

# Modernisation de l'Institut Géographique de Colombie

Autor(en): **Ladetto, Q. / Merminod, B.**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Vermessung, Photogrammetrie, Kulturtechnik : VPK = Mensuration, photogrammétrie, génie rural**

Band (Jahr): **97 (1999)**

Heft 9

PDF erstellt am: **18.05.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-235576>

## **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.

Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.

Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

## **Haftungsausschluss**

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

# Modernisation de l'Institut Géographique de Colombie

Le droit à la propriété foncière est un droit réel que tout citoyen considère comme évident. Cette notion est cependant récente pour passablement de pays dont notamment la Colombie. Qui dit droit foncier dit également moyen de garantir la possession du sol par sa localisation dans l'espace aussi bien que par l'identification de son propriétaire. L'institut Géographique Agustín Codazzi (IGAC) est l'organisation du Gouvernement National Colombien chargé de produire, analyser et divulguer les informations géoréférencées nécessaires au développement du pays. Afin de remplir le mieux possible cette mission, l'IGAC effectua de 1992 à 1998 un projet de restructuration et modernisation de ses infrastructures.

*Das Recht auf Eigentum mag den meisten von uns als Selbstverständlichkeit erscheinen. Dieser Begriff ist aber sehr neu für viele Länder, insbesondere Kolumbien. Wer Grundrecht sagt, meint auch ein Mittel, um das Grundeigentum sicherzustellen. Dies bedeutet die Führung eines Grundbuchs mit einer adäquaten Katastervermessung. Das geographische Institut Agustín Codazzi (IGAC) ist die Regierungsstelle, die für Produktion, Erforschung und Verbreitung der nötigen geographischen Informationen für die Entwicklung des Landes verantwortlich ist. Um diesen Auftrag am besten zu erfüllen, hat das IGAC von 1992 bis 1998 ein Umstrukturierungs- und Modernisierungsprojekt seiner Infrastrukturen durchgeführt.*

Il diritto alla proprietà fondiaria è un diritto reale che ogni cittadino considera come un'evidenza. Questo concetto è però una novità per molti paesi, fra i quali la Colombia. Chi dice diritto fondiario sottintende anche il modo di garantire il possesso del terreno grazie alla sua localizzazione e all'identificazione del suo proprietario. L'Istituto geografico Agustín Codazzi (IGAC) è l'organizzazione del Governo nazionale colombiano incaricata di produrre, analizzare e divulgare le informazioni georeferenziate necessarie allo sviluppo del paese. Per adempiere nel migliore modo possibile a questo compito, l'IGAC effettuò tra il 1992 e il 1998 un progetto di ristrutturazione e modernizzazione delle sue infrastrutture.

Q. Ladetto, B. Merminod

Pays de Bolivar et Garcia Márquez, la Colombie possède une grande diversité de paysages. Cette richesse visuelle ne laissa pas indifférent Agustín Codazzi. Ce marin et aventurier italien fut le premier à cartographier ce pays et donna son nom à l'institut géographique national: l'Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC), dont la tâche principale consiste à produire des cartes nationales, topographiques et thématiques. La saisie, la gestion et la diffusion des données est également assurée par l'Institut.

## Le projet de modernisation

Le droit à la propriété foncière peut paraître évident pour la plupart des citoyens européens, mais il ne faut pas oublier qu'il s'agit là d'un privilège essentiel de notre système économique. Qui dit droit foncier dit également moyen de garantir la possession du sol et d'identifier son possesseur, cela se caractérise par la tenue du grand livre (registre cadastral) et une forme adéquate de mensuration.

Après la chute du système communiste en Europe de l'Est, de grands efforts furent entrepris pour réintroduire un cadastre et des lois afin de définir les règles de la pro-

priété foncière. Ces mesures servent également de base à la construction d'infrastructures, aux différents plans d'aménagement et à l'établissement des réseaux de communication. Les données cadastrales présentent également les bases de l'imposition; très souvent l'impôt sur la propriété foncière est un pilier de l'imposition générale. Les autorités locales disposent ainsi de rentrées financières indépendantes régulières leur permettant d'investir dans l'amélioration des infrastructures publiques.

