

ESTRUCTURACIÓN HISTÓRICA Y EVOLUCIÓN TECNOLÓGICA DE LA RED GEODÉSICA NACIONAL DE CHILE – HORIZONTAL

HISTORICAL STRUCTURING AND TECHNOLOGICAL EVOLUTION OF THE NATIONAL GEODETIC NETWORK OF CHILE - HORIZONTAL

Sr. Germán Aguilera Reyes¹

RESUMEN

El Instituto Geográfico Militar de Chile (IGM) fue creado según Decreto Ley N°1.664 del 29 de agosto de 1922 y actualmente es el servicio oficial técnico y permanente del Estado, en todo lo que se refiere a actividades geográficas conforme a inciso segundo del artículo 2° de la ley N° 15284 de 1963. Entre sus principales tareas tiene la misión de proporcionar un marco de referencia de acuerdo con las exigencias de los estándares internacionales de cada época, para la producción de información georreferenciada. La Red Geodésica Nacional (RGN) ha sido el marco de referencia de todas las actividades y representaciones geográficas a través del tiempo, y ha estado compuesta por vértices geodésicos materializados estratégicamente a lo largo del territorio, medidos y calculados por este Instituto, los que poseen valores de coordenadas geodésicas, planas y alturas. Actualmente la RGN SIRGAS-Chile en su componente horizontal la conforman un conjunto de Estaciones de Referencia de Operación Continua (CORS), proporcionando datos GNSS diariamente y coordenadas oficiales para los distintos usos del desarrollo nacional.

Chile, debido a su especial situación geográfica, producto de su posición y de su angosto y extenso territorio, ha debido adoptar, a través del tiempo, diversos sistemas de referencia geodésicos de acuerdo con las exigencias de los organismos internacionales que promueven la geodesia. Además, desde 1922, estos sistemas de referencia han evolucionado debido al gran avance tecnológico, definiendo una RGN precisa y moderna en la actualidad.

Palabras clave: Marco de Referencia Geodésico – Red Geodésica Nacional – Geodesia – Cartografía – Fotogrametría – Sistema de Referencia.

ABSTRACT

The Military Geographic Institute (IGM) was set up in accordance with the Decree Law N°1.664 of the 29th of August, 1922 and is currently the official technical and permanent service of the State, in all geographic matters, in compliance with the second point of Article N.° 2 of Law N.° 15284 of 1963. Among the most important of its tasks is the mission of providing a Reference Frame in accordance with the requirements of the international standards of each epoch, for the production of geo-referenced information. The National Geodesic Network (RGN in Spanish initials) has been the reference frame for all geodesic and cartographic activities and portrayals over time. It is made up of geodesic points set up at strategic locations across and along this territory, measured and calculated by this Institute; these have plane, geographic and altitude coordinate values. Currently, the horizontal component of the SIRGAS-Chile RGN consists of a set of Continuous Operation Reference Stations (CORS), providing daily GNSS data and official coordinates for the various uses of national development.

Chile, due to its special geographic situation, arising from its location and its long, narrow, and elongated territory has had to adopt, over time, various geodesic reference systems in accordance with the requirements of international organisations that support and promote geodesy. Moreover, since 1922, these reference systems have evolved due to substantial progress in technology, defining a RGN that is modern and precise at this time.

Key words: Geodetic Reference Frame – National Geodetic Network – Geodesy – Cartography – Photogrammetry – Reference System.

¹ Instituto Geográfico Militar, Universidad de Concepción.

INTRODUCCIÓN

La estructuración de la Red Geodésica Nacional (RGN) ha sido materializado por el Instituto Geográfico Militar y su Sección Geodésica desde 1922 y se ha caracterizado por mantener vigente la RGN, la que es el Marco de Referencia de todas las actividades geodésicas y representaciones cartográficas que se realizan en el país, contribuyendo a lo largo de su historia al desarrollo de la nación.

En sus inicios el marco de referencia se materializó mediante triangulaciones topográficas con el fin de georreferenciar los primeros levantamientos cartográficos o confección de planchetas, posteriormente se inicia el levantamiento regular del país apoyado por la Red Trigonométrica, generando una malla de vértices trigonométricos, a lo largo y ancho del país. Esta red fue ajustada utilizando los sistemas de referencia locales, tales como el Provisorio Sud Americano de 1956 (PSAD56), Sud Americano de 1969 (SAD69). Además el Astronómico Hito limítrofe N°XVIII fue establecido como Datum provisorio para la confección de la carta regular en la zona de Magallanes.

Entre los años 1980 y 1990 fueron tiempos de transición para el IGM, desde la geodesia tradicional a la geodesia satelital, en el uso de nuevos equipamientos geodésicos, con mediciones de puntos Doppler referenciados al Datum WGS-72 y, posteriormente, a inicios de los años 90, se materializó una red de GPS referida a WGS84, estructurada a lo largo del país en conjunto con organismos internacionales cuyo fin era analizar y estudiar la deformación de la corteza terrestre producida por los eventos sísmicos que sufre el país.



Imagen 1. Ubicación de los Datum locales adoptados por el IGM. Fuente: Sección Geodésica, año 2003. IGM.

En este contexto, la incorporación de sistemas satelitales en la implementación de redes nacionales permitió organizar una red continental única denominada inicialmente “Sistema de Referencia Geocéntrico para las Américas” (SIRGAS), permitiendo establecer desde 1993 las bases para estructurar una moderna Red Geodésica para América y Chile. A partir de entonces, el IGM ha debido adoptar las recomendaciones y acuerdos alcanzados permanentemente e indicados por SIRGAS para mantener una RGN robusta y vigente, materializando un marco de referencia contemporáneo, único y homogéneo; SIRGAS-Chile.

DATUM DE REFERENCIA SUDAMERICANOS ADOPTADOS EN CHILE

El Instituto Geográfico Militar, para ajustar su red de triangulación o trigonométrica empleó los Datum de referencia PSAD56 el que utiliza elipsoides de referencia; el Internacional de 1924 y SAD69 el sudamericano de 1969. La antigua Red Geodésica Nacional está compuesta por alrededor de 6.500 vértices trigonométricos de primer a tercer Orden geodésico, estos puntos poseen coordenadas y alturas, materializadas a lo largo y ancho del país, los que han dado el soporte geodésico a la elaboración de la cartografía oficial del país.

Datum PSAD56

Durante el año 1944, la Comisión de Cartografía del Instituto Panamericano de Geografía e Historia

(IPGH), organizó un comité de Geodesia con el fin de encontrar un Datum continental, que estuviera basado en un número adecuado de estaciones astronómicas unidas por una red de triangulación precisa. El punto Datum, finalmente se seleccionó en Venezuela, establecido en La Canoa en 1956, como punto de origen de la triangulación continental.

El Datum Provisorio Sudamericano del año 1956 (PSAD-56) fue utilizado por el IGM para georreferenciar la Cartografía Regular a escalas 1:50.000 y 1:100.000 del país, que cubre a Chile en el rango de coordenadas de 17° 30' - 43° 30' de latitud Sur.

Los países ubicados en el área sur de la región no aceptaban este punto Datum PSAD56 como origen de la triangulación continental, debido a que generaba inseguridad en las mediciones por su distanciamiento del área sur. Por tanto fue necesario un punto Datum ubicado en la zona central de América del Sur para uniformar los trabajos cartográficos del continente.

Datum SAD 69.

La definición del SAD 69 se materializó con el fin de determinar un Datum común para todos los países de América del Sur. La necesidad de su implementación fue presentada por el IPGH en 1946, donde se mencionó que el punto Datum debía considerarse en el centro del continente, en una zona que abarcara parte de los territorios de Argentina, Bolivia, Brasil y Paraguay, para disminuir los errores por propagación en las triangulaciones.

Finalmente, se estableció el Datum Geodésico Sudamericano del año 1969 en Chuá – Brasil, el que fue empleado por el IGM para elaborar la Cartografía Regular 1:50.000 desde los 43° 30' a los 56° de latitud sur, correspondiente a la zona sur austral del país.

Base Astronómica Hito limítrofe N° XVIII.

Al sur del paralelo 52°, en la zona de Magallanes, se estructuró una poligonal de puntos trigonométricos, que está referida a la Base Astronómica ubicada en el Hito Limítrofe N° XVIII, siendo un Datum provisorio local, que generó una red independiente para la zona austral. Fue aplicado en campañas para prospección de

yacimientos petrolíferos, inspección de la frontera Chile-Argentina y para la elaboración de la cartografía en la zona de Tierra del Fuego.

Cabe señalar, que, en el límite internacional entre Chile y Argentina, a excepción de la cordillera de Darwin, existen valores de coordenadas calculados por las Comisiones Mixtas de Límites de ambos países, teniendo como proyección de coordenadas las de Gauss Krüger, referidas al Datum Campo Inchauspe.

