UNIVERSIDAD DE SANTIAGO DE CHILE

CENTRO DE PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS GEODÉSICO USC

Centro de Procesamiento y Análisis Geodésico USACH,

Trienio 2019-2022

José Antonio Tarrío Mosquera[1x], Marcelo Caverlotti Silva[1], **Jesarella Inzunza Muñoz[1], Catalina Caceres Venegas[1]**,, Valeria Vásquez Tejo[1], Fernando Isla Rodríguez[1]

[1]Centro de Procesamiento y Análisis Geodésico USC
Universidad de Santiago de Chile

Simposio SIRGAS 2022
Santiago de Chile, **7 al 9 de noviembre de 2022**

Contenidos

1. *Línea de tiempo*
2. *Institucionalidad*
3. *Organigrama*
4. *Proyectos en marcha:*
    - *Procesamiento y Analisis Regional: SIRGAS*
    - *Procesamiento y Análisis Local: Chile*
    - *Modelo de deformación*
    - *Cambio de datum para minería en Chile*

    I+D

    - *Infraestructura Geodésica*
    - *Capacitaciones y Extensión*
5. *Productos y Redes de colaboración*

Línea de tiempo

En ámbitos Geodésicos la Universidad de Santiago de Chile solo poseía un punto medido en sistema SIRGAS-CHILE (Punto USACH)

Universidad se convierte en centro de datos SIRGAS (Estación USCL)

En el año 2018 La universidad se convierte en centro experimental de procesamiento SIRGAS (Centro USC) avalado por 4 instituciones del país

En el año 2019 La universidad se convierte en centro oficial de procesamiento SIRGAS (Centro USC)

En el año 2021

La USCL es parte del IGS

En 2022 se amplia la infraestructura con la estación ANTF

Institucionalidad

Si bien se viene trabajando desde 2017, en 2019 obtiene institucionalidad universitaria

Resolución 3278 de 2019 crea Centro:

El **objetivo general** es monitorear los efectos cinemáticos de la corteza terrestre e infraestructuras además de generar y fomentar la docencia, investigación y asesoría externa en materia de Geodesia.

Objetivos específicos:

- Efectuar el procesamiento del conjunto de estaciones disponibles en el cono sur, permitiendo el monitoreo de la Red GNSS y la generación de modelos locales de deformación.
- Contar con una base de datos con observaciones GNSS SIRGAS más información científica que se puedan ser emanadas de estos datos.
- Generar programaciones y protocolos de observación para la medición GNSS.
- ….

Director: *el programa estará a cargo de un Director elegido por el cuerpo de investigadores adscritos formalmente al programa, y ratificado por el Decano. Actualmente es José Antonio Tarrío Mosquera.*

BY NC ND

Organigrama

Centro de Procesamiento y Análisis Geodésico "USC" asociado a SIRGAS

Director
José Antonio Tarrío Mosquera

Subdirector
Marcelo Caverlotti Silva

Marcelo Caverlotti Silva

G. T. Infraestructura Geodésica
Valeria Vásquez Tejo

G.T. Gestión Datos y metadatos
Fernando Isla Rodríguez

G. T. Marcos de Referencia
Jesarella Inzunza Muñoz

G.T. Sistemas Clásicos de Referencia
Catalina Cáceres Venegas

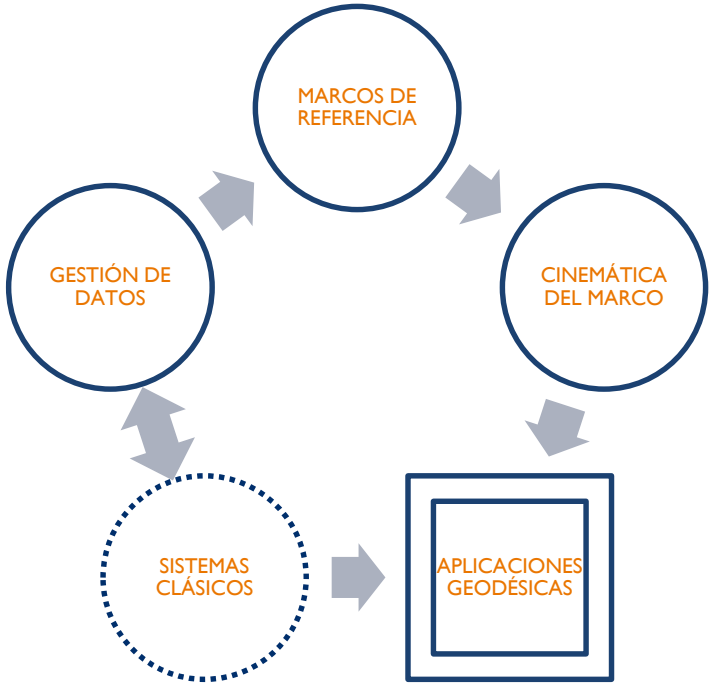
Asesorías Externas

Valeria Vásquez
WG: Geodetic Infrastructure Program - Official Processing center SIRGAS "USC"
valeria.vasquez.t@usach.cl