Dès le début des années 80, la Banque Mondiale encouragea dans différents pays en voie de développement, parmi lesquels la Colombie, un projet dénommé «Développement des municipalités». Celui-ci avait pour but de permettre une gestion administrative communale indépendante devant mener à une amélioration de la démocratie ainsi qu'à une amélioration du niveau de vie dans la campagne afin de limiter l'exode rural. Pour soutenir ce projet, la Banque Mondiale et la Banque de Développement Interaméricaine ont débloqué un crédit de 100 millions de dollars. La participation de la Suisse est de 15 millions de dollars, divisée en un tiers sous forme de don et deux tiers comme crédit bancaire. Cette contribution se concentre essentiellement sur la modernisation du service topographique national colombien assuré par l'IGAC; les trois buts suivants ont été définis:

1. Etablissement et mise à jour de la cartographie du pays, pour répondre aux normes de qualité toujours plus élevées de ses différents utilisateurs.
2. Elaboration d'un Système d'Information Géographique (SIG) incluant toutes les données gérées par l'IGAC et pouvant servir d'instrument d'aide à la décision.
3. Maintenance et mise à jour de la base de données cadastrales pouvant également servir de support à une cartographie locale.

Afin de mener à bien ce projet, le cahier des charges fut soumis à un appel d'offre international. Finalement, cette tâche fut

confiée à l'entreprise suisse Leica AG à Unterentfelden. L'Unité de Photogrammétrie de l'EPFL (Prof. Otto Kölbl) fut chargée par l'Office Fédéral des Affaires Economiques Extérieures (OFAEE ou BAWI) de l'assistance technique ainsi que de la surveillance du projet.

Produire de meilleures cartes de manière plus efficace grâce à l'utilisation de techniques numériques d'avant-garde: tel était l'ambitieux programme de modernisation de l'IGAC, composé de deux parties bien distinctes. La première étape comprend l'acquisition de matériel géodésique, de plotters analytiques et d'un système d'information géographique (Infocam) pour le stockage, le traitement et l'analyse des données géographiques. La seconde étape inclut l'équipement pour la photogrammétrie digitale, la cartographie digitale et la télédétection. Elle complète également la première étape par un important travail d'assistance technique et de formation. Il faut souligner l'importance d'une assistance technique de qualité lors d'échanges de connaissances technologiques de cette envergure: elle assure la pérennité du savoir tout en contribuant à une plus grande indépendance de l'Institut.

## Première étape

Le contrat de la première partie fut signé en décembre 1992 et divisé en trois phases. L'IGAC acquérait dans un premier temps une importante installation d'ordinateurs incluant un serveur central totalisant en été 1995 6 noeuds, 43 stations de travail, 7 plotters analytiques, 9 plotters analogues informatisés, 30 tables à digitaliser, 4 plotters «flat-bed» de haute précision et 6 plotters à tambour. Tous ces instruments et stations de travail sont interconnectés sur un unique réseau pour permettre un traitement interactif de l'information cartographique par le système INFOCAM™. L'équipement géodésique se compose principalement de plus de 20 récepteurs GPS ainsi que d'une caméra aérienne RC30. Dans la dernière phase de livraison en été 1995, 11 offices provinciaux ont également été équipés de stations INFOCAM™.

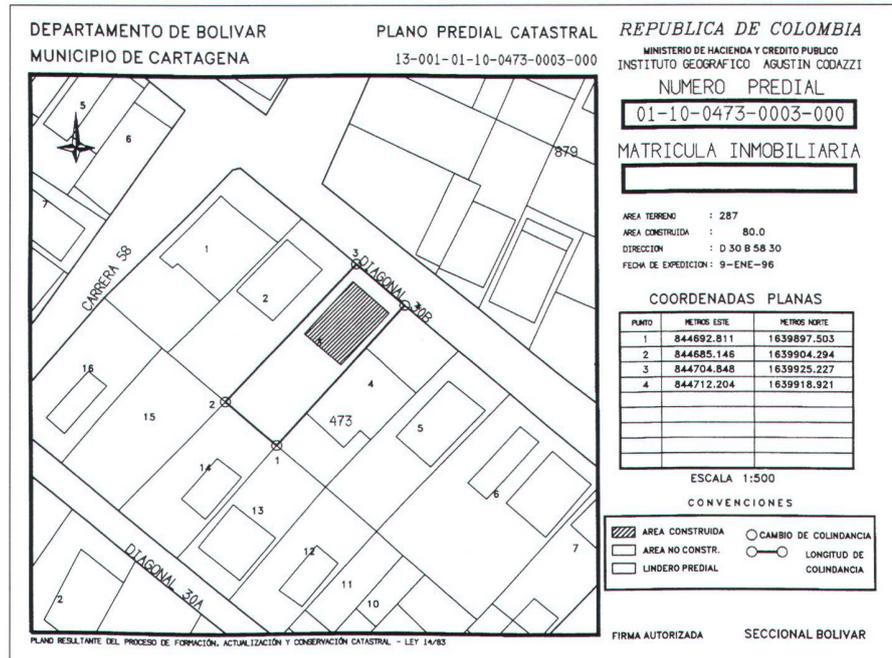


Fig. 1: Du terrain au plan cadastral grâce au système INFOCAM™ de Leica.