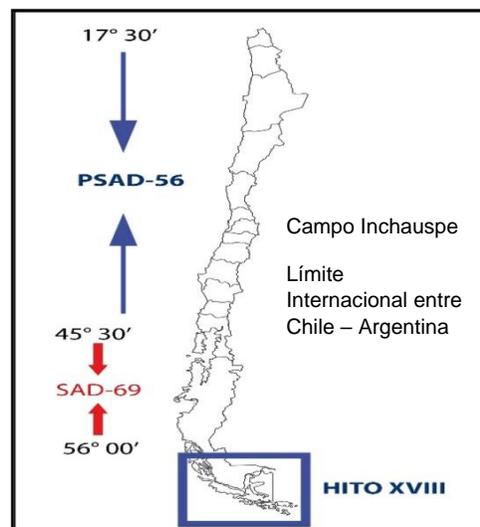


Imagen 2. Sistemas de referencia utilizados para la georreferenciación de la cartografía. Fuente: Sección Geodésica, año 2003. IGM.

ESTRUCTURACIÓN DE LA RED GEODÉSICA NACIONAL - GEODESIA CLÁSICA

Red Trigonométrica.

Para elaborar la cartografía regular del país fue necesario establecer puntos de control para su georreferenciación, por consiguiente, fue imprescindible estructurar y diseñar una red geodésica, de acuerdo a lo estándares e instrumentos de la época; la cual se estructuró a través de triangulaciones y bases geodésicas que se midieron directamente en el terreno, constituyendo el punto de partida en una serie de figuras geométricas.

Esta red se formó por cadenas de cuadriláteros, los cuales se conectaban a los lados conocidos o bases, así conociendo los ángulos interiores y los lados de un triángulo, por funciones trigonométricas se obtenían coordenadas. Las bases geodésicas se

medían por intermedio de distanciómetros y los ángulos, mediante reiteraciones que daban el Orden del punto trigonométrico, siendo de I, II, III y IV Orden geodésico.

En las proximidades de las bases geodésicas se realizaban observaciones astronómicas para determinar la longitud, latitud y orientación respecto al norte de la línea que formaba la base geodésica. Estas coordenadas se determinaban mediante la observación, con un instrumento astronómico, el Wild T4.



Imagen 3. Teodolito Wild T4 midiendo en base Púa Extremo Oeste, el que posee carpa abierta mostrando el T4. "Nótese los tabloncitos en el piso, para evitar las variaciones de nivelación del instrumento". Fuente: Memorias de Terreno 1964, Archivo Técnico, IGM.

La longitud se determinaba mediante el paso de estrellas por el meridiano del lugar. La latitud se obtenía a través de diferencias en la declinación de parejas de estrellas y el azimut, entre una marca terrestre y una estrella circumpolar a tiempo conocido. La cadena principal de triangulación consta de 48 estaciones astronómicas de Primer Orden, distribuidas desde los $17^{\circ} 30'$ hasta los 46° de latitud sur con una separación de $1^{\circ} 30'$ en latitud.

En el año 1961 se inicia la sustitución, en parte de la geodesia tradicional, ya que, en los métodos clásicos, las triangulaciones fueron reemplazadas

por las trilateraciones o poligonales electrónicas, en donde se medían las distancias en los lados de los polígonos a través de instrumentos electrónicos (distanciómetros), conservando la medición de ángulos por métodos tradicionales.

Este método se utilizó en la densificación de nuevos vértices trigonométricos y paralelamente en la vinculación de puntos para el apoyo cartográfico o estereoscópico, utilizando esta metodología hasta principio de los años 90.

Principales trabajos de triangulación y observaciones astronómicas.

La primera triangulación geodésica que se tiene registro en el IGM se inicia en el año 1893 con la medición de una red de triangulación topográfica entre Santiago y Batuco, con el fin de elaborar la primera carta del país "San Manuel", así como también el levantamiento a escala 1:25.000 del sector abarcado entre ambos puntos. Esto significó el inicio para la producción de la carta en toda la nación, donde se realizaron las primeras triangulaciones para contribuir a las necesidades topográficas de todo el territorio nacional. En los años siguientes se continuaron los trabajos hasta el río Cachapoal, midiéndose un total de dos bases.

En el año 1899 se inician los trabajos de triangulación geodésica con la medición de la Red Melipilla, que consta de 7 puntos, la cual se vinculó mediante dos triángulos, con el vértice ubicado en el Observatorio Astronómico de Santiago (Quinta Normal), donde se construyó un pilar de cal y ladrillos, cuyo centro se tomó como origen de las coordenadas. Para ejecutar esta triangulación se midió una base sobre la vía férrea entre las estaciones de Chiñihue y El Monte, además, se midió una nivelación de precisión de la Base entre sus extremos y su reducción al nivel del mar se realizó mediante una nivelación trigonométrica.

También se estructuró una red de triangulación de I orden entre el río Petorca y el río Maipo. Los resultados finales satisficieron las tolerancias de la época, en los diferentes órdenes de triangulación. Desde este periodo hasta el año 1946 se lograron 70.000 km² en sus diferentes órdenes, controlados a través de estacionamientos astronómicos.

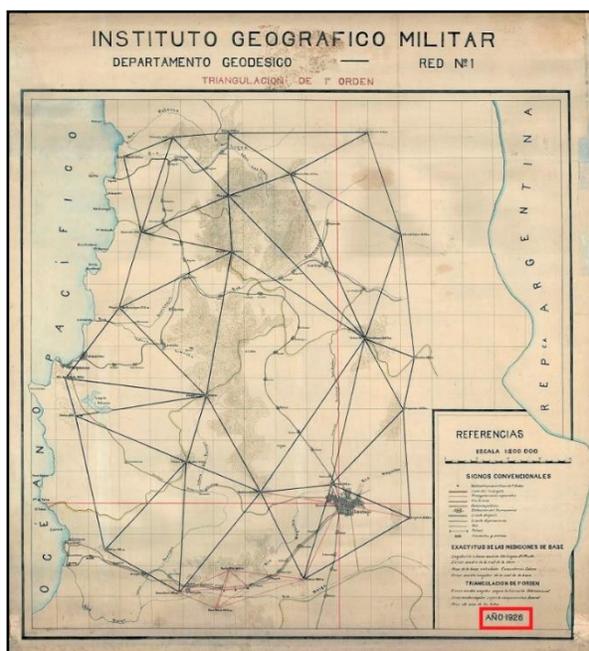


Imagen 4. Triangulación geodésica del año 1926.
Fuente: Archivo Técnico, año 1926. IGM.

Hasta 1946 el vértice astronómico, llamado Observatorio, constituyó el punto Datum de la cartografía del IGM, confeccionada mediante planchetas, con el origen de las coordenadas rectangulares conforme al sistema de coordenadas Gauss Krüger.

El 7 de marzo de 1947 se firmó un convenio importante entre los gobiernos de Chile y Estados Unidos para continuar el levantamiento aerofotogramétrico de toda la superficie del país. De dicho convenio y en lo concerniente a la presente investigación, se sintetiza lo siguiente:

1. Triangulación de I Orden: que consistía en cubrir el país con una cadena longitudinal de cuadriláteros con lados de avance no menores a 20 km, ni superiores a 60 km.
2. Bases geodésicas: Las bases se establecían para dar inicio a una triangulación de I Orden, y estas se distanciaban ± 3 grados de latitud.

3. Observaciones astronómicas: se materializaban en las proximidades de cada Base Geodésica con la determinación de azimut se realizaban sobre uno de los lados de la cadena de cuadriláteros.

Dicho convenio permitió un avance importante en la estructuración de la Red Geodésica Nacional; desde 1947 a 1955 la cadena principal de cuadriláteros estaba medida desde la frontera con el Perú hasta Coihaique, con interrupción en el fiordo de Aysén. La triangulación de I orden cubrió el país con una cadena de cuadriláteros con lados de avance entre 20 a 60 km, los puntos se ubicaban en las cimas de los cerros por la condición de íntervisibilidad y las bases geodésicas se distanciaron ± 3 grados de latitud, la RGN horizontal se fue materializando cerca de los principales poblados del país.

Entre 1955 y 1959 se midieron extensiones internacionales, creándose vinculaciones geodésicas con la República Argentina en el sector de San Pedro de Atacama, Ollagüe, Lonquimay entre otras y Chacalluta con Perú.

En 1963 se midió la extensión de I Orden en el sector de la laguna del Maule y en la zona de San Pedro de Atacama y Socompa, además, se midió un arco de triangulación de I Orden en el área.

Cabe mencionar que, en la provincia de Magallanes, entre los años 1961 y 1963, se midieron 63 vértices de I Orden mediante triangulaciones y sus distancias obtenidas por telurómetros. En el Hito XVIII se creó una base astronómica, la que fue establecida como Datum Provisorio, ubicado en la isla Tierra del Fuego, próximo al límite internacional con Argentina. Estos trabajos se ejecutaron en pleno invierno, utilizando dos helicópteros para el transporte del personal desde los campamentos a los puntos de observación; pese al viento, la lluvia y la nieve, las actividades no se vieron limitadas, lo que constituyó una valiosa experiencia para la época.