Fernando Isla
Encargado de Gabinete de Instrumentos
fernando.isla@usach.cl

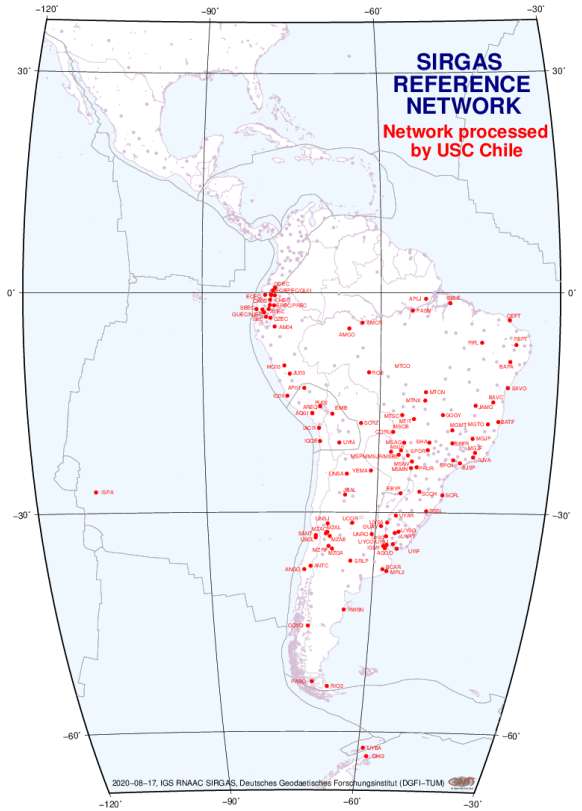
Jesarella Inzunza
WG: Reference Frames - Official Processing Center SIRGAS "USC"
jesarella.inzunza@usach.cl

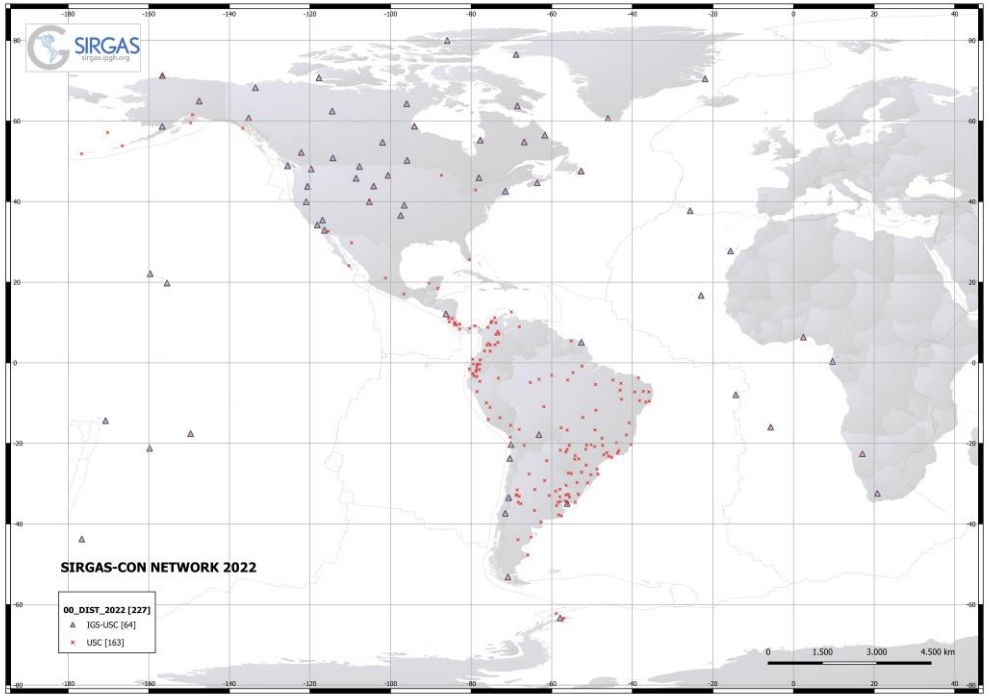
Catalina Noelia Cáceres Venegas
WG: Classic Systems. Official Processing center SIRGAS "USC"
catalina.caceres@usach.cl