## Deuxième étape

La deuxième partie du programme de modernisation concerne l'assistance technique, la mise en œuvre de logiciels pour la cartographie digitale incluant un photo plotter haute précision (5080 dpi), le développement d'applications et de traitements spécifiques avec INFOCAM™ (ex. plan cadastral cf. fig. 1) et la mise en place d'équipement pour la photogrammétrie digitale. Le contrat pour cette étape fut signé en février 1995; le projet devant être complété selon les termes du contrat dans les deux années qui suivraient. Dès juillet 1997, la totalité des équipements de géodésie, de photogrammétrie digitale et de cartographie radar furent livrés.

Afin d'assurer le bon fonctionnement de toute l'installation, l'IGAC a conclu avec Leica un contrat de maintenance depuis la fin de la période de garantie. Sous la pression de sévères restrictions budgétaires, le contrat fut conclu pour un montant de 1.0 mio Fr. pour une année jusqu'à fin mars 1998. Ce dernier inclut un substantiel renouvellement des serveurs ainsi que des stations de travail. Au total trois nouveaux serveurs basés sur la technologie «Alpha» et 22 stations de travail ont été fournis, partiellement pour les

provinces et le département de restitution de l'IGAC. Ce renouvellement fut nécessaire car la nouvelle version 6 d'INFOCAM™ ne fonctionne que sur les plates-formes Alpha.

L'avancement des travaux ayant révélé des distorsions importantes dans les coordonnées du réseau géodésique national, Leica mandata l'Unité de Topométrie (TOPO) de l'EPFL pour analyser et remédier à ces imprécisions. Suite à une mission initiale, deux collaborateurs de l'Institut de Géomatique (IGEO) furent délégués sur place pour une durée de six mois et trois mois respectivement. Leur tâche se concentra sur:

- l'ajustement du nouveau réseau GPS national
- la formation théorique et pratique d'un groupe d'ingénieurs de l'unité de géodésie de l'IGAC
- l'étude de différents aspects à intégrer dans le futur réseau géodésique national.

La compensation d'un réseau topométrique de cette envergure nécessitant des connaissances géodésiques et géophysiques avancées (gravimétrie, déviation de la verticale, ...), une collaboration avec le monde académique se révéla très profitable.

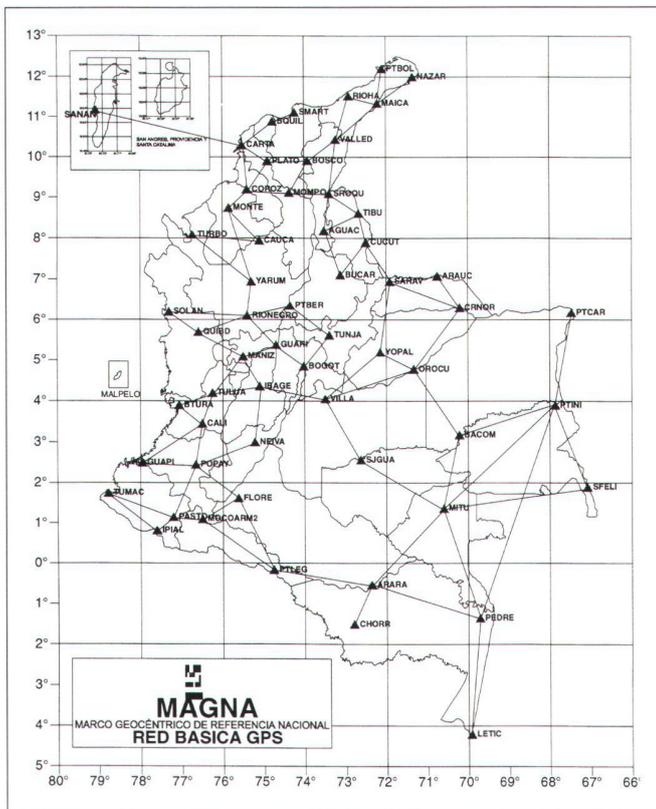


Fig. 2: Réseau de base GPS composé de 60 points. Les précisions planimétrique et altimétrique sont de 5 cm et 10 cm respectivement.

