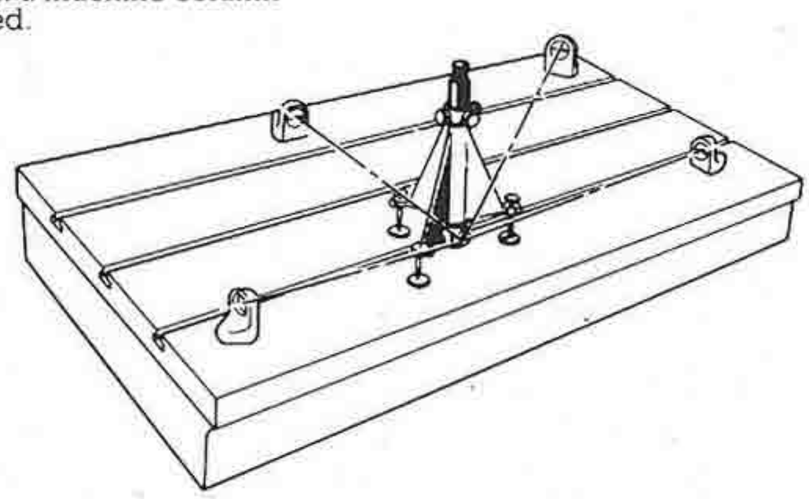


Fig 11

Fig 16

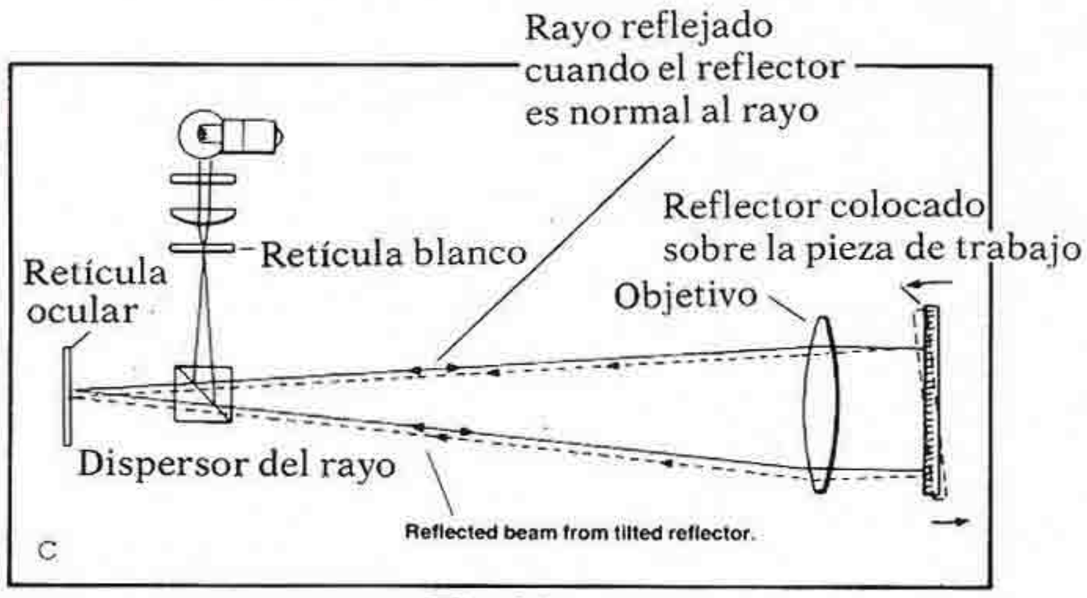


Fig 13

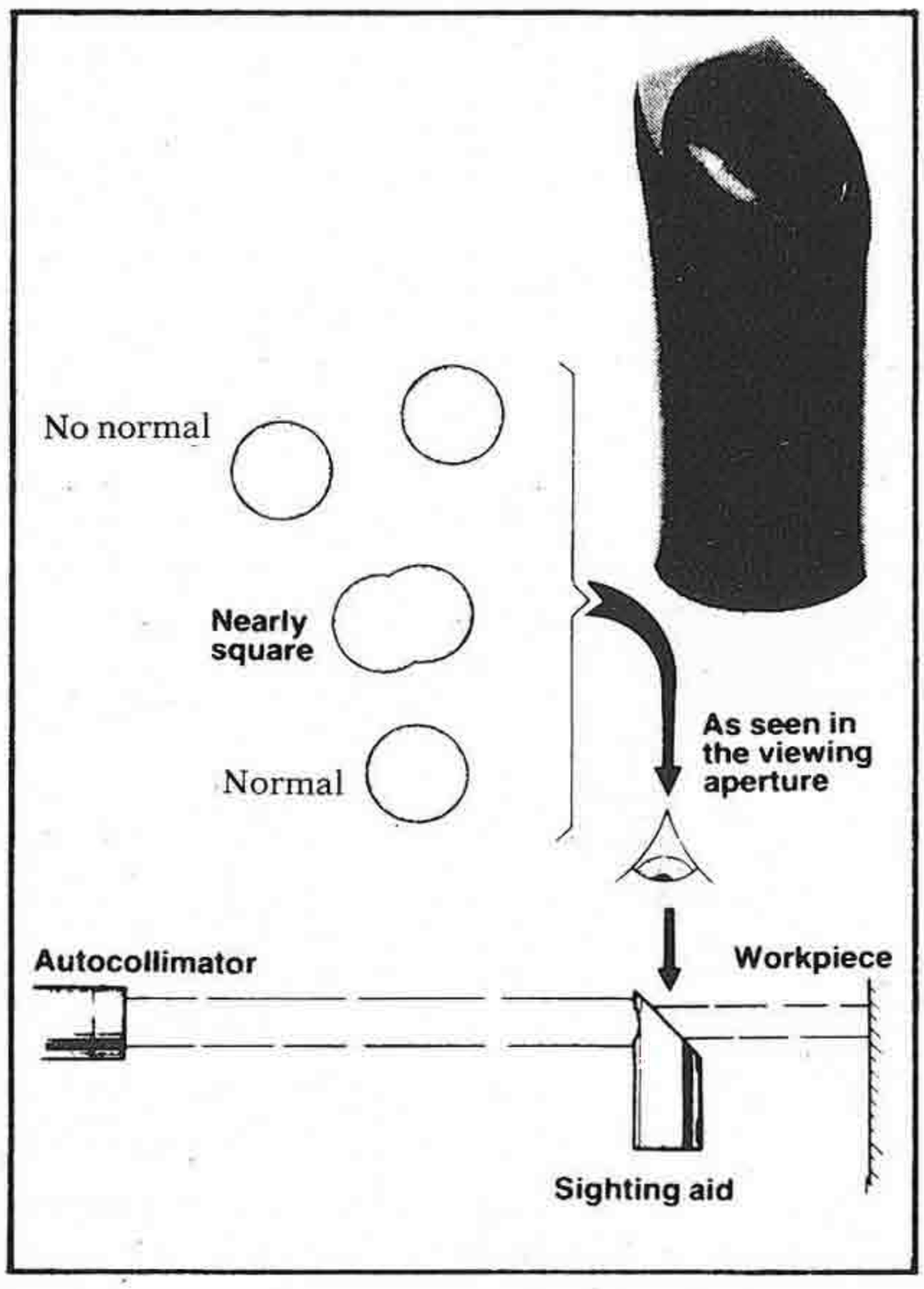


Fig 14

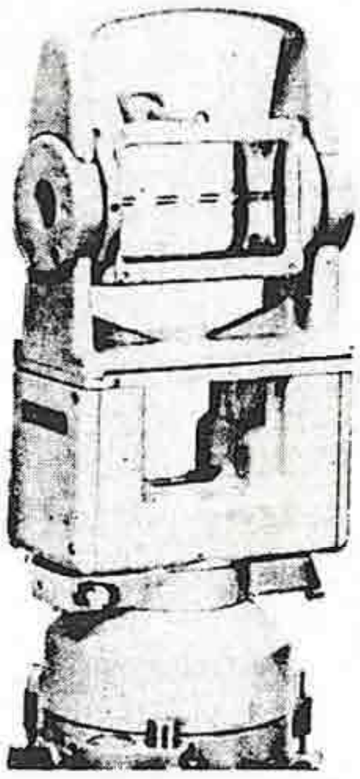


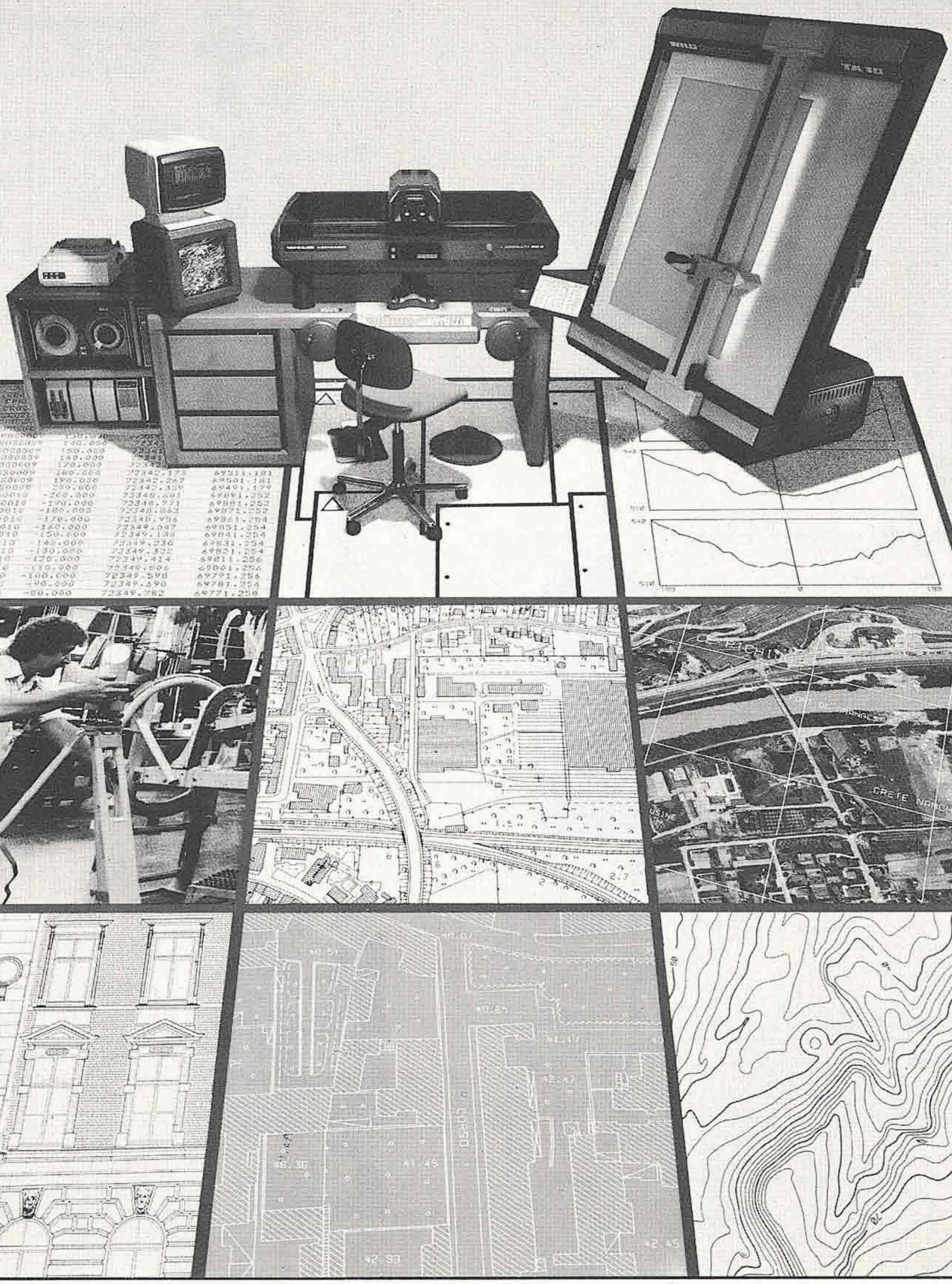
Fig 15

Prisma de autocolimación
Wild GAP 1 en soporte GDFG

Instrumento analítico de restitución estereométrica

AVIOLYT® BC2

WILD HEERBRUGG



INGEO SA

Gran Vía Corts Catalanes, 289 - E - 08014 BARCELONA
Tel. 93/431 50 00 - Telex 98828 igeo e

WILD HEERBRUGG

Vida profesional

La Fédération Européene d'Asociations d'Ingenieurs (FEANI), en la cual están integrados los Ingenieros Técnicos en Topografía españoles, a través del Instituto de Ingenieros Técnicos de España (INITE), celebrará en Madrid, durante los días 7 y 8 de Octubre del próximo año 1987, un Seminario organizado por el Comité Nacional Español de FEANI, sobre MEDIO AMBIENTE, INGENIERIA Y EMPLEO.

Este Seminario cuenta con la participación de 20 países incluido el país anfitrión España.

Quedan invitados todos los colegiados para que envien a la dirección del Colegio, ponencias sobre los temas señalados que inciden de forma muy directa en el desarrollo de la actividad topográfica tan afectada por el medio ambiente y testigo de vista de los atropellos que contra el mismo continuamente se cometen.

Felicitamos a nuestro compañero Justo Vilá Fudio por el éxito obtenido en la última exposición de sus pinturas. Ha sabido captar con gran sensibilidad, la belleza, la luz y el color de nuestros contrastados paisajes, en sus andanzas topográficas por los campos de España.

Han sido numerosos los críticos que en los medios de comunicación ensalzan la labor de nuestro compañero Vilá Fudio, Televisión Española, ABC, YA, Pueblo, Revista de Arte El Punto, etc. etc., en ellos se ha dicho: Si Albéniz convirtió en música maravillosa la belleza honda de Iberia, ¿por qué no llevar al lienzo con un sentido unitario esa misma belleza? Vilá Fudio lo intenta y lo consigue.

No es oportuno que demos aqui opinión sobre su pintura cuando ya está dada unanimemente por los expertos de la crítica, sólo reiterarle nuestra satisfacción y felicitación por su obra.