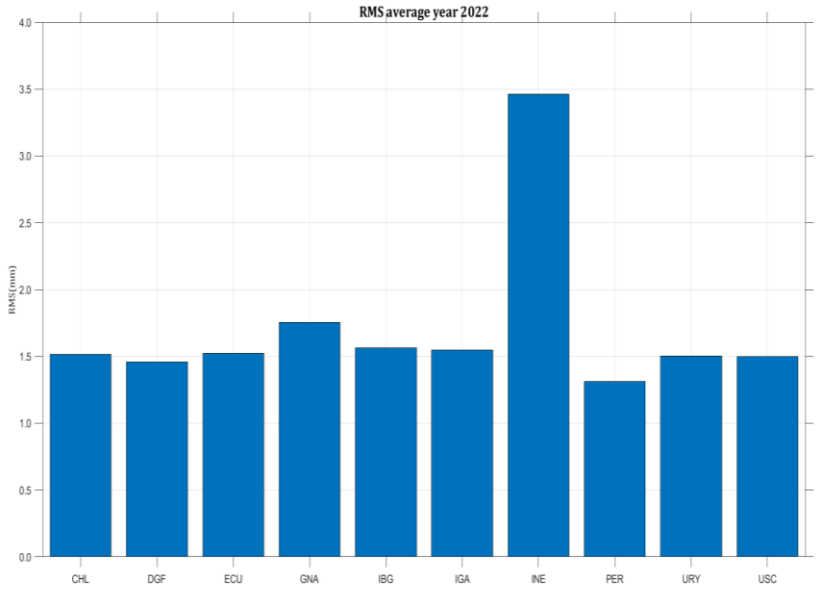


CC BY NC ND

Proyectos en marcha. Procesamiento y Analisis Regional: SIRGAS





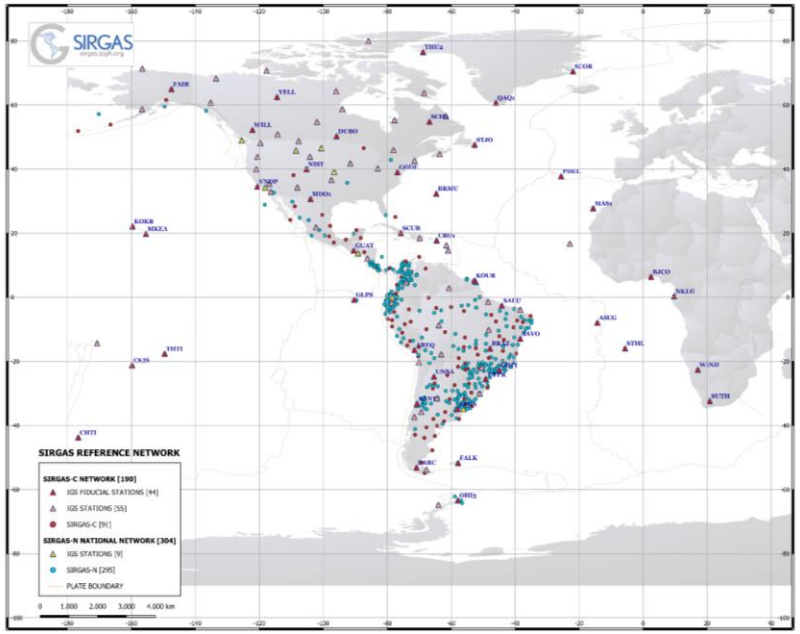


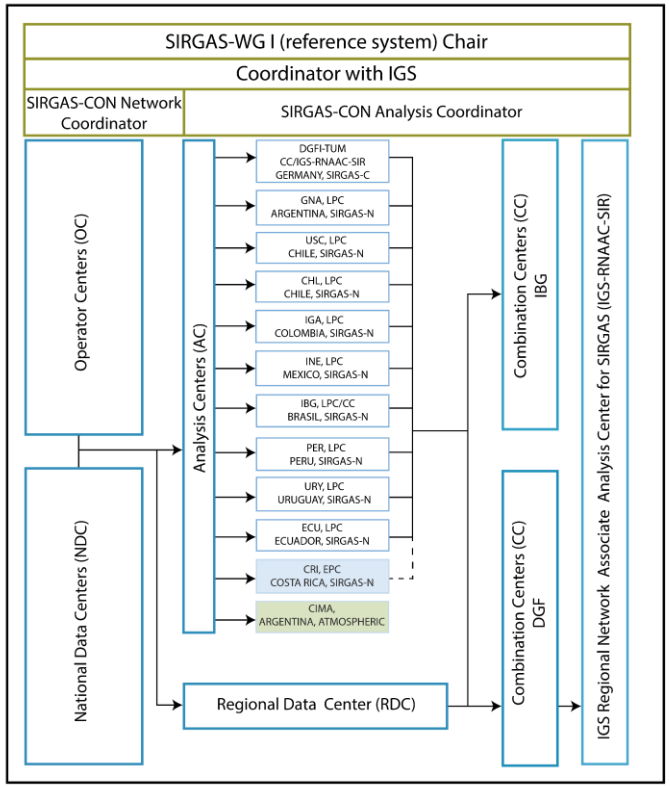
Inicio como EXP 2019:
137 estaciones
Misma configuración CHL