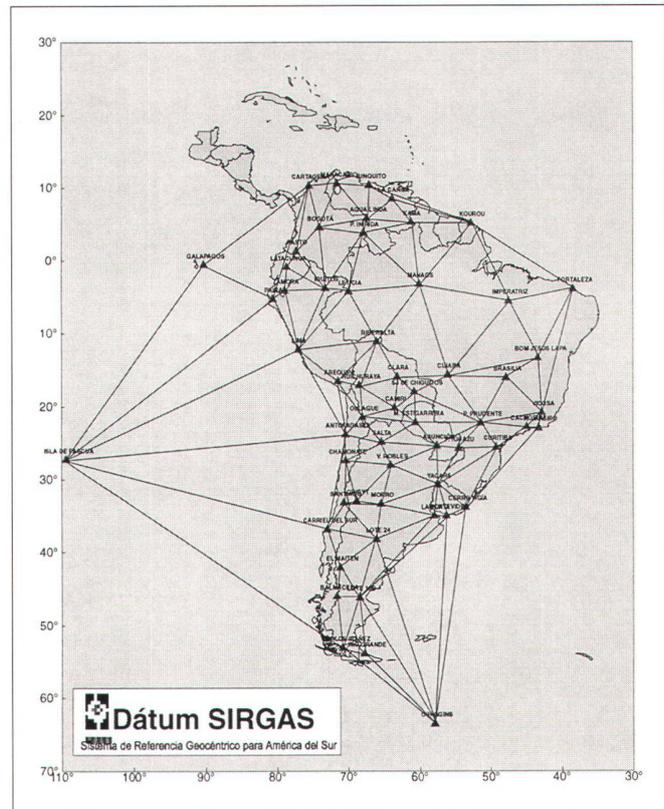


Fig. 3: Datum SIRGAS (Système de Référence Géocentrique pour l'Amérique du Sud) constitué de 67 stations réparties sur tout le continent dont 5 en Colombie.

## Réseau géodésique colombien actuel

Composé de points de contrôle horizontaux et verticaux, l'actuel réseau géodésique colombien fut réalisé dès 1930. 11 000 points déterminés par les méthodes topométriques terrestres et astronomiques définissent le réseau de planimétrie national couvrant un territoire équivalent à 30 fois la Suisse. L'altimétrie se réfère à 235 lignes de nivellement effectuées le long des principales routes du pays.

L'absence de compensation globale pour les deux réseaux a causé des discordances supérieures au mètre entre différents cheminements ou arcs triangulés. De plus, suite à une matérialisation trop légère, 60% des points ont disparu ou sont rendus inutilisables...

Avec l'utilisation croissante des techniques de localisation par satellites sont apparues de nombreuses incompatibilités

entre la cartographie existante et les nouveaux levés. Cela induit nécessairement des distorsions avec le réseau géodésique en vigueur.

Afin de remédier à cette situation, l'IGAC décida d'établir un nouveau système géodésique de référence.

## Le nouveau réseau géodésique national

### Mesures et compensation du réseau

Désormais, la Colombie dispose d'un réseau GPS de premier ordre (cf. fig. 2). Le réseau fut mesuré durant deux campagnes principales en 1994 et 1995. Une campagne complémentaire a eu lieu en 1997 afin de combler certaines faiblesses. Toutes les mesures ont été réalisées avec des récepteurs double fréquence GPS Leica Système 200 appartenant à l'IGAC. Les observations eurent lieu durant la journée sur une période de 5 à 7 heures. Au total, 40 sessions journalières comprenant

des occupations simultanées de 3 à 10 points furent effectuées. La taille moyenne des différents vecteurs est de 120 km dans les zones développées et de 230 km en Amazonie.

Le calcul et la compensation du réseau a été réalisé en collaboration avec l'EPFL [1]. La compensation en réseau libre montra une déviation standard de 17 mm en planimétrie et 52 mm en altimétrie. La compensation contrainte finale fut calculée en inscrivant les stations de base dans le nouveau réseau continental SIRGAS (Système de Référence Géocentrique pour l'Amérique du Sud cf. fig. 3). Il constitue la base du nouveau système géocentrique de référence colombien MAGNA (Marco Geocéntrico de Referencia Nacional) [2]. La qualité d'un réseau de base est d'autant plus importante qu'elle influence directement la cohérence des nombreux plans cadastraux. Sa précision planimétrique et altimétrique est de 5 cm et 10 cm respectivement.