WECO

Servicio técnico de aparatos topográficos

D. Ramón de la Cruz, 29 - Tel. 431 79 35
Madrid-1

SERVICIO OFICIAL KERN

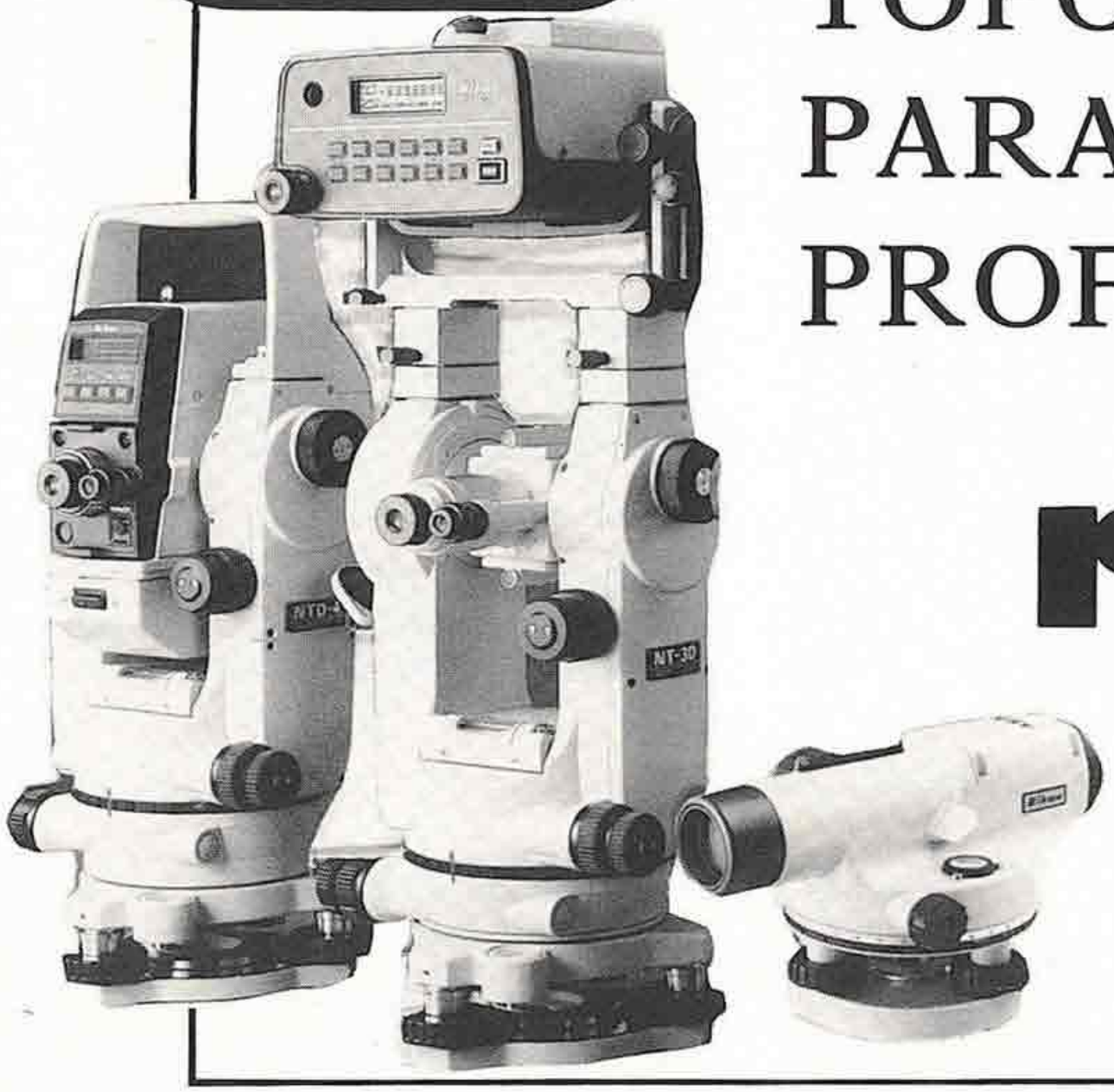
Confíe su aparato topográfico en manos de especialistas que garanticen su reparación o puesta a punto. WECO le ofrece esta garantía.

Utilice nuestro servicio "compra-venta" para sus aparatos usados. Consúltenos, es gratuito.

A la presentación de este anuncio WECO le ofrece gratuitamente un chequeo de su aparato topográfico.

Nikon

TOPOGRAFIA PARA PROFESIONALES



Representante Exclusivo para España:

rego&cía.,s.a.

San Romualdo, 26, 2.º B
28037 MADRID

Teléf. 91 - 204 53 40
Telex: 23140 REGO E

BARCELONA

BILBAO - SEVILLA - SANTIAGO - VALENCIA

Nikon

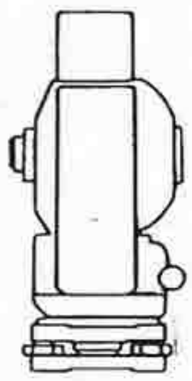
TODO LO QUE VD. PUEDA PRECISAR EN TOPOGRAFIA

PODREMOS SUMINISTRARSELO

Desde un simple clavo de marcar, hasta el más preciso distanciómetro electrónico, pasando por Miras, Niveles, Taquímetros...