Distribución actual:
+80 estaciones, total 217 estaciones

BY NC ND

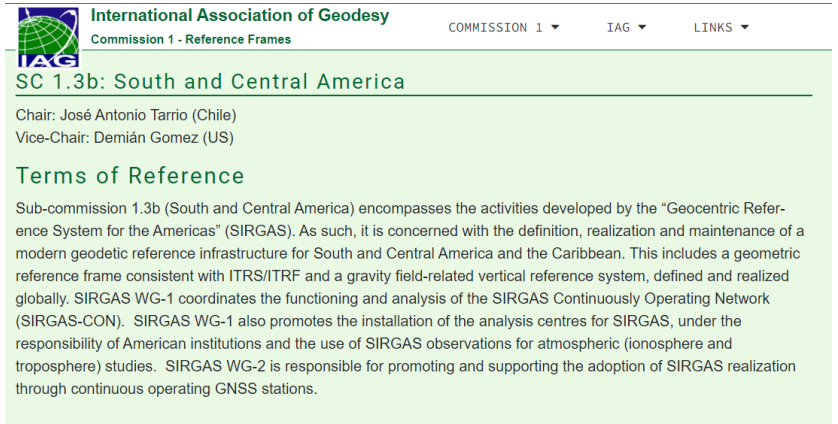
Proyectos en marcha. Procesamiento y Analisis Regional: SIRGAS





Responsabilidades Actuales:

- Presidencia SC 1.3b South and Central América IAG
- Presidencia SIRGAS GT I
- Coordinadora de Análisis de la red SIRGAS-CON



International Association of Geodesy
Commission 1 - Reference Frames

COMMISSION 1 IAG LINKS

SC 1.3b: South and Central America

Chair: José Antonio Tarrio (Chile)
Vice-Chair: Demián Gomez (US)

Terms of Reference

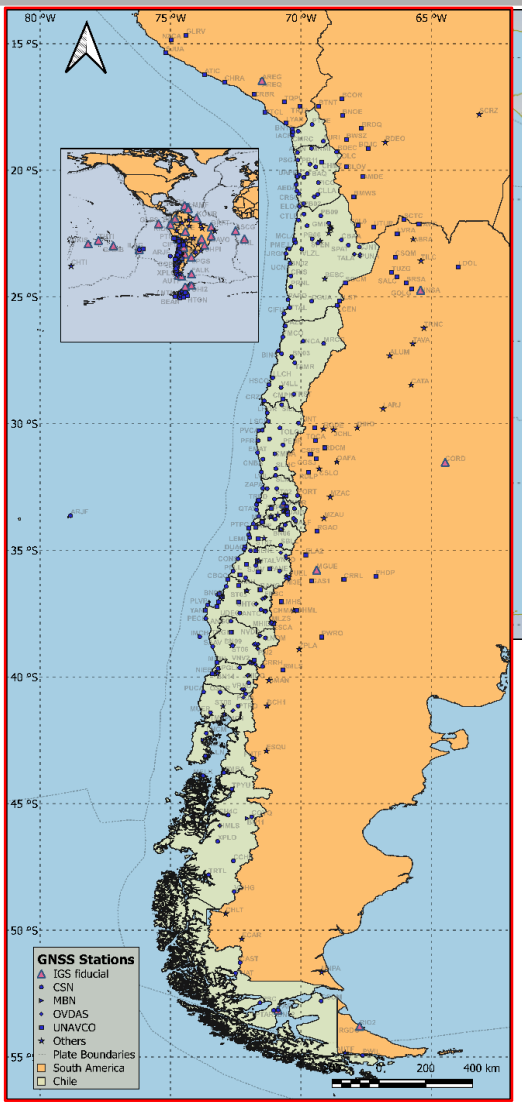
Sub-commission 1.3b (South and Central America) encompasses the activities developed by the "Geocentric Reference System for the Americas" (SIRGAS). As such, it is concerned with the definition, realization and maintenance of a modern geodetic reference infrastructure for South and Central America and the Caribbean. This includes a geometric reference frame consistent with ITRS/ITRF and a gravity field-related vertical reference system, defined and realized globally. SIRGAS WG-1 coordinates the functioning and analysis of the SIRGAS Continuously Operating Network (SIRGAS-CON). SIRGAS WG-1 also promotes the installation of the analysis centres for SIRGAS, under the responsibility of American institutions and the use of SIRGAS observations for atmospheric (ionosphere and troposphere) studies. SIRGAS WG-2 is responsible for promoting and supporting the adoption of SIRGAS realization through continuous operating GNSS stations.