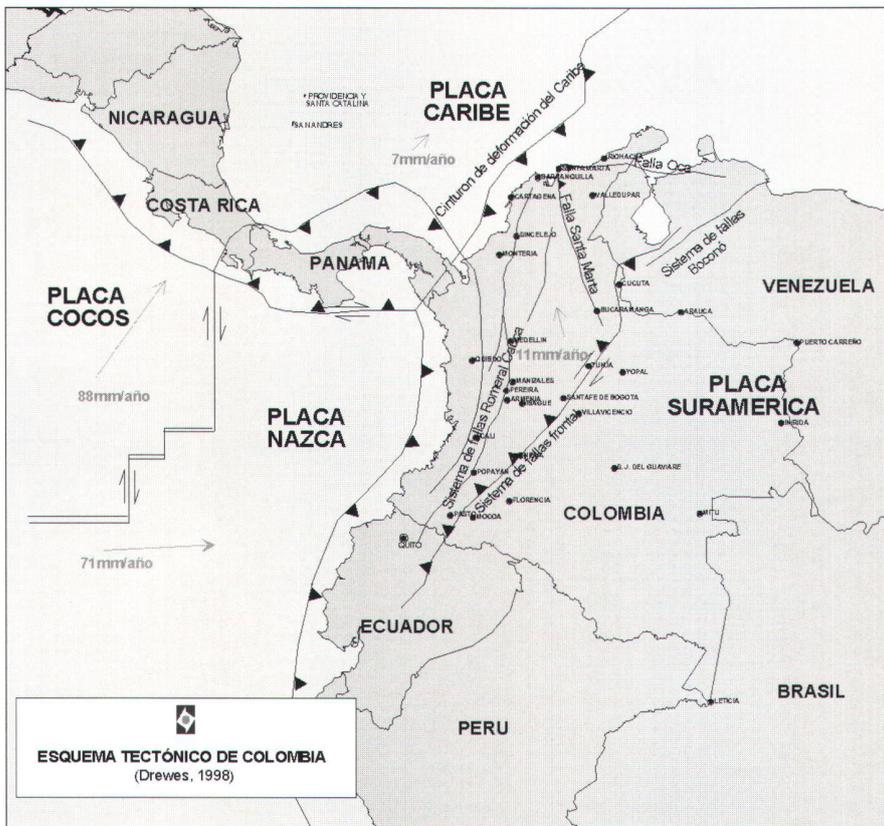


Fig. 4: Schéma tectonique de Colombie présentant les nombreuses failles, cause d'une intense activité sismique.

En 1997, SIRGAS vit le jour suite à une intense collaboration internationale. La matérialisation du datum géocentrique consiste en un réseau de base, d'ordre zéro, regroupant 67 stations réparties sur tout le continent. La Colombie possède 5 points bien distribués sur son territoire. Ils ont servi de points de calage lors de la compensation, avec contraintes, du nouveau réseau GPS.

#### Densification

Afin de pouvoir utiliser le nouveau réseau lors des travaux topométriques quotidiens, une étude a été réalisée [3],[4] pour sa future densification. La distance de 50 km entre les différents points fut suggérée de manière à permettre la résolution des ambiguïtés de cycle pour tout point nouvellement mesuré; en effet celui-ci ne se situera jamais à plus de 25 km d'une station de base. La densification sera facilitée par l'intégration de points existants appartenant à divers réseaux locaux issus

de projets nationaux et internationaux tels que CASA (Central America – South America) ou de quelques sociétés pétrolières (Shell, Ecopetrol).

Le projet CASA étudie les importants déplacements subis par les nombreuses plaques tectoniques se rencontrant en Amérique Centrale. Le réseau « local » se compose de 16 stations principales, 143 points de densification et de deux stations permanentes couvrant les régions les plus développées du pays. La Colombie présentant une activité sismique intense (cf. fig. 4), ces points sont mesurés chaque année afin de fournir un modèle précis des mouvements de la croûte terrestre. La connaissance de ces déplacements permet d'établir un réseau géodésique dynamique nécessaire pour des projets d'ingénierie requérant un positionnement de haute précision.

L'ensemble du projet de densification est actuellement en discussion auprès du gouvernement colombien.

#### Transformations de coordonnées

L'achèvement du réseau GPS accompli, une question se pose: «Que vont devenir toutes les anciennes coordonnées?» Effectivement, le changement de datum «Bogotá» à WGS84 (World Geodetic System 1984) utilisé comme référentiel pour GPS, ne se fera pas sans quelques tensions. Le datum «Bogotá» est défini par l'ellipsoïde International de Hayford positionné de manière à obtenir une déviation de la verticale nulle à l'observatoire astronomique national de Bogotá. Le passage à l'ellipsoïde GRS80 utilisé dans WGS84 ne peut se réaliser qu'au moyen de transformations locales.