Y también:

- **ALQUILER.**
- **COMPRA-VENTA DE APARATOS USADOS.**
- **REPARACION.**



SUSERTO

Nuestra dirección:

SUSERTO, S. A.

Pasaje Monserrat, 3
Teléfono 260 05 85
28019 - MADRID

Bibliografía

Utilización del ordenador en el planeamiento de ámbito municipal, La. *Sánchez del Río, Roger - ITO. AMON. LOCAL - 1985 - 320 p. - 14 × 21 cm. Rúst. - 600 pts.*

Cómo adquirir su programa informático. *Cañamaque Giménez, Francisco. DISTRESA, EDITORIAL - 1985 - 295 p. - 17 × 24 cm. Rúst. - 3.300 pts.*

Cómo programar su Spectrum y Timex 2068. *Bellido, Antonio - PARANINFO, S.A. - 1985 - 132 p. - 7ª ed. -27 × 21 cm. Rúst. - 850 pts.*

Diccionario de informática. *Minguet Melián, Jesús M., etc. - DISTRESA, EDITORIAL - 1985 - 225 p. 17 × 24 cm. Rúst. - 3.000 pts.*

Quinto centenario (Descubrimiento de América), nº 6. *Departamento Historia de América, Univ. Complutense - ALHAMBRA, S.A. - 1983 - 1 vol. - 158 p. - 14 × 21 cm. Rúst. - 560 pts.*

Revolución intelectual de Galileo, La. *Shea Willian L. - trad. Peralta, Carlos - ARIEL, S.A. - 1983 - 1 vol. - 240 p. - 13 × 20 cm. Rúst. - 950 pts. - Col. Methodos.*

Métodos topográficos y oficina técnica. *Ojeda Ruiz, José Luis - AUTOR-EDITOR - Núñez de Balboa, 94 - Madrid 6 - 1984 - 1 vol. - 496 p. - 24 × 17 cm. Rúst. - 2.500 pts. 84-398-0918-2.*

Previsión del tiempo mirando al cielo (II). *Di Franco, Francesco - trad. Medina, Mariano - JUVENTUD, S.A. - 1984 - 1 vol. - 144 p. - 25 × 19 cm. Tela 2.500 pts. - Col. Temas diversos. 84-261-2049-0.*

Fundamentos de los ordenadores. Tomo 1. Introducción al Hardware y. *Fernández Fernández, Gregorio, etc. - ESCUELA TECNICA SUPERIOR DE ING. - 1984 - 1 vol. 900 p. - 3ª ed. - 17 × 24 cm. Rúst. - 2.910 pts. 84-7402-073-5.*

Calificación de solar como requisito de la edificación, La. *Iribarren Goicoecheandía, María Teresa - ITO. ADMON LOCAL - 1984 - 1 vol. - 280 p. - 14 × 21 cm. Rúst. - 400 pts. Col. Estudios de Derecho Público. 84-7088-352-6.*

Mapa de cultivos y aprovechamientos de la provincia de Zamora. *Ministerio de Agricultura - MINISTERIO DE AGRICULTURA - 1984 - 1 vol. 152 p. - 17 × 24 cm. Rúst. - 900 pts. 84-7479-275-4.*

Metrología dimensional. *Asociación española para el control de la calidad - AUTOR-EDITOR - Fernández de la Hoz, 52 - Madrid 10 - 1984 - 1 vol. - 138 p. - 21 × 29 cm. Rúst. - Col. Técnicas de control de calidad, nº 1. 84-398-0999-9.*

Técnicas de control de calidad. (Obra completa). *Asociación española para el control de la calidad - AUTOR-EDITOR - Fernández de la Hoz, 52 - Madrid 10 - 1984 - 8 vol. - 702 p. - 21 × 29 cm. Rúst. - 3.500 pts. 84-398-0998-0.*

Así se dibujan letras, rótulos y logotipos. *Parramón Vilasaló, José M. INSTITUTO PARRAMON - 1970 - 1 vol. -144 p. 9ª ed. - 26 × 18 cm. Rúst. - 675 pts. - Col. Aprender haciendo. 84-342-0017-1.*

Atlas Marín de Geografía e Historia. (Colección). *Anónimas y colectivas. MARIN, S.A. - 1984 - 2 vol. 340 p. - 3ª ed. - 26 × 36 cm. Piel - 10.000 pts. - Col. Atlas. 84-7102-258-3.*

Software, curso práctico de programación. (Obra completa). *Anónimas y colectivas - NUEVA LENTE, EDICIONES - 1986 - 4 vol. 1.056 p. - 22 × 29 cm. Piel - 14.700 pts. 84-7534-101-2.*