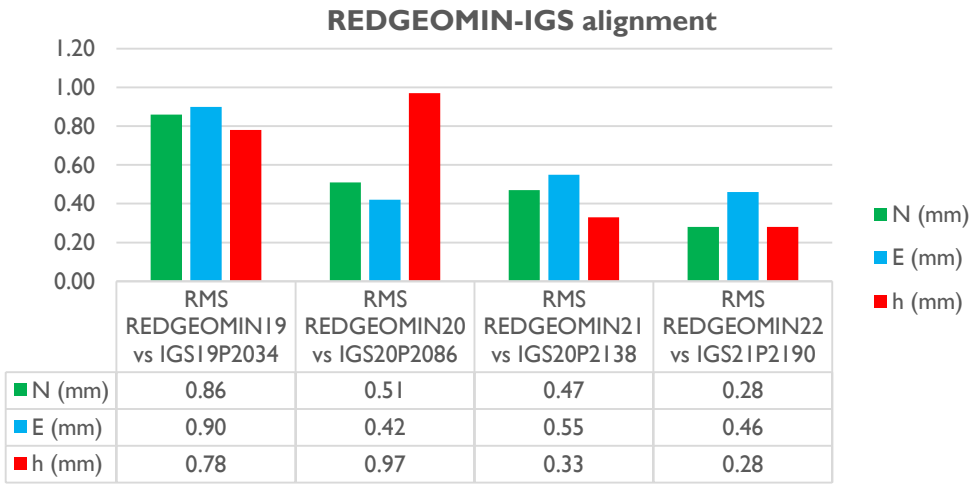
Coordinar las actividades de los Centros Operacionales de las estaciones SIRGAS-CON, de los Centros Nacionales de Datos y de los Centros de Procesamiento y de Combinación de SIRGAS,
Promover el establecimiento de más Centros de Procesamiento en América.

OBJETIVO: cada país de la región esté en capacidad de procesar las observaciones de sus propias estaciones de operación continua siguiendo los estándares del IGS

BY NC ND

Proyectos en marcha. Procesamiento CHILE

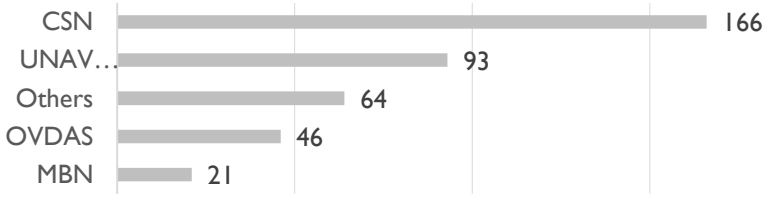


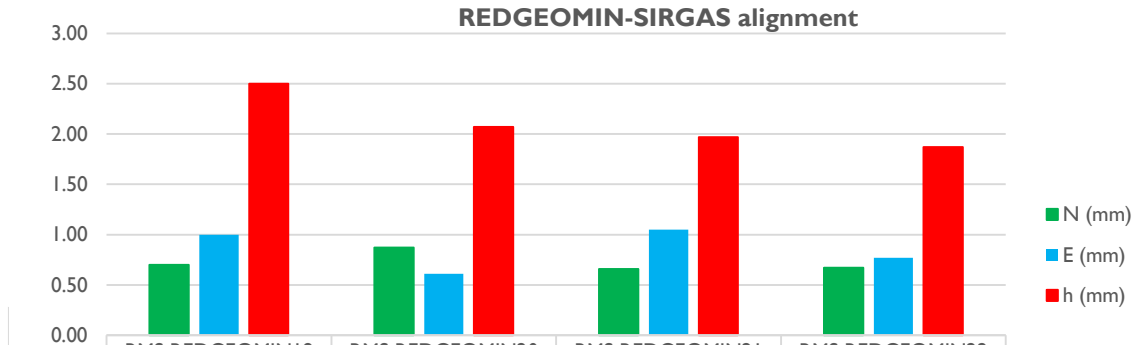


	RMS REDGEOMIN19 vs IGS19P2034	RMS REDGEOMIN20 vs IGS20P2086	RMS REDGEOMIN21 vs IGS20P2138	RMS REDGEOMIN22 vs IGS21P2190
N (mm)	0.86	0.51	0.47	0.28
E (mm)	0.90	0.42	0.55	0.46
h (mm)	0.78	0.97	0.33	0.28

Weekly station position repeatability

	E (mm)	N (mm)	h (mm)
2019.00	1.59	1.60	3.64
2020.00	1.89	2.27	4.90
2021.00	2.23	2.21	5.26
2022.00	2.01	1.89	5.05

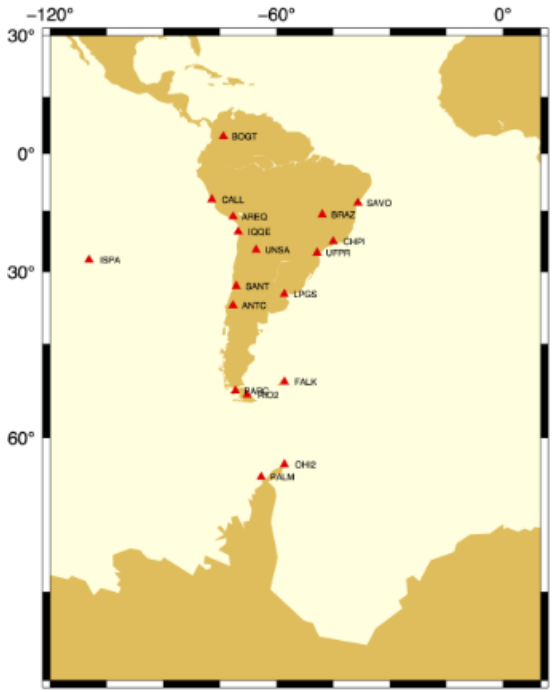




	RMS REDGEOMIN19 vs SIR19P2034	RMS REDGEOMIN20 vs SIR20P2086	RMS REDGEOMIN21 vs SIR20P2138	RMS REDGEOMIN22 vs SIR21P2190
N (mm)	0.70	0.87	0.66	0.67
E (mm)	1.00	0.61	1.05	0.77
h (mm)	2.50	2.07	1.97	1.87