L'IGAC se charge actuellement de la gestion nationale des données géographiques ainsi que du calcul de paramètres de transformation locaux pour diverses entreprises privées et gouvernementale. Dans le but d'éviter une utilisation abusive des différentes transformations proposées par le module «Datum-Map» de SKI (Static Kinematic Software), fourni par Leica à l'Institut, une analyse approfondie de celles-ci fut réalisée sur la région de Bogotá. Le projet considéré s'étend sur une superficie de 2000 km<sup>2</sup> à 2500 m d'altitude et s'oriente dans la direction Nord-Sud sur 100 km. Les résidus obtenus sont de l'ordre de 20 cm. La méthode «Interpolation» fournit les meilleurs résultats bien que son emploi soit déconseillé pour des projets de cette taille.

La solution proposée pour la transformation à l'échelon national fait appel à une autre approche et s'inspire de celle adoptée par la Suisse, connue sous le nom de FINELTRA. Un logiciel du même nom est également disponible pour l'application de cette méthode. Il s'agit d'une transformation linéaire affine par éléments finis (triangles) [5] s'adaptant relativement bien aux particularités colombiennes. L'avantage principal réside dans le fait que chaque triangle peut être densifié afin d'apporter des améliorations locales sans répercussions sur les zones voisines. Ceci permet une densification en fonction des besoins spécifiques de chaque région, l'intérêt de la méthode est évident.

Le travail avec la technologie GPS im-

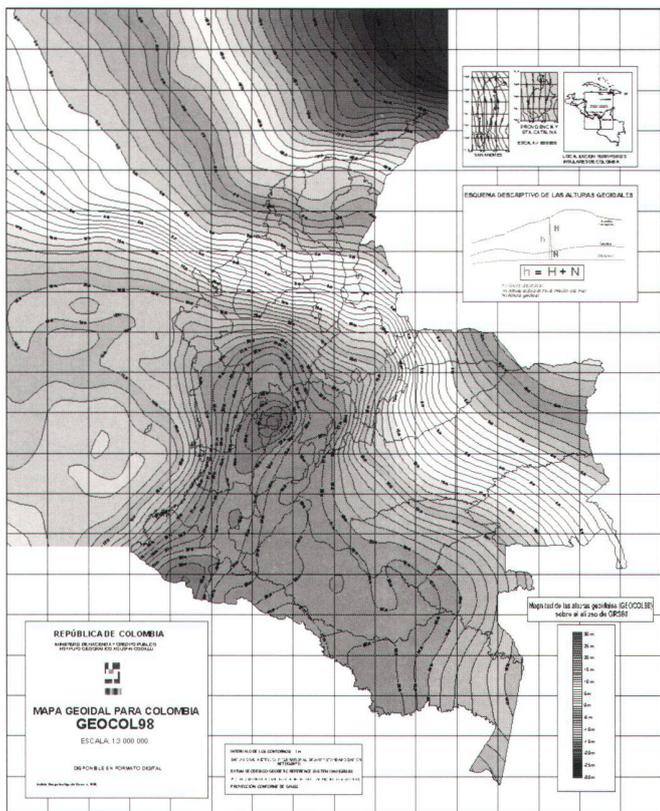


Fig. 5: Modèle du géoïde colombien (GEOCOL98) par rapport à l'ellipsoïde GRS80. Les cotes du géoïdes varient entre -25 m et 23 m et présentent des variations locales très importantes, pouvant atteindre 1m sur 5 kilomètres.