TARIFAS DE PUBLICIDAD

TOPOGRAFIA Y CARTOGRAFIA

REVISTA DEL ILUSTRE COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS TECNICOS EN TOPOGRAFIA

ESPECIALES

	Precio por inserción	
PORTADA COLOR	47.000 ptas.	Cuatro colores o blanco y negro.
CONTRAPORTADA	41.250 "	Cuatro colores o blanco y negro.
INTERIOR PORTADA	35.500 "	Blanco-negro.
INTERIOR PORTADA	41.250 "	Cuatro colores.
INTERIOR CONTRAPORTADA	29.750 "	Blanco-negro.
INTERIOR CONTRAPORTADA	35.500 "	Cuatro colores.
ENCARTES	18.000	

PAGINAS INTERIORES

a) **En color:**

Una página	27.800 ptas.	Cuatricomías.
Una página	22.800 "	Negro más otro color.
1/2 página	17.700 "	Cuatricomias.
1/2 página	15.200 "	Negro más otro color.
1/3 página	12.650 "	Cuatricomias.
1/3 página	10.100 "	Negro más otro color.

b) **Blanco-negro:**

Una página	19.300 ptas.	
1/2 página	12.100 "	
1/3 página	7.250 "	
1/4 página	6.000 "	
1/8 página	4.850 "	
1/16 página	3.600 "	
REPORTAJES TECNICOS por página	14.500 "	
Indice de Firmas (por un año)	7.250	

OBSERVACIONES

1. En los precios no están incluidos los impuestos.
2. Grabados. dibujos, fotos, ilustraciones, etc., serán a cargo del CLIENTE.
3. Inserciones en páginas fijas se recargarán con un 25 por 100.
4. Los anuncios podrán manchar totalmente las dimensiones del papel, suprimiendo márgenes.

SUSCRIPCIONES

La Revista Topografía y Cartografía es bimestral (seis números en el año), el precio de la suscripción anual es de 1.400 pesetas para España e Hispanoamérica, para otros países 2.800 pesetas. Precio de números sueltos, del último ejemplar 350 pesetas, de ejemplares atrasados 400 pesetas. Se respetan las suscripciones ya efectuadas a la anterior Revista Técnica Topográfica.

Boletín de Suscripción

Nombre (mayúsculas) .....

Dirección .....

Población, provincia, país .....

Remito por: Talón, giro, transferencia, la cantidad de .....

para la suscripción a partir del núm. .....

Fecha ..... (FIRMA)

C.c. núm. 60 09704 3 Banco Popular Español,
Agencia núm. 3. Glorieta Cuatro Caminos, 4.
Madrid -28020

Remítase a Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos en Topografía. Paseo de la Castellana, 210.
Madrid -28046

LA TÉCNICA

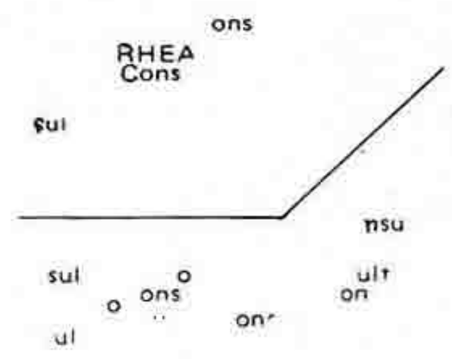
papelería

MATERIAL OFICINA
VENTA — ALQUILER
AP. TOPOGRAFICOS
DISTANCIOMETROS
MATERIALES DE
DIBUJO — PINTURA

ASESORIAS DE:
ARQUITECTURA
INGENIERIA
TOPOGRAFICA
SERVICIO DE
ORDENADOR

Juan de Austria, 27 Madrid 28010 Tels.446 87 04 / 66

RHEA
RHEA Consultores, S.A. R
RHEA Consultores, S.A. RHEA Consultores,
RHEA Consultores, S.A. RHEA Consultores, S.A.
RHEA Consultores, S.A. RHEA Consultores, S.A. RHEA Con
RHEA Consultores, S.A. RHEA Consultores, S.A. RHEA Consultores,
RHEA Consultores, S.A. RHEA Consultores, S.A. RHEA Consultor
RHEA Consultores, S.A. RHEA Consultores, S.A. RHE
RHEA Consultores, S.A. RHEA Consultores, S.A. R
RHEA Consultores, S.A. RHEA Consultores, S.A.
RHEA Consultores, S.A. RHEA Consultores, S
RHEA Consultores, S.A. RHEA Consultores,
RHEA Consultores, S.A. RHEA Consultores
RHEA Consultores, S.A. RHEA Consultores
RHEA Consultores, S.A. RHEA Consultor
RHEA Consultores, S.A. RHEA Consultores
RHEA Consultores, S.A. RHEA Consultore
RHEA Consultores, S.A. RHEA Consultore
RHEA Consultores, S.A. RHEA Consultores, S
RHEA Consultores, S.A. RHEA Consultore
RHEA Consultores, S.A. RHEA Consult
RHEA Consultores, S.A. RHEA Consulto
RHEA Consultores, S.A. RHEA Consultor
RHEA Consutores, S.A. RHEA Cons
RHEA Consultores, S.A. RHE
RHEA Consultores, S.A. R
RHEA C
RH



RHEA
CONSULTORES S.A.