BY NC ND

Proyectos en marcha. Procesamiento CHILE



Fuente: (Rozas et al. 2021)

IGM
INSTITUTO GEOGRÁFICO MILITAR

IGM PGEOD 8.5-4.0.1
Revisión : 7

CERTIFICADO DE COORDENADAS GEODÉSICAS
PLANAS Y ALTURA

Fecha, 07 de diciembre de 2021
N° Certificado 1539

Solicitadas por : SOCIEDAD DE DESARROLLO TECNOLÓGICO

Datum : SIRGAS
Elipsoide : GRS-80
Unidad : N, E y Altura en metros.

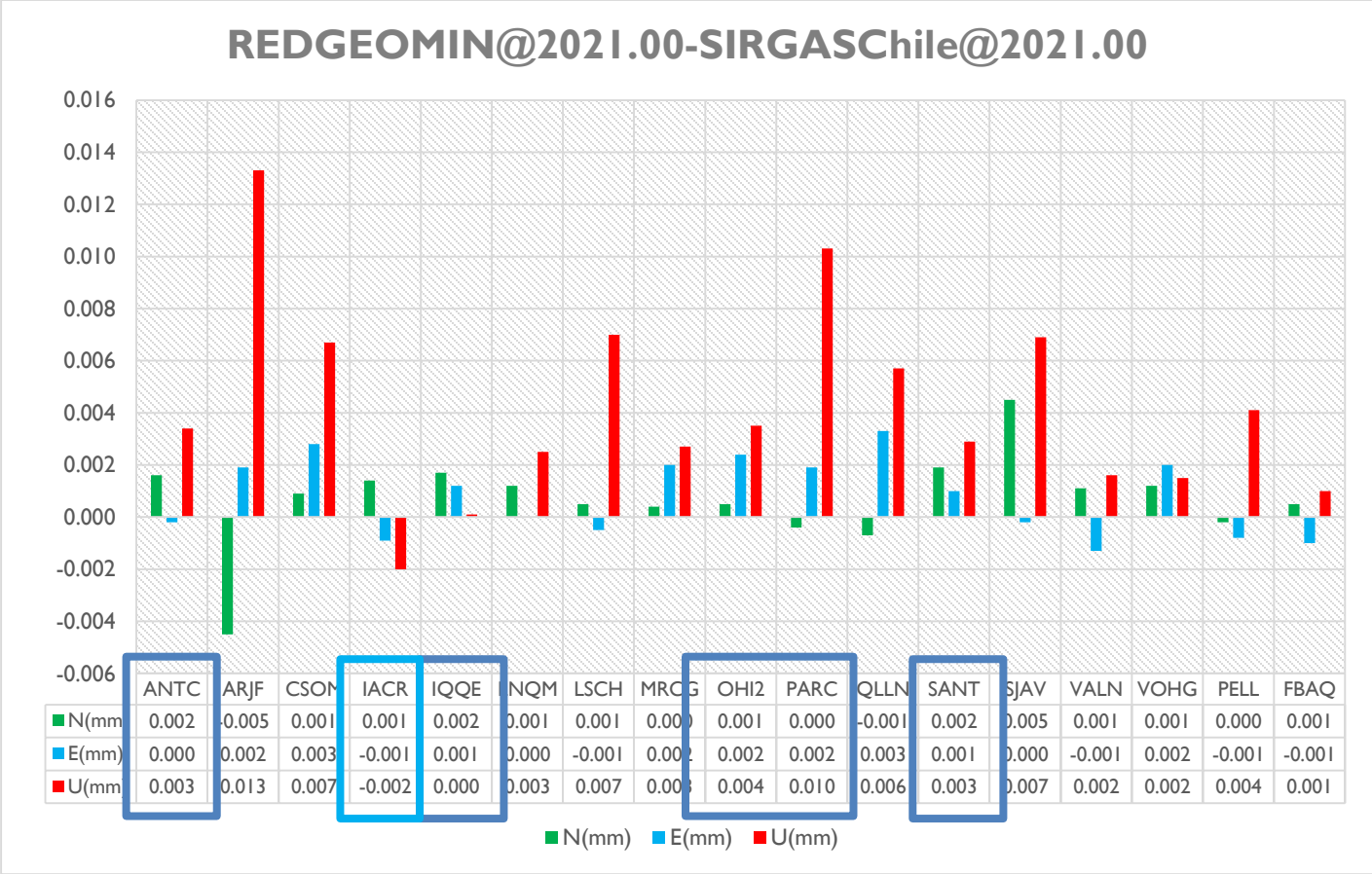
Nombre de la Estación	Coordenadas Geodésicas Latitud	Longitud	Coordenadas Planas Norte	Este	Altura Elipsoidal	Altura Ortométrica	Zona
CORS PELDEHUE (SANT)							