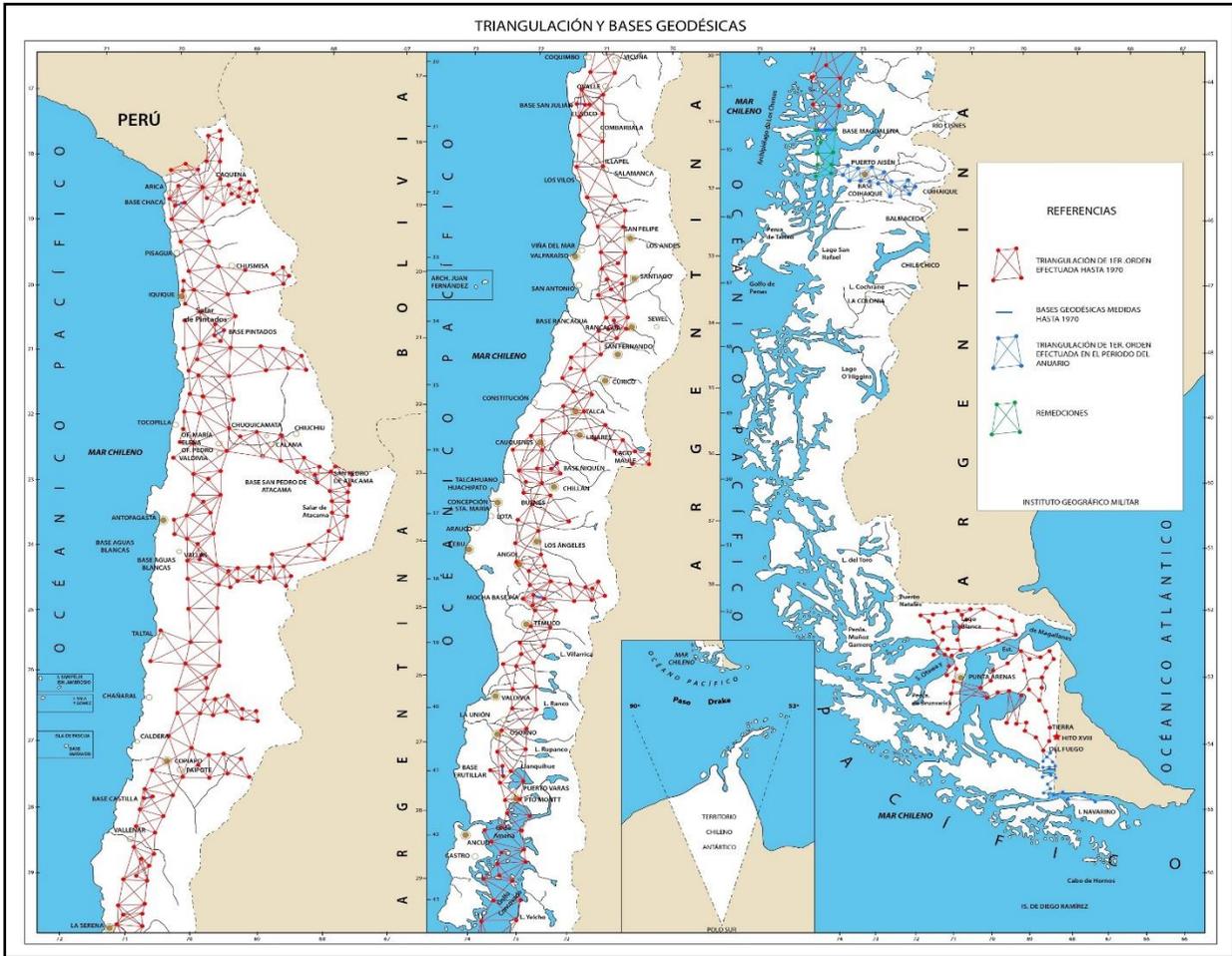


Imagen 5. Gráfico de la red Trigonométrica, Bases Geodésicas y Extensiones Internacionales, conformada entre 1947 y 1963 para dar apoyo aerofotogramétrico y elaborar la cartografía oficial del país. Además, poligonal telurométrica en la zona de Magallanes. Fuente: Mapoteca, Anuario N°9 1960-1965. IGM.

Instrumental geodésico utilizado para materializar la red trigonométrica.

El IGM, para estructurar la red trigonométrica, empleó una variedad de equipos geodésicos acorde a la época, utilizando entre los años 1947 y 1970, principalmente, los Wild y Zeiss, instrumentos de gran exactitud, que permitían leer ángulos en grados, minutos y segundos. En el caso de las trilateraciones que consistía en medir la distancia entre los vértices, se utilizaron telurómetros y distanciómetros electrónicos para la obtención de las distancias de los lados de los cuadriláteros.

A continuación, se detallan instrumentos utilizados en la etapa de geodesia tradicional o clásica:

1. Teodolitos:

El IGM utilizó estos instrumentos mecánicos ópticos angulares para el establecimiento de la RGN, generando una cadena de triangulaciones para densificar la red trigonométrica en sus distintos órdenes, para lo cual se emplearon diferentes tipos de teodolitos según el orden y precisión, desde teodolitos geodésicos de I orden hasta teodolitos topográficos para dar apoyo a la georreferenciación de la cartografía. A continuación, se detallan los teodolitos empleados por el IGM.

Teodolito azimutal "Max Hildebrandt", utilizado en el establecimiento de los primeros arcos individuales en que se dividió la zona central del país a comienzos del siglo XX.



Imagen 6. Teodolito azimutal "Max Hildebrandt" Utilizados para triangulaciones entre 1920 y 1940. Fuente. Sección Geodésica, IGM

Teodolito Wild T4, usado en las primeras, observaciones astronómicas, donde se determinaba el azimut, longitud y latitud de una base geodésica, para el inicio de las triangulaciones, conformando la red trigonométrica.



Imagen 7. Teodolito Wild T4. Fuente: Mapoteca - Sección Geodésica, IGM.

También, para las triangulaciones de I orden se utilizaron los teodolitos Wild T3, para los vértices

trigonométricos de II orden, el Wild T2 y para la vinculación de puntos de apoyo y vértices de III y IV orden, los teodolitos Zeiss Th2.



Wild T3 Wild T2 Zeiss Th2

Imagen 8. Distintos teodolitos utilizados por el IGM en las triangulaciones en sus distintos órdenes y sus respectivos avances. Fuente: Sección Geodésica, IGM.



Imagen 9. Giroscopio Wild T16, utilizado para determinar el norte verdadero entre los años 1975 al 1980. Fuente: Sección Geodésica, IGM.

2. Telurómetros y distanciómetros:

Para la medición de los lados de los cuadriláteros, se usaba la trilateración, donde se medía la distancia entre vértices de la RGN con un master y un rover, con el fin de determinar alturas trigonométricas. Se utilizó en la densificación de nuevos vértices trigonométricos y paralelamente, en la vinculación de puntos estereoscópicos hasta principios de los años 90, utilizando 3 tipos de telurómetros y distanciómetros, entre los cuales podemos mencionar: Telurómetro MRA-1 y

distanciómetros ELDI 1 y SIAL; se utilizaron en las trilateraciones para la materialización de poligonales geodésicas.

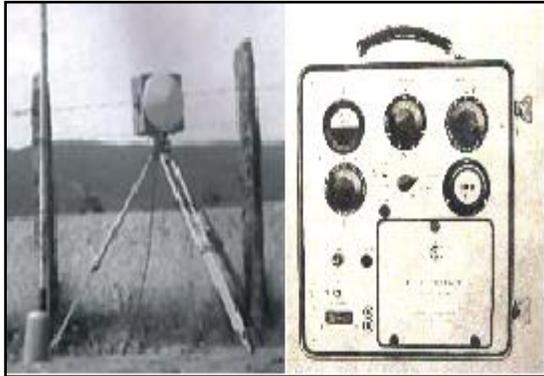


Imagen 10. Telurómetro MRA-1. Fuente: Sección Geodésica, IGM.



Imagen 11. Distanciómetro SIAL, la distancia de medición llegaba a los 40 km. Fuente: Sección Geodésica, IGM.



Imagen 12. Distanciómetro ELDI 1, medida 5 km. con prismas TR16. Fuente: Sección Geodésica, IGM.

3. Monolitos y señales:

La RGN clásica estaba materializada por monolitos monumentados físicamente, los cuales consistían en pilares de concreto que llegaban a medir 1 metro de alto para pilares de I Orden o bases geodésicas, los que poseían su respectiva monografía o ilustración del lugar y su ubicación.

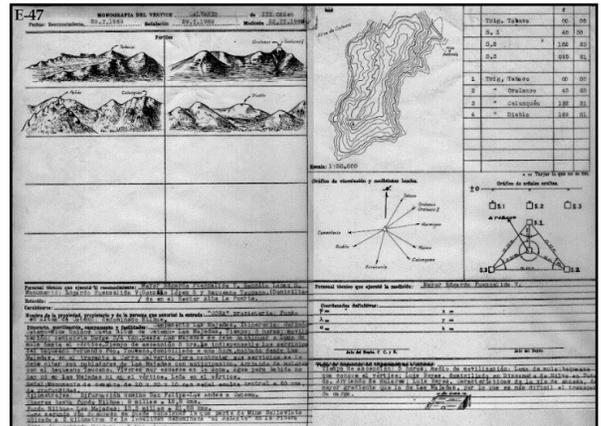


Imagen 13. Monografía antigua de vértices trigonométricos. Fuente: Archivo Técnico, trigonométrico Calvario, III Orden, año 1969. IGM.