CARTOGRAFIA GENERAL Y TEMATICA
FOTOINTERPRETACION
FOTOMECANICA CARTOGRAFICA
FOTOCOMPOSICION
DISEÑOS Y BOCETOS
EDICIONES CARTOGRAFICAS

PASEO DE LA HABANA, 206

250 8017 - 457 27 07

MADRID-16

Indice Comercial de Firmas

«Topografía y Cartografía» recomienda a todas las Firmas, Empresas, Editoriales y Establecimientos se anuncien en este índice, suscribiendo el correspondiente abono anual, por el interés que representa para los profesionales de esta Ingeniería el conocer los equipos y material de que disponen, así como sus aparatos e instrumentos.

REGO y Cía., S. A.
Instrumentos Topográficos
y Científicos
San Romualdo, 26, 2.º B
Teléfono 204 53 40 28017-MADRID

L E P, S. A.
Instrumentos Topográficos
Representante exclusivo de
TOKIO OPTICAL & Co. Ltd.
T O P C O N
Modolell, 67
Tel. (93) 247 54 00
08021-BARCELONA

SERVICIO TECNICO
INSTRUMENTOS TOPOGRAFICOS Y GEODESICOS
José Luis Bordela
Espronceda, 331, entlo., 1.º
Tel. 340 05 73
08005-BARCELONA

LEP, S. A.
Instrumentos Topográficos
Representante exclusivo para España
y Portugal de Tokio Optical & C.O. Ltd.
Capitán Haya, 3-5
Teléfs. (91) 455 97 96 - 455 97 45
28020 - MADRID

EDEF
Estudio de Fotogrametría
Marqués de Lema, 7
Teléf. 254 42 67
28003-MADRID

I N G E O , S . A .
WILD HEERBRUGG, S. A.
Gran Vía Corts Catalanes, 289
Tel. 431 50 00
08004-BARCELONA

RHEA
CONSULTORES, S. A.
CARTOGRAFIA GENERAL Y TEMATICA
Teléfonos 457 27 67 - 250 80 17
P.º de La Habana, 206 - 28016-MADRID

TECNICA IBERICA
CARTOGRAFICA, S. A.
Fernández de la Hoz, 58, bajo
Teléfono 441 62 77
28003-MADRID

ES. TO. SA.
Estudio Topográfico, S. A.
Fernando el Católico, 61
Tel. 449 59 54
28015-MADRID

SOKKISHA
ISIDORO SANCHEZ, S. A.
Aparatos Topográficos
Ronda de Atocha, 16
Tels. 228 38 34 y 467 61 28
28005-MADRID

LA UNION Y EL FENIX ESPAÑOL
Cía. de Seguros Reunidos, S. A.
Paseo de la Castellana, 37
Tel. 419 85 50
28014-MADRID

Carl Zeiss JENA ESPAÑOLA, S. A.
28001 - Madrid
Jorge Juan, 19, 4.º
Teléf. 435 10 00
08010-Barcelona
Ronda de San Pedro, 66, 2.º
T. 318 09 47/99

edef

ESTUDIO DE FOTOGRAMETRIA S. A.

Marqués de Lema, 7 - Tel. 254 42 67 - MADRID - 28003

LEVANTAMIENTOS
FOTOGRAMETRICOS
*
AEREOTRIANGULACION
Método modelos Independientes. Cálculo electrónico de pares, bandas y bloques.
*
CARTOGRAFIA-ASESORAMIENTOS

TOPCON

ESTACION
TOTAL
ELECTRONICA

GTS-3

¡¡¡LA OBRA DE ARTE DE TOPCON!!!

La avanzada tecnología de **TOPCON** ha creado, basándose en la experiencia de su antecesor el **ET-1** esta nueva ESTACION TOTAL con lectura angular de 2mgon y medición de distancia de 2.000 metros.

Con el **GTS-3** tiene a su disposición automáticamente ángulos horizontales y verticales, distancia geométrica y reducida, desnivel, coordenadas N-E-Z, etc.

Estos datos pueden transmitirse y almacenarse en el Colector de Datos **TOPCON FC-1**.

Y para finalizar, el PRECIO.
Sin competencia posible.
También, la OBRA DE ARTE de **TOPCON**.