NOTA : Las coordenadas entregadas en éste certificado están referidas a la época 2021.00
Altura ortométrica referida al modelo geoidal EGM2008

EJÉRCITO DE CHILE
INSTITUTO GEOGRÁFICO MILITAR

Emitido por:
GERMAN AGUILERA REYES
Analista de Datos Geodésicos
Sección Geodésica

Las coordenadas fueron calculadas por el Centro de Procesamiento y Análisis de Datos del Instituto Geográfico Militar.
Este certificado es de uso exclusivo de quien lo solicita. ©Instituto Geográfico Militar, todos los derechos reservados.
www.sirgaschile.cl
Avenida Santa Isabel N° 1651 (ex 1640), Santiago - Fono: (56-2) 22410 9300
Web: www.igm.cl



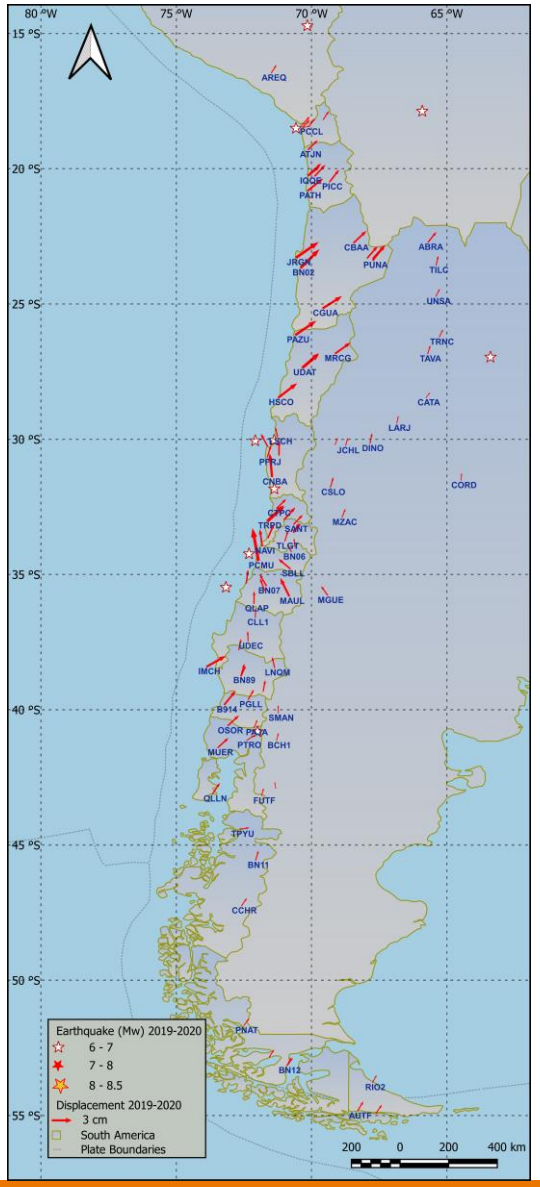
	e	n	u
min.	-0.001	-0.005	-0.002
max.	0.003	0.005	0.013
promedio	0.001	0.001	0.004
desv.	0.001	0.002	0.004

Puntos fiduciales REDGEOMIN IGS en Chile

Puntos fiduciales REDGEOMIN SIRGAS en Chile

BY NC ND

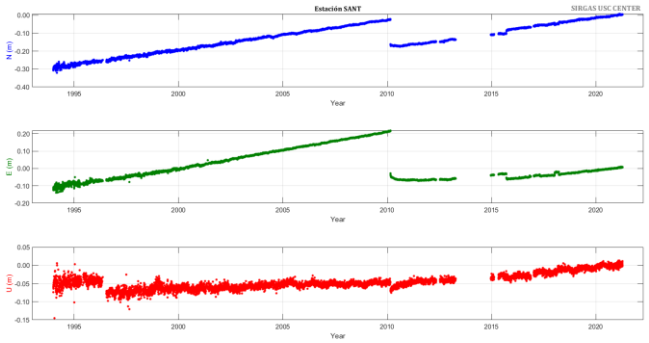
Proyectos en marcha. "Modelo de Deformación"