Para los vértices de II y III Orden generalmente eran monolitos de concreto de 30 x 30 x 40 cm, con un tubo de fierro al centro de 3 pulgadas de diámetro, para fijar banderas de tipo doble (rojo y blanco).



Imagen 14. Pilares trigonométricos de I orden. Fuente: Sección Geodésica, IGM.



Imagen 15. Banderas de tipo doble (rojo y blanco), logran apreciarse hasta los 20 km con el Teodolito. Fuente: Sección Geodésica, IGM.

También para triangulaciones nocturnas se usaban lámparas de señales que buscaban establecer la distancia entre los pilares trigonométricos, constituidas por una ampolleta de alta luminosidad y un espejo curvo detrás de ella que reflejaba y concentraba la luz hacia la dirección deseada.



Imagen 16. Lámpara utilizada para señalar vértices geodésicos en trabajos nocturnos. Fuente: Sección Geodésica, IGM.

ESTRUCTURA DE LA RED BÁSICA DE GPS – GEODESIA SATELITAL

Los inicios de la Geodesia Satelital en Chile se remontan a fines de los años 70 con el uso del Sistema Satelital Transit, basado su funcionamiento en el efecto Doppler, bajo el modelo elipsoidal WGS72. El IGM materializó de forma experimental una red de puntos “Doppler”, que consistió en obtener coordenadas bases, ubicada en el sector de Coyhaique y Magallanes con el fin de elaborar cartografía 1:50.000 en la

zona austral, utilizando georreceptores de la línea Magnavox modelo MX 1502. Este trabajo se ejecutó en siete campañas entre los años 1976 y 1980, donde se materializaron aproximadamente 200 puntos y tuvo resultados de carácter preliminar.



Imagen 17. Georreceptor Magnavox 1502, consistía en un receptor/procesador de 19 kg y una antena preamplificadora de 7.7 kg, la que recibía señales del Sistema satelital TRANSIT. Fuente: Sección Geodésica.

Posteriormente, a fines de la década de 1980, el IGM inicia el uso del nuevo sistema Navstar - GPS (Navigation Satellite Timing and Ranging System – Global Positioning System).

Primeros proyectos GPS en Chile

La gran actividad tectónica que afecta a Chile, debido a los movimientos de las placas de Nazca y Continental sudamericana, provocó el interés de la comunidad científica internacional en el estudio y desarrollo de proyectos geodinámicos, apoyados con la tecnología del Sistema de Posicionamiento Global (GPS), de ese entonces, hoy Sistema Global de Navegación por Satélite (GNSS). Durante los inicios del año 1990 se establecieron consecutivamente dos proyectos internacionales con la finalidad de establecer una red de control de puntos GPS en la zona norte del país que midieran de forma frecuente el desplazamiento horizontal de las placas. Estos proyectos fueron; Andes Centrales y Actividades Geodinámicas Sud Americanas.

PROYECTOS ANDES CENTRALES.

En 1992 junto al Consorcio de Universidades Norteamericanas (UNAVCO), la Universidad de Memphis, la Universidad de Hawái y el IGM, inician el “Central Andes Project” (CAP), que tiene como objetivo estudiar las deformaciones horizontales y verticales de la cordillera de los Andes producido por los movimientos tectónicos, mediante la monumentación de una red de puntos GPS de control, materializada en el mismo año, desde el lago Chungará hasta Puerto Montt y contempló la determinación de 63 puntos GPS.

En 1993 durante los meses de febrero y marzo, se desarrolla la primera campaña de medición para estos puntos, en ello se ocuparon 20 georreceptores Trimble 4000 SSI, de doble frecuencia. Las mediciones eran de 7 días consecutivos en cada estación, cuyos datos eran ingresados al centro de datos UNAVCO y abierto a toda la comunidad científica. Se obtuvieron coordenadas para los 63 puntos, las que pasaron a incrementar el banco de datos de la Red Geodésica Nacional del IGM de ese entonces. Para el Instituto Geográfico Militar fue el inicio de establecer una Red Básica GPS para Chile con el propósito de estructurar un marco de referencia geodésico a lo largo del país sustentando con tecnología satelital.

En febrero de 1994, el IGM, ante la necesidad de cubrir la totalidad del territorio nacional con vértices GPS, inicia una comisión con la idea de extender la red GPS a todo el extremo sur del país, desde Puerto Montt hasta Cabo de Hornos, tanto en la zona insular como continental. En esta oportunidad se midieron 30 puntos GPS, de las cuales 19 fueron monumentados y medidos a la vez, en zonas adversas y de difícil acceso. El acceso fue por medios marítimos y aéreos, el tiempo de operación en cada punto fue de 3 días, donde los operadores del Área Terreno de la Sección Geodésica levantaban campamento en zonas y climas desfavorables.

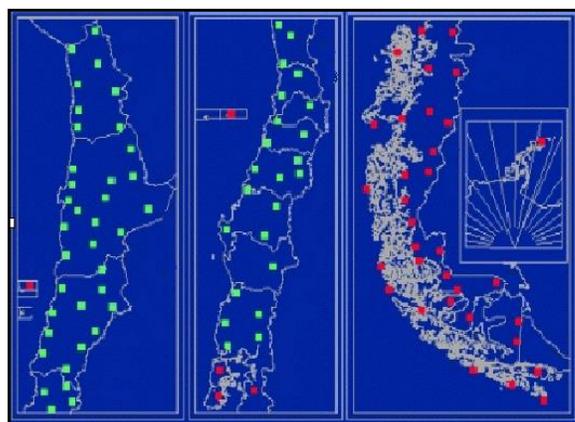


Imagen 18. Red CAP año 1992 – 1994.

- Puntos GPS monumentados en año 1992
- Puntos GPS monumentados en año 1994

Fuente: Sección Geodésica, año 1998. IGM.

PROYECTO ACTIVIDADES GEODINÁMICAS SUD AMERICANAS.

Otro gran proyecto orientado al estudio geodinámico del país, fue del gobierno alemán por intermedio del Geoforschungs Zentrum Potsdam (GFZ) y dada la experiencia alcanzada en el proyecto CAP por el IGM, se inicia el desarrollo de un proyecto con similares características que el anterior. El proyecto South American Geodynamic Activities (SAGA), tiene como objetivo estructurar una Red GPS de relevancia en el territorio nacional con fines geodinámicos, aplicando el Sistema de Posicionamiento Global para obtener valores de desplazamiento tectónico de esta red.

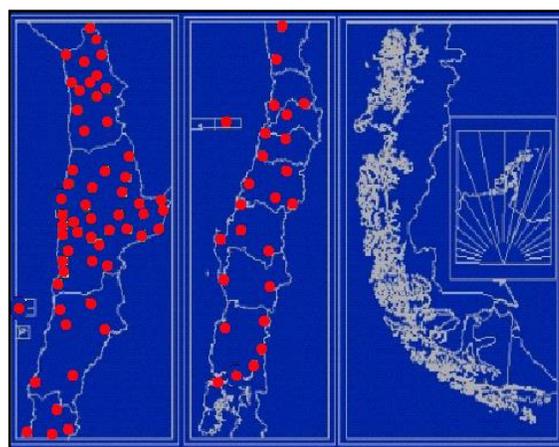


Imagen 19. Red SAGA 1994. Fuente: Sección Geodésica, año 1998. IGM.

En definitiva, los años 1993 y 1994 marcaron un hito importante para el IGM y su desarrollo en la Geodesia Satelital, ya que se materializó la estructura de la primera Red GPS del país. Inicialmente se logró materializar aproximadamente 180 puntos entre los dos proyectos. Un gran logro considerando lo extenso, la variedad de climas y la complejidad de acceso en la zona austral.

Densificación de la Red Básica GPS: campañas SAGA y CAP

Uno de los objetivos establecidos para los proyectos CAP y SAGA fue el remedir los vértices monumentados con una frecuencia de dos años, a modo de obtener velocidades de desplazamiento en la corteza terrestre; 1995-97-98-99 fueron los años donde se ejecutaron estas campañas, además de densificar esta red.

El equipo técnico fue proporcionado por las entidades de Alemania y EE.UU., correspondiendo a georreceptores Trimble 4000 SSI y Asthesch Z-12, respectivamente; la información almacenada en cada sesión o punto medido fue respaldada a través de diskette por una comisión especial, cuya función era bajar los datos a un PC móvil.

Cada proyecto poseía distintas especificaciones técnicas de medición; el proyecto CAP era mediante anclaje de cadenas que mantienen tenso el vástago, ubicando su parte inferior en el pin empotrado a roca madre y en su parte superior era atornillada la antena GPS Choke Ring.



Imagen 20. Anclaje Tech 2000 con antena Choke Ring y pin utilizado por CAP, el que se empotraba en roca madre a ras de suelo. Fuente: Sección Geodésica, IGM.



Imagen 21. Equipo Astesch Z-12 utilizados por CAP. Fuente: Sección Geodésica, IGM.

El proyecto SAGA utilizaba una base, que era nivelada sobre el punto, donde la antena GPS Ground Plane se atornillaba directamente en la placa, empotrada en roca madre o pilar.