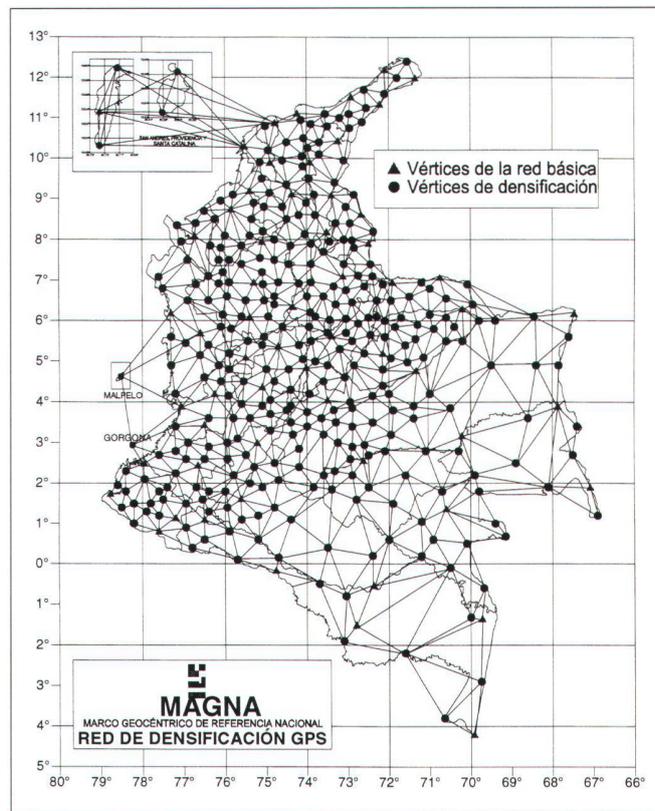


Fig. 6: Réseau GPS densifié (projet).

plique naturellement la connaissance précise de l'équipotentielle zéro. Le géoïde colombien (cf. fig. 5) a été déterminé par le groupe de Géophysique de l'IGAC. Dans le cadre du mandat Leica-TOPO, un modèle digital du géoïde ainsi qu'un programme d'interpolation ont été réalisés pour le software SKI. De ce fait, la conversion entre les altitudes ellipsoïdiques et orthométriques est facilement réalisable par tout utilisateur GPS.

Des propositions relatives à la densification du nouveau réseau GPS ont été formulées. Afin d'amener la totalité du réseau à une qualité permettant des travaux géodésiques, il est nécessaire que la distance entre les différentes stations soit inférieure à 50 km. Dans ce but, un réseau de densification comprenant 380 points (cf. fig. 6) de caractéristiques similaires au réseau de premier ordre sera établi. Un nouveau système de projection pour

les principales villes, ainsi qu'à une nouvelle classification et matérialisation des points de base ont également été développées en étroite collaboration avec l'unité de géodésie de l'IGAC.

#### Stations actives et permanentes

Afin de fournir des données en continu, un réseau constitué de 12 stations GPS permanentes a été planifié (fig. 7). Ces stations transmettront leur données en temps réel au siège central de l'Institut où elles seront calculées et mises à la disposition des différents utilisateurs. Elles fourniront de ce fait les données nécessaires à un calcul différentiel, indispensable à toute détermination optimale de coordonnées. En collaboration avec CASA, ceci permettra également de déterminer les vecteurs de déformations tectoniques pour l'établissement d'un réseau dynamique.

#### Avantages du nouveau système géodésique national

Le nouveau système de référence géodésique pour la Colombie constitue un réseau homogène et compatible avec les nouvelles technologies de positionnement.

Partie intégrante du processus de modernisation de l'Etat colombien visant à développer des services flexibles et efficaces, la nouvelle plate-forme MAGNA permettra de faciliter la manipulation de différentes informations: la propriété foncière, l'évaluation fiscale des terres, la topographie, la navigation, la couverture végétale, l'hydrographie et la localisation des zones à risques naturels sont tous des éléments liés au système géodésique en vigueur.

Dans le cas particulier du plan cadastral, celui-ci pourra être complété par le plan de développement économique national,