Solicite información a:

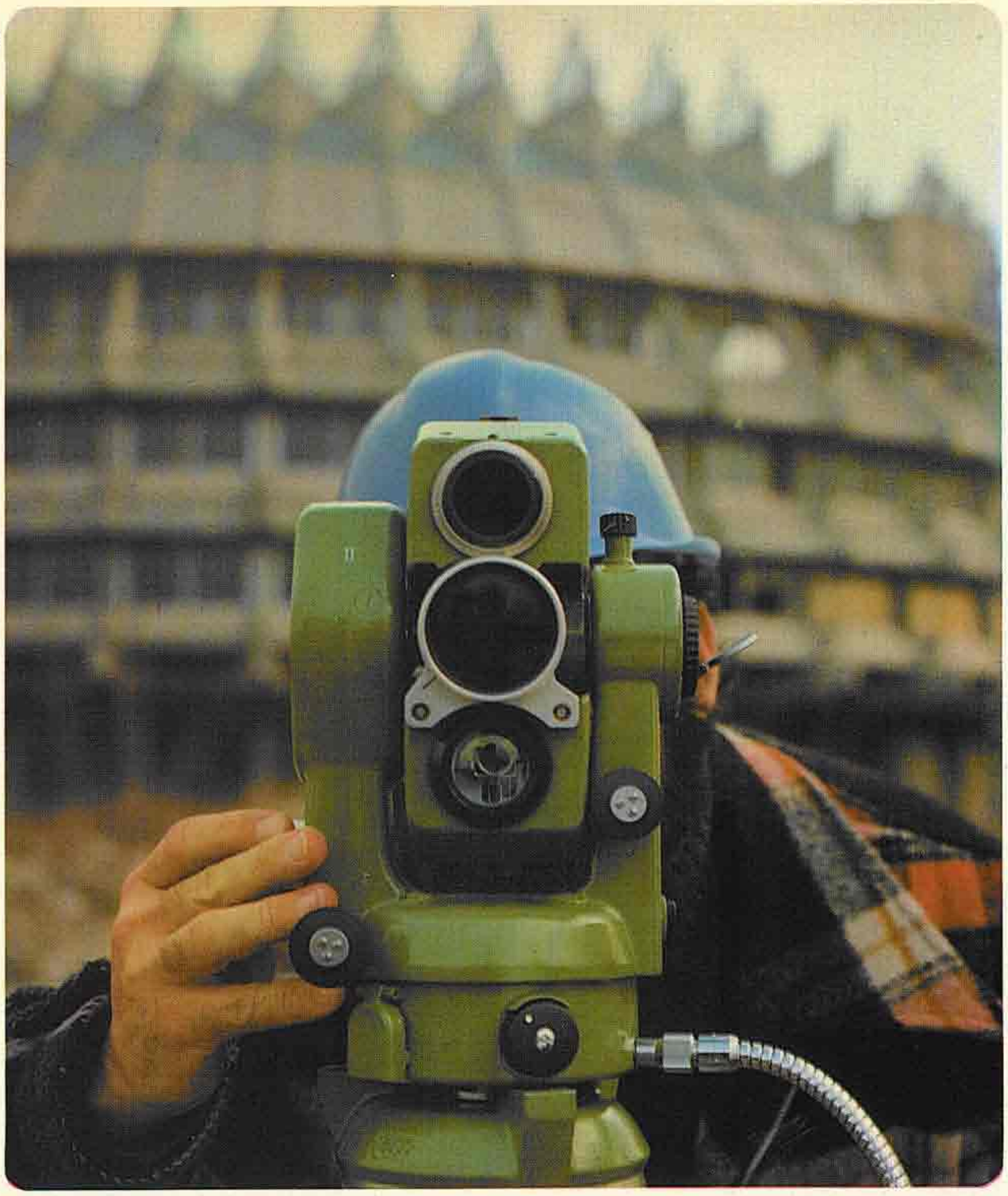
LEP, S.A.

REPRESENTANTE EXCLUSIVO

08021 Barcelona.
Modolell, 67.
Tno. 93/247 54 00.

28020 Madrid.
Capitán Haya, 3 y 5
Teléfs. 455 97 45 /96

1



Kern SWISS

DM503

Con el DM 502, Kern ofrece un sistema modular para la adaptación del distanciómetro a los diferentes teodolitos Kern (DKM 2-A, K 1-S, K 1-M y E 1, estos últimos, con o sin registrador), con las consiguientes ventajas económicas y prácticas que este intercambio puede ofrecer.

2

1 El sistema de adaptación céntrico del distanciómetro al teodolito, ahorra tiempo (una sola punteria para la medida del ángulo y la distancia) y evita las constantes de suma, según las inclinaciones del anteojo.
2 Adaptación del DM 502 al teodolito, independiente de la conexión eléctrica a la bateria.

3 Distanciómetro DM 502 adaptado al teodolito electrónico Kern E 1 con registrador de datos R 48.
4 Lectura de datos en el teodolito electrónico E 1 (la distancia oblicua se lee en el distanciómetro).

3

4

Para mayor información dirijase a:

German Weber S. A.
Hermosilla, 102
Madrid – 9
Tel. (91) 4016779