Imagen 22. Placa tipo SAGA empotrada y antena atornillada directamente sobre base, que era nivelada directamente sobre el punto. Fuente: Sección Geodésica, IGM.



Imagen 23. Equipo Trimble 4000 SSI con Antena Doble Frecuencia Ground Plane utilizado por el proyecto SAGA. Fuente: Sección Geodésica, IGM.

El tiempo de ejecución de las campañas de medición CAP y SAGA fue de 30 días aproximadamente, donde se medía un total de 80 a 90 puntos divididos por lo general en 9 o 10 grupos de 2 personas. Cada punto era observado en sesiones de medición de 48 o 60 horas y estaban distanciados en más o menos 50 km. Estas comisiones se planificaban por zonas Ej.: Zona Norte, Zona Centro Sur y Zona Austral. En cada campaña se medía una zona del país en forma de barrido, donde un equipo hacía la función de estación Máster, que vinculaba la sesión anterior y posterior, los restantes equipos eran estaciones móviles en cada sesión de medición.

Las campañas de medición CAP y SAGA se ejecutaron entre los años 1994 y 2003 las que permitieron seguir densificando la red básica GPS, llegando a un total de 340 puntos, desde Visviri a Cabo de Hornos, permitiendo estructurar una Red Básica de GPS a lo largo del país.

SISTEMA DE REFERENCIA GEODÉSICO PARA LAS AMÉRICAS, SIRGAS

SIRGAS surgió como proyecto ambicioso en la Conferencia Internacional realizada en 1993 en Asunción-Paraguay, a la que se convocó a las siguientes instituciones: Asociación Internacional de Geodesia (IAG), Instituto Panamericano de Geografía e Historia (IPGH) y la Defence Mapping Agency (DMA) de los Estados Unidos hoy la National Geospatial-Intelligence Agency (NGA). Inicialmente SIRGAS se denominó; Sistema de Referencia Geocéntrico para América del Sur.

El objetivo de esta reunión fue establecer que SIRGAS permitiera interconectar las redes GPS de cada país sudamericano y reemplazar la variedad de sistemas geodésicos adoptados por los diferentes países del cono sur, los que dificultaban la solución de problemas, como, por ejemplo, determinar coordenadas homogéneas a un sistema de referencia único de los hitos limítrofes que definen el límite internacional, entre otros.

En el año 2001 debido a la integración total de los países de América que adoptaron este sistema de referencia se denominó; Sistema de Referencia Geocéntrico para las Américas. Actualmente el propósito de SIRGAS se desarrolló en resolver y definir un sistema de referencia físico único para la gravimetría, alturas físicas y geoide, generando un cambio en su denominación desde el año 2020 a

Sistema de Referencia Geodésico para las Américas.

El Proyecto SIRGAS, se constituyó en una de las iniciativas más ambiciosas desarrolladas multilateralmente en cualquier lugar del mundo, no solo por la alta calidad científica y técnica de sus resultados, sino también porque agrupaba una gran cantidad de países que coordinadamente trabajaban por un objetivo común.

El comité del proyecto lo componía un representante de cada país del continente. Chile, como país sudamericano fue representado en la reunión de Asunción por el Instituto Geográfico Militar, asumiendo todas las responsabilidades de dicho proyecto.

Los objetivos iniciales de SIRGAS fueron:

- Definir un Sistema de Referencia para América del Sur.
- Establecer y mantener un marco de referencia acorde con la tecnología GPS o GNSS.
- Definir y establecer un Datum Geocéntrico homogéneo y moderno, considerando los estándares geodésicos internacionales vigentes de la época.

Materialización de SIRGAS

La primera campaña de medición se realizó en mayo y junio de 1995, mediante observaciones GPS en 58 estaciones distribuidas en los 11 países del Cono Sur, durante 10 días continuos de medición. En Chile, 7 fueron las estaciones medidas: Iquique, Copiapó, Valparaíso, Concepción, Puerto Montt, Coihaique y Punta Arenas. El procesamiento de los datos se llevó a cabo en el Instituto Alemán de Investigaciones Geodésicas (DGFI) y la National Imagery and Mapping Agency (NIMA) utilizando los softwares Bernese 3.4 y GIPSY-OASIS II, respectivamente. Ambos softwares son de tipo científico y de gran precisión, los que permiten llevar un mayor control en las variables de un procesamiento de tipo GNSS. Las coordenadas definitivas de este nuevo Datum horizontal fueron entregadas en 1997, referidas al ITRF 94 época 1995.4, durante la Asamblea de la Asociación Internacional de Geodesia (IAG), efectuada en Río de Janeiro.

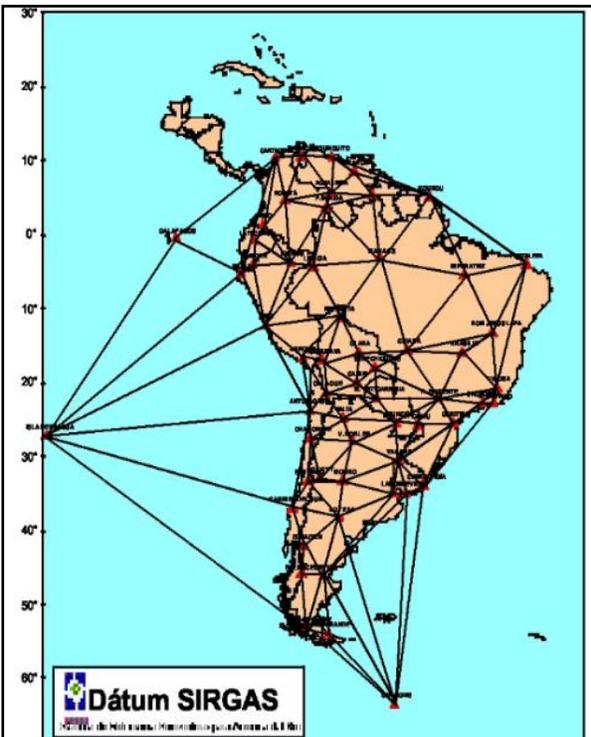


Imagen 24. Medición de las 58 estaciones en Sudamérica. Fuente: Sección Geodésica, año 1996. IGM.

La segunda campaña SIRGAS se realizó en mayo de 2000, denominada SIRGAS 2000, en la cual se aumentó a 184 estaciones, por la inclusión de estaciones GPS en mareógrafos, con el fin de integrar la altura elipsoidal como componente del sistema de referencia vertical de cada país. Además, la medición de SIRGAS 2000 se extendió por el caribe, América central y América del norte.

SIRGAS 2000 también buscó aportar datos que permitieran evaluar las velocidades tectónicas de los puntos que definían el marco de referencia, dado que las mediciones fueron realizadas por todo el continente americano, motivo por el cual pasó a denominarse “Sistema de Referencia Geocéntrico para las Américas”, SIRGAS.

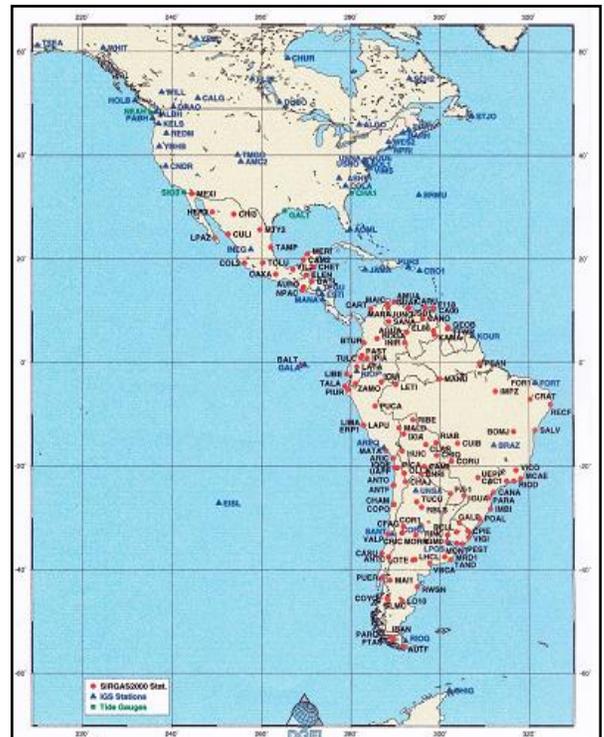


Imagen 25. Medición SIRGAS 2000 para las Américas. Fuente: Sección Geodésica, año 2002. IGM.

NECESIDAD PARA EL IGM MODERNIZAR Y HOMOGENIZAR EL SISTEMA DE REFERENCIA NACIONAL.

Debido a los diversos sistemas de referencia geodésicos clásicos y globales, adoptados por Chile y los diferentes países sudamericanos, además de contar con la materialización del proyecto SIRGAS y sus recomendaciones de adoptar un sistema de referencia geocéntrico único, el IGM tuvo el propósito de homogenizar y modernizar su Red Geodésica Nacional acorde a los estándares vigentes de la época, utilizando el marco de referencia creado con la definición de SIRGAS 2000, conforme al compromiso adquirido por cada país de densificar sus redes internas.