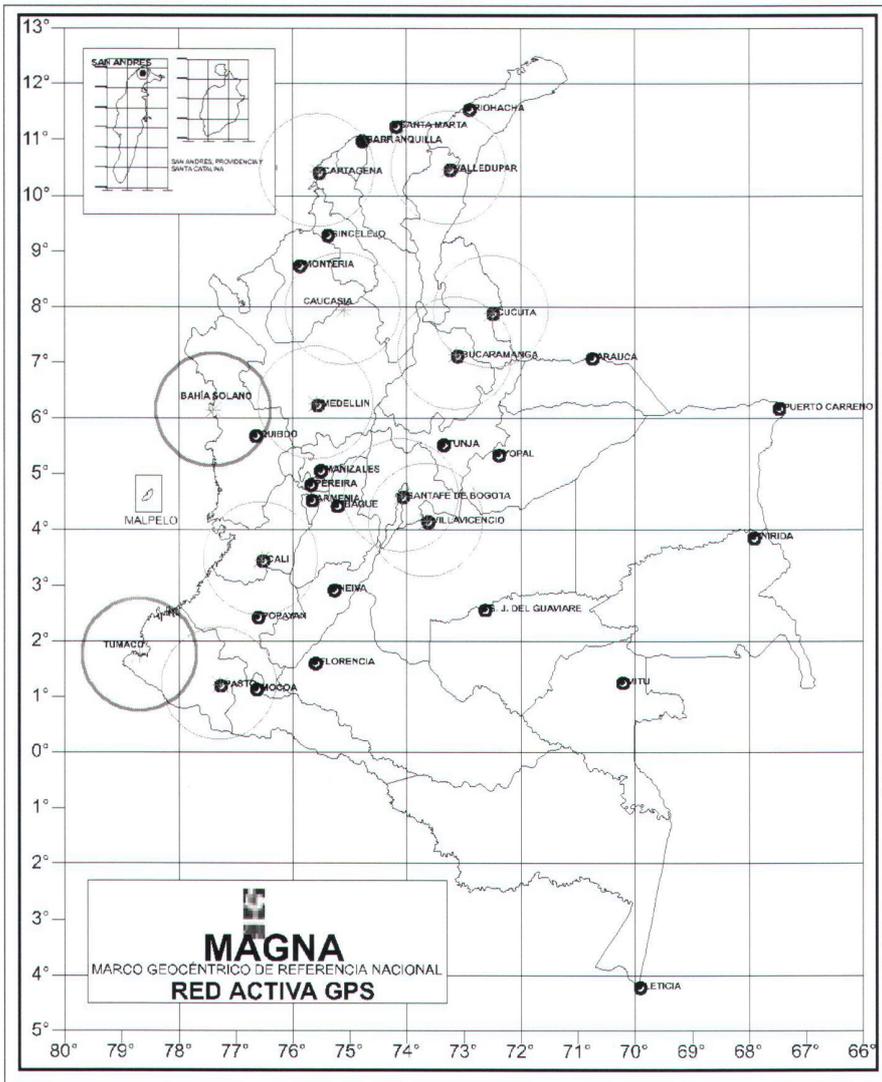


Fig. 7: Réseau GPS actif composé de 12 stations émettrices pour un service DGPS continu et une modélisation des déplacements tectoniques (projet).

de contrôle fiscal sur la propriété foncière, de la planification agricole et de la décentralisation administrative promulguée par le gouvernement.

Les efforts de l'IGAC se concentrent donc pour offrir à la Colombie un système de référence optimal pour le pays. Devancer la demande toujours croissante

d'informations géographiques, tel est le nouveau défi de l'Institut Géographique Agustín Codazzi.

*Bibliographie :*

- [1] Perez Silva E. M., Guerra N. R., Umbarilla A., Alvarez G., Egger D. (1997) Red geodesica básica con GPS para Colombia, Informe Final, Instituto Geográfico Agustín Codazzi, Santafé de Bogotá D. C., 28 p.
- [2] Instituto Geografico Agustin Codazzi, Subdireccion de Cartografia, Division de Geodesia (1999) Nuevo sistema geodesico para Colombia, Santafé de Bogota D.C., enero 1999, 17 p.
- [3] Ladetto Quentin (1998) Géodésie en Colombie: propositions pour un réseau national cohérent et opérationnel. Mensuration, Photogrammétrie, Génie rural 6/98, pp.316-319.
- [4] Ladetto Quentin, Dieter Egger, Bertrand Merminod (1998) Densification of the new GPS national geodetic network, Seminario internacional en sistemas de información geográfica 18-21 de Mayo 1998, Santafé de Bogotá D.C., Colombia.
- [5] Carosio A., Plazibat M. (1996) Trasformazione lineare con elementi finiti: un collegamento flessibile tra la vecchia e la nuova misurazione nazionale, Eidgenössische Technische Hochschule Zürich (ETHZ), 33 p.

Quentin Ladetto  
 prof. Bertrand Merminod  
 Géomatique-Topométrie  
 EPFL-DGR  
 CH-1015 Lausanne  
 e-mail: quentin.ladetto@epfl.ch  
 e-mail: bertrand.merminod@epfl.ch

Cerchiamo un giovane e dinamico

## DISEGNATORE CATASTALE

con 4-5 anni di pratica nei settori:

- tenuta a giorno M.U.
- rilievo di misurazioni a nuovo e calcoli
- misurazioni speciali
- strutturazione con sistemi d'informazione sul territorio (Geos4 e Adalin)

Il nostro ufficio di media grandezza si trova in Mesolcina, Cantone dei Grigioni, a ca. 10 km da Bellinzona.

Studio d'ingegneria e misurazioni  
 Giudicetti e Baumann  
 6535 Roveredo  
 Tel.: 091 / 820 30 40  
 E-mail:  
 giudicetti.baumann@bluewin.ch