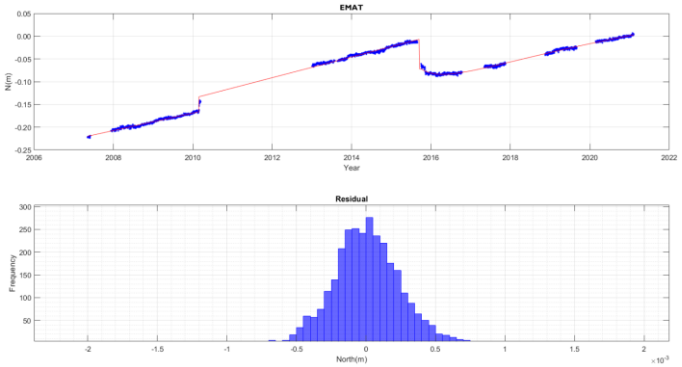


Realizamos un procesamiento GNSS semanal con datos de estaciones GNSS de datos abiertos, en el período 2022 a 2009, en el proyecto denominado ADELA: (Análisis de DEformación beyond de Los Andes). El modelo funcional es:

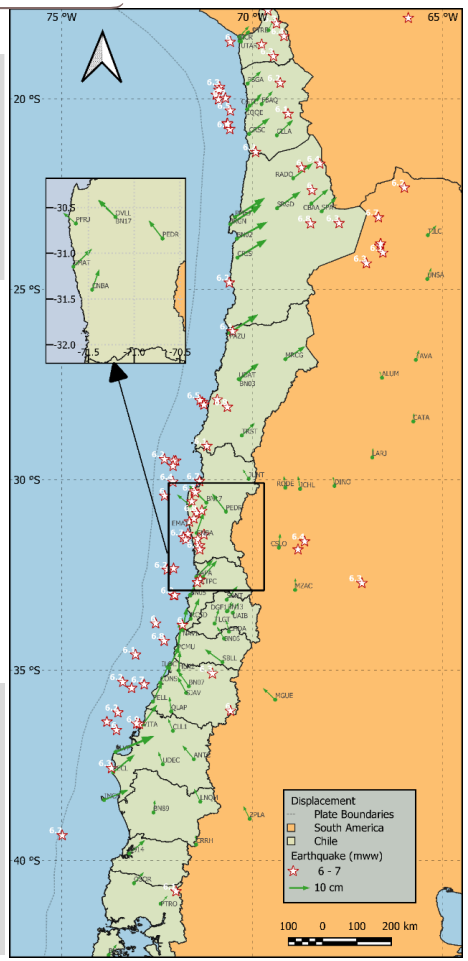
$$f(t) = x(t_0) + \underbrace{\sum_{i=1}^{n_p+1} p_i (t-t_r)^{i-1}}_{\substack{Linear \\ velocity}} + \underbrace{\sum_{j=1}^{n_j} b_j H(t-t_j)}_{discontinuities} + \underbrace{\sum_{k=1}^{n_F} \left[p_{a,k}\cos(\omega_k(t-t_0)) + p_{b,k}\sin(\omega_k(t-t_0))\right]}_{periodic} + \underbrace{\sum_{i=1}^{n^{log}} a_i \log\left[1+\frac{\Delta t}{T_i}\right] + \sum_{i=1}^{n^{exp}} b_i\left[1-e^{\left(-\frac{\Delta t}{T_i}\right)}\right]}_{PSD}$$

El movimiento de las estaciones GNSS no pueden ser modelado con ecuaciones lineales para las series temporales.[Sánchez et. al 2020]. Para ello, se necesita un modelo conjunto que tenga en cuenta los períodos intersísmico, cosísmico y postsísmico. Modelamos un modelo postsísmico con deformación postsísmica (PSD) que describe el período posterior al terremoto combinando funciones logarítmicas y exponenciales. [Sobrero et. al 2020].





El mapa de la izquierda muestra los desplazamientos de la estación de 2016 a 2021 en la zona centro-norte de Chile, con movimientos en dirección noreste en el norte y con un movimiento en forma de "S" en la zona central que marca la complejidad del comportamiento. En la imagen de la derecha, las estaciones PFRJ, OVLL, BN17 y PEDR indican un movimiento NW, mientras que el movimiento 50 km hacia el sur es en dirección NE. Este aspecto es un desafío para el modelo de deformación, donde la correlación espacial es baja.



BY NC ND

Proyectos en marcha. "Cambio de Datum para Minería"

Año 2017	Año 2018	Año 2019	Año 2019	Año 2019	Año 2019-2022
Ministerio de Bienes Nacionales IDE CHILE Infraestructura de Datos Geoespaciales			SERNAGEOMIN Ministerio de Minería Gobierno de Chile	CENTRO DE PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS GEODÉSICO USC UNIVERSIDAD DE SANTIAGO DE CHILE	SERNAGEOMIN Ministerio de Minería Gobierno de Chile; CENTRO DE PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS GEODÉSICO USC UNIVERSIDAD DE SANTIAGO DE CHILE
USACH Documento SNIT	SNIT GT Geodesia	SNIT SGR SIRGAS	SRGM Licitación Pública	USACH Adjudicación	SRGM-USACH REDGEOMIN19@2019.00 REDGEOMIN20@2020.00 REDGEOMIN21@2021.00 REDGEOMIN22@2022.00

SIRGAS 18 Pres MEXICO

REDGEOMIN