En el año 2001, el IGM inició el proyecto de modernización y homogenización de la Red Geodésica Nacional horizontal, estructurando un nuevo marco de referencia geodésico, RGN SIRGAS-Chile

Los objetivos iniciales de SIRGAS-Chile.

- Considerar la solución SIRGAS 2000 como prioridad para el nuevo Datum geodésico nacional.
- Reemplazar los antiguos sistemas locales de referencia geodésicos vigentes en la cartografía nacional. (PSAD56 y SAD69).
- Elaborar la cartografía nacional con el nuevo marco de referencia.
- Obtener parámetros de transformación con los distintos Datum locales adoptados en Chile para la elaboración de la cartografía nacional.
- Generar un marco de referencia geodésico útil para el monitoreo de la deformación y dar soporte a la georreferenciación de los usuarios.

Estructuración de la RGN SIRGAS-Chile

El Instituto Geográfico Militar permanentemente ha estado actualizando su marco de referencia nacional acorde a las nuevas tecnologías y estándares internacionales. Por este año 2001, se generó el Proyecto de modernizar y homogenizar la Red Geodésica Nacional, utilizando el marco de referencia SIRGAS 2000, conforme con ello al compromiso adquirido por cada país de densificar sus redes internas.

A continuación, se detallan las fases de este Proyecto.

1. Las observaciones: campañas de medición año 2001:

De forma inicial, el nuevo marco de referencia geocéntrico se estructuró con 179 vértices geodésicos a lo largo del todo el país, pertenecientes a la Red Básica GPS y a la Red Trigonométrica. Estos fueron medidos en 3 campañas de terreno. Sector Norte desde Visviri hasta la Región de Coquimbo ($17^{\circ} 30' - 30^{\circ} 00'$), la segunda se denominó Centro Sur, desde la Región de Coquimbo hasta Quellón ($30^{\circ} 00' - 43^{\circ} 00'$) y la tercera campaña comprendió la Zona Austral del país ($43^{\circ} 00' - 56^{\circ} 00'$).

El procedimiento de medición se realizó mediante el avance de los grupos por fase, que conformaban un bloque de 10 vértices medidos; posteriormente, al pasar al siguiente bloque, avanzaban la cantidad de 8 grupos quedando los otros 2 en el bloque anterior, así, de esta manera siempre entre cada bloque existían dos estaciones comunes, las que sirvieron de enlace para los puntos medidos entre cada bloque, realizándolo sucesivamente. Las estaciones comunes utilizadas fueron de las redes CAP, SAGA y SIRGAS, debido a su mayor precisión y confiabilidad en el cálculo.

En cada bloque se realizaban mediciones de 48 horas a los puntos de la red básica GPS, existiendo un periodo de traslado máximo de 24 horas. Los parámetros de medición utilizados fueron los siguientes: Máscara de elevación 10° ; intervalo o época de medición 30 s., mínimo de 04 satélites por sesión. Los datos almacenados en los receptores fueron respaldados en un computador portátil, además de efectuar un respaldo de datos cada dos sesiones en campamento central con todos los equipos.

Debido a la inaccesibilidad de algunos vértices trigonométricos importantes en la estructuración de la nueva red y con el objeto de obtener parámetros de transformación, fue necesario apoyar a las actividades de medición con equipos y material logístico externo, considerándose la contratación de: helicópteros, baqueanos, mulares, auxiliares de terreno, transbordadores y otros.



Imagen 26. Pilar de la antigua red trigonométrica medido con GNSS en las campañas de medición, para la obtención de parámetros de transformación entre Datum locales y SIRGAS. Fuente: Sección Geodésica, IGM.

2. La densificación:

Al año siguiente, en agosto del 2002, continuaron las mediciones con el propósito de densificar la red; su objetivo era robustecer sectores donde había vacíos en la red. Además, se crearon puntos de uso público, de fácil acceso, que fueron ubicados cercano a las principales ciudades y poblados del país. En esta campaña se densificó un total de 54 puntos, llegando a obtener un total de 410 vértices de alta precisión en la RGN.

La Red SIRGAS-Chile se fue densificando con la colaboración de organismos públicos y privados que fueron materializando sus propios vértices por la necesidad de vincular sus proyectos cartográficos, topográficos y geodésicos a esta nueva red. Finalmente, la Red SIRGAS-Chile se estructuró con un total de 450 puntos medidos, entre los años 2000 y 2002.

3. El cálculo: procesamiento de las observaciones para la Red SIRGAS-Chile:

La fase de procesamiento y ajuste fue realizada por la Sección Cálculo del Departamento Geodésico de aquel entonces, utilizando el software Bernese V4.2; la época de ajuste fue fijada al año 2002.0, utilizando el Elipsoide Geodetic Reference System 1980 (GRS 80), siendo el más usado a nivel mundial para plataformas de referencias debido a su pequeña variación en el factor dinámico de la deformación, y que en sentido práctico para la georreferenciación de cartografía es el mismo al denominado WGS 84, dado que sus constantes son casi idénticas, teniendo diferencias solo en la obtención de coordenadas que se dan entre latitudes con variación de $0,00003''$ de arco, que representa 0,1 mm.

En definitiva, la Red SIRGAS-Chile quedó materializada con un total de 450 vértices, fijada a la época de ajuste 2002.0, con coordenadas referidas a SIRGAS ITRF 2000 y parámetros elipsoidales GRS 80.

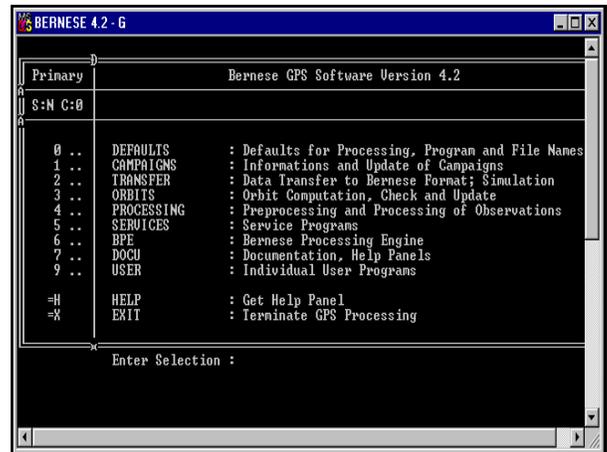


Imagen 27. Pantallazo del software BERNESE 4.2., utilizado para el cálculo y ajuste de la red SIRGAS-Chile. Fuente: Sección Geodésica, IGM.

Periodo de transición: incompatibilidad entre los datum clásicos terrestres y SIRGAS-Chile.

Con la adopción de este nuevo Sistema de Referencia Geocéntrico, en el año 2002 se inicia un período de transición en el cual se reemplazaron los Sistemas de Referencia Geodésicos clásicos y vigentes en la cartografía nacional, donde el Datum PSAD-56 era utilizado para la cartografía regular a escala 1:50.000 desde los $17^{\circ} 30'$ a los $43^{\circ} 30'$ de latitud sur del país, y el Datum SAD-69 empleado desde los $43^{\circ} 30'$ a los 56° de latitud sur, correspondiente a la zona sur austral. Durante este periodo se puso a disposición de los usuarios, parámetros de transformación de coordenadas entre Sistemas de Referencia Clásicos y SIRGAS-Chile, obtenidos bajo el modelo de Molodensky con una precisión de ± 5 metros. Con ello, el IGM se comprometió en mantener vigente la información de los sistemas de referencia utilizados, proporcionando así una cartografía reeditada con el nuevo sistema de referencia SIRGAS-Chile, quedando enunciado en los bordes de cuadrículas con los valores de la grilla en PSAD-56 o SAD-69, según corresponda en color azul.

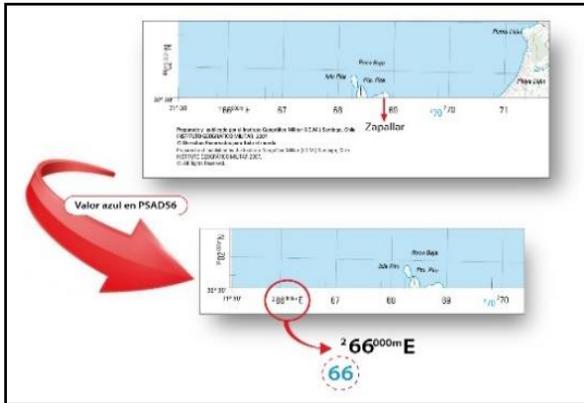


Imagen 28. Esquina de carta IGM en periodo de transición, con sistemas locales y SIRGAS-Chile. Fuente: Sección Geodésica, IGM.

Situación inicial de SIRGAS-Chile

En el año 2002 el IGM adopta oficialmente la RGN SIRGAS-Chile, como nuevo marco de referencia, para su propio uso y de toda la comunidad en los distintos campos de aplicación para el desarrollo nacional.

Esta red, inicialmente se conformó por 3 subredes. La Red Permanente y Activa, Red Básica GPS y la Red de Densificación.

1. Red Permanente Y Activa:

Las Estaciones Activas Fijas (EAF), como se denominaron de forma inicial, permitieron calcular continuamente coordenadas sobre la superficie terrestre para observar de manera constante la deformación del nuevo Marco de Referencia, debido a su funcionamiento de transmitir los datos observados en tiempo real, las 24 horas del día y los 365 días del año. Esta Red se estructuró con 25 EAF.

Esta Red Activa permitió, además, el monitoreo de deformaciones co-sísmico y post-sísmico de la corteza terrestre y el cálculo de velocidades de los eventos sísmicos entre 1995 y 2015.

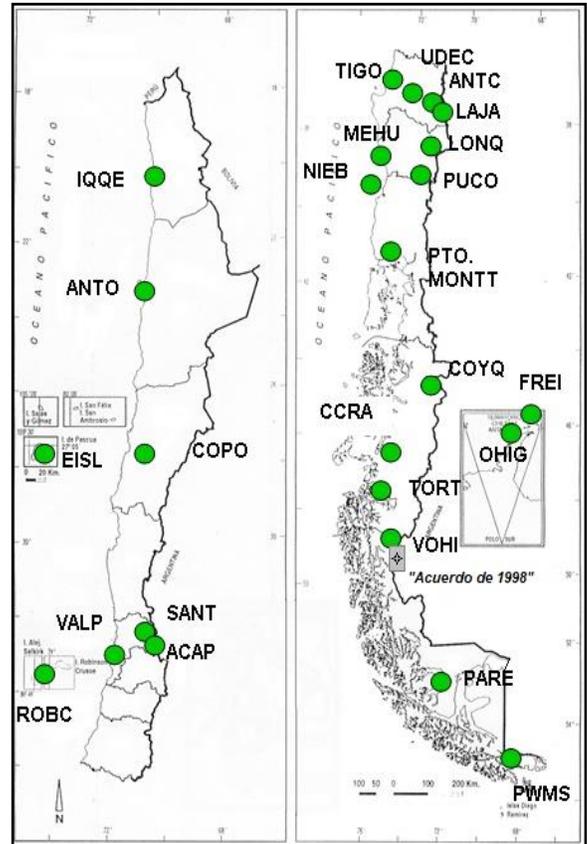


Imagen 29. Gráfico con ubicación de las primeras 25 Estaciones Activas Fijas que conformaron la red SIRGAS-Chile. Fuente: Sección Geodésica, año 2005.IGM.

2. Red Básica GPS:

Esta red fue conformada mayoritariamente por puntos monumentados en los proyectos geodinámicos CAP y SAGA a lo largo del país, con el fin de georreferenciar la cartografía y dar cobertura para vincular proyectos según necesidad de usuario. Además, esta red permite seleccionar una cantidad de puntos a lo largo y ancho del país, los cuales fueron remedidos cada dos años, hasta el año 2019 con el fin de conocer la variación y obtener intervalos de cambio en velocidades y desplazamientos, generando así nuevas épocas de ajuste para la Red SIRGAS-Chile, permitiendo una vigencia importante para el estudio de entidades científicas internacionales y un desarrollo constante para el mundo científico nacional.

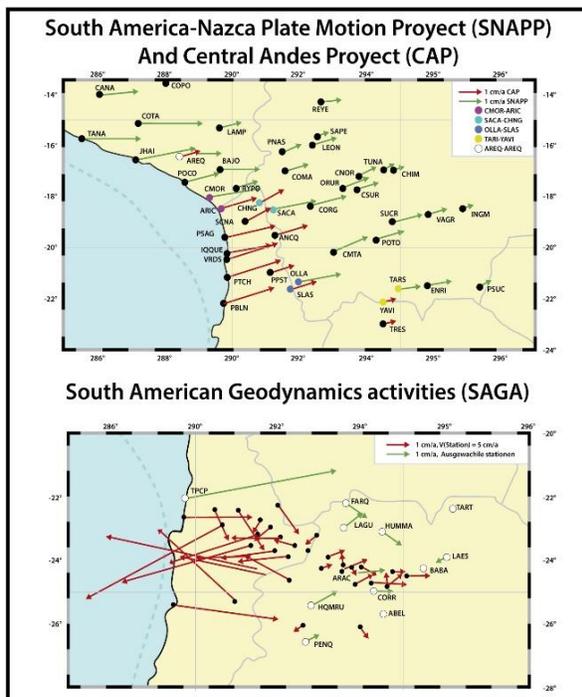


Imagen 30. Deformación de la placa tectónica por observaciones geodésicas a la Red Básica GPS. Fuente: Sección Geodésica, año 1996. IGM.

3. Red de Densificación:

La vigencia de cualquier sistema de referencia está marcada por su utilización. El objetivo principal de esta red de densificación es mantener actualizado y vigente el Sistema de Referencia SIRGAS-Chile. Su propósito fue ir densificando y cubriendo aleatoriamente todo el territorio nacional con vértices, que no superen aproximadamente un

radio de ± 50 km de separación, a objeto de entregar un mejor apoyo a proyectos ejecutados por la geodesia satelital, ya sea a instituciones públicas y privadas como a solicitudes de usuarios comunes.

Además, se estableció que cualquier persona natural o empresa que deseara georreferenciar su proyecto o materializar un punto de apoyo, cooperaría a densificar la RGN SIRGAS-Chile, por ende, mantendría vigente este sistema de referencia para su uso.



Imagen 31. Monolito IGM, ubicado en el frontis del IGM-Chile. Símbolo de la densificación de la red SIRGAS-Chile. Actualmente aún es utilizado por usuarios que vinculan sus proyectos a esta red y sus coordenadas se encuentran disponible en www.sirgaschile.cl. Fuente: Sección Geodésica, año 2005. IGM.

Densificación de la red SIRGAS-Chile en el Territorio Chileno Antártico.

En el año 1992 el Instituto Antártico Chileno (INACH) y el IGM firman un convenio para elaborar cartografía en el Territorio Chileno Antártico. Con este proyecto se pretende realizar cartografía digital y en papel a escala 1:50.000 o mayores. La zona escogida para la elaboración de esta cartografía corresponde al sector de las islas Shetland del Sur, al norte de la Tierra de O'Higgins y a la zona de Patriot Hills pertenecientes al cordón de montañas Ellsworth, en la latitud 80° sur, zona de alto interés científico.

En el año 2004, se realizó una expedición científica al Polo Sur, cívico militar, en conjunto con el Centro de Estudios Científico de Valdivia (CECS) y el Ejército de Chile, cuyo objetivo fue realizar una

travesía geocientífica en un camión motorizado desde Patriot Hills, latitud 80° sur hasta los 90°, Polo Sur.

Esta expedición comprendió personal del IGM que conformó un grupo de apoyo geodésico en la Base Polar Teniente Parodi de la Fuerza Aérea de Chile ubicada en Latitud 80°, sector Patriot Hills, cuyos objetivos logrados fueron de vincular los vértices ya existentes a la red SIRGAS-Chile, midiendo cada punto con estándares de 48 horas UTC; además de aprovechar una mayor densificación con nuevos vértices, que también fueron incorporados al nuevo marco de referencia. De esta manera el IGM estructuró una de las redes más extensas del mundo, que va desde los 17° 30' de latitud sur (Visviri) territorio continental hasta los 80° de latitud sur, sector Patriot Hills, Territorio Chileno Antártico.



Imagen 32. Red de puntos medidos con estándares SIRGAS en Territorio Chileno Antártico. Fuente: Sección Geodésica, año 2005. IGM.

Proyectos de densificación ejecutados con el nuevo marco de referencia SIRGAS-Chile por parte del IGM.

El IGM, como organismo oficial en la elaboración de la cartografía nacional, ejecutó el apoyo geodésico para elaborar la cartografía 1:50.000 de toda la zona austral, utilizando este nuevo sistema de referencia. Entre los años 2003 y 2006 se llevaron a cabo, en conjunto con el Servicio Hidrográfico y Oceanográfico de la Armada (SHOA), las campañas geodésicas comprendidas desde el Golfo de Penas (47° 30') hasta las islas Diego Ramírez (56° 30'); las que fueron realizadas a bordo del buque rompe hielos AP. "Almirante

Óscar Viel". Los puntos estereoscópicos fueron vinculados por vértices de la RGN y medidos por el personal del área terreno del IGM, utilizando medios de transporte como helicópteros y botes tipo Zodiac.

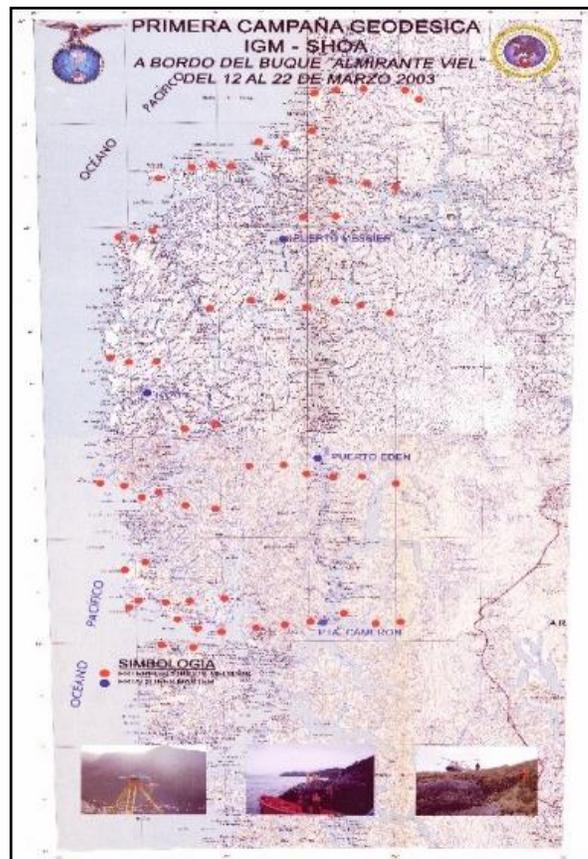


Imagen 33. Primera campaña geodésica de medición de puntos estereoscópicos o de apoyo para elaborar la cartografía con el nuevo marco de referencia. Fuente: Sección Geodésica, año 2003. IGM.

Entre otros logros alcanzados por el IGM, está la publicación de la cartografía con el nuevo marco de referencia, SIRGAS-Chile, velando por dar cumplimiento a su misión como referente oficial del Estado de mantener actualizada la cartografía nacional, desde el punto de vista de georreferenciación. Esto permitió generar una base de datos georreferenciada, para el acceso a usuarios que soliciten mapas por zonas específicas, dejando obsoleto el uso de hojas que se empleaban hasta ese momento.

CUADRÍCULA.....	1.000 METROS UTM ZONA 19, ELIPSOIDE GRS80 (LÍNEAS NUMERADAS EN NEGRO)
	1.000 METROS UTM ZONA 19, ELIPSOIDE INTERNACIONAL 1924 (TRAZOS NUMERADOS EN AZUL)
PROYECCIÓN.....	UNIVERSAL TRANSVERSAL DE MERCATOR
SISTEMA DE REFERENCIA.....	SIRGAS (WGS84)
ELIPSOIDE.....	GRS80
DATUM GEOCÉNTRICO.....	ITRF 2000
DATUM VERTICAL.....	NIVEL MEDIO DEL MAR
CLASIFICACIÓN DE TERRENO.....	IGM, CHILE, 1963
IMPRESO POR.....	IGM, CHILE, TT.GG. 09-2003

Imagen 34. Información marginal de la carta con nuevos datos geodésicos de referencia. Fuente: Sección Geodésica, IGM.

Por otra parte, también se realizó la modernización y vinculación de redes locales a diferentes entidades, ya sean públicas o privadas, las que también efectuaron su migración a SIRGAS- Chile. Entre otros proyectos ejecutados por parte del IGM, podemos mencionar los siguientes:

- CODELCO Chile. Mina El Teniente: se modernizó vinculando sus redes locales al nuevo marco de referencia.
- BHPilliton, Minera Spencer: monumentación y vinculación de redes locales al nuevo marco de referencia.
- Centro de Información de Recursos Naturales (CIREN): apoyo fotogramétrico con vinculación al nuevo marco de referencia para la elaboración de Ortofoto con imágenes satelitales, en las regiones de Atacama, Coquimbo y Valparaíso.
- Levantamiento catastral para la elaboración de Sistema de Información Geográfico (SIG) a diferentes comunas del Gran Santiago, georreferenciados al nuevo Marco de Referencia.

La Red SIRGAS-Chile ha venido adoptando a través del tiempo diferentes marcos de referencia, que en su materialización se considera la variable época. Esta variable, se considera en los marcos de referencia modernos al cambio de coordenadas a través del tiempo, debido a deformaciones naturales, generando un nuevo cálculo y ajuste de las coordenadas periódicamente.

Desde el año 2001 se ha calculado y ajustado coordenadas SIRGAS-Chile referidas a las épocas 2002.0, 2013.0, 2016.0 y actualmente 2021.0, destacando que la última época de referencia deja obsoletas las anteriores, acatando lo establecido por organizaciones encargadas de mantener el marco de referencia global y regional vigente, hoy International GNSS Service (IGS) y Sistema de Referencia Geodésico para las Américas (SIRGAS).

Hasta el año 2021 la RGN SIRGAS-Chile se conformó por la Red Pasiva y Red Activa, donde la primera corresponde a puntos monumentados en roca madre, principalmente perteneciente a la Red Básica GPS y la segunda, a Estaciones de Referencia de Operación Continua (CORS), que inicialmente fueron las EAF.

Actualmente, la red SIRGAS-Chile se conforma sólo por estaciones CORS, Red Activa. Estas estaciones permiten calcular de manera oportuna las deformaciones de la red SIRGAS-Chile ante desplazamientos sísmicos de gran intensidad y a la vez de forma permanente la deriva continental, pudiendo actualizar la época de acuerdo a necesidad. En este contexto, la red de estaciones CORS permiten un mejor desarrollo y avance en los siguientes objetivos:

- Vincular trabajos topográficos y geodésicos de manera precisa.
- Disponer de datos geodésicos para que los usuarios puedan acceder a ellos en cualquier momento con vinculación a la RGN.
- Integrar la información geodésica de las instituciones públicas a un sólo marco de referencia.
- Contribuir con datos nacionales geodésicos precisos al marco de referencia global (mundial), que retroalimenta en exactitud al marco de referencia nacional.
- La representación de datos geográficos, como insumo base para la toma de decisiones en ámbito social, ambiental y económico.
- Disponibilizar los datos GNSS para el estudio y análisis de investigaciones científicas en diversas áreas tales como académicas, ambiental, ingeniería, climáticas, etc.

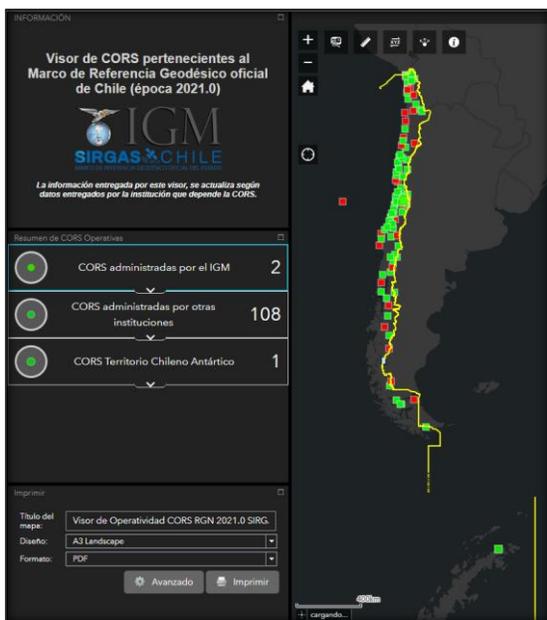


Imagen 35. Visor de CORS perteneciente al Marco de Referencia Geodésico SIRGAS-CHILE. Fuente: www.sirgaschile.cl, IGM.

REFLEXIONES FINALES

El Instituto Geográfico Militar, a través del tiempo, ha debido adoptar diversos sistemas de referencia que conlleva a la actualización y modernización de su marco de referencia, hoy la Red Geodésica Nacional SIRGAS-Chile, permite georreferenciar todas las actividades y representaciones geodésicas y cartográficas del país.

La RGN está compuesta por puntos materializados, medidos y calculados por la Sección Geodésica del IGM, que posee como producto final valores de coordenadas geográficas, planas y alturas.

Detrás de estas coordenadas, hay toda una larga data de trabajo y esfuerzo conjunto por el personal de la Sección, con el fin de mantener vigente la Red Geodésica Nacional de acuerdo a las exigencias de estándares internacionales de cada época.

En este sentido, nace la necesidad de dar a conocer a los actuales usuarios, la evolución histórica y los hitos principales de la estructuración de la Red Geodésica Nacional horizontal, a modo de entregar un sentido reconocimiento al esfuerzo y dedicación del personal de la Sección Geodésica que de manera constante y abnegada han contribuido en esta obra, desde sus inicios, año tras año y hasta la actualidad.

También este Instituto, que es la entidad Oficial del Estado, por mantener y proporcionar un marco de referencia siempre vigente a lo largo del tiempo, útil para diferentes proyectos que aportan al desarrollo nacional.

Finamente, el presente paper expone de forma resumida, didáctica y comprensible las diversas etapas que ha desarrollado la RGN horizontal, desde sus inicios hasta la actualidad, con el objeto de que ello sirva como un compendio informativo a los diversos usuarios de esta Red Geodésica Nacional.

BIBLIOGRAFÍA

ARCHIVO TÉCNICO IGM. Memorias de Terreno entre 1950 y 1960. Instituto Geográfico Militar.

MAPOTECA IGM. Anuarios desde 1920 a 1975. Instituto Geográfico Militar, 1990.

SECCIÓN GEODÉSICA IGM. Nuevo Marco de Referencia Geodésico – RGN SIRGAS Chile 2009. Instituto Geográfico Militar, 2009.

ARCHIVO TÉCNICO IGM. Informes Técnicos de Terreno entre 1996 y 2005. Instituto Geográfico Militar. Disponible en: www.sirgas.ipgh.org.

RESOLUCIÓN EXENTA N°145 DIFROL de 28 de noviembre de 2023. Autoriza publicación de límites y fronteras actuales de Chile en relación al contenido y los gráficos visualizados en el presente artículo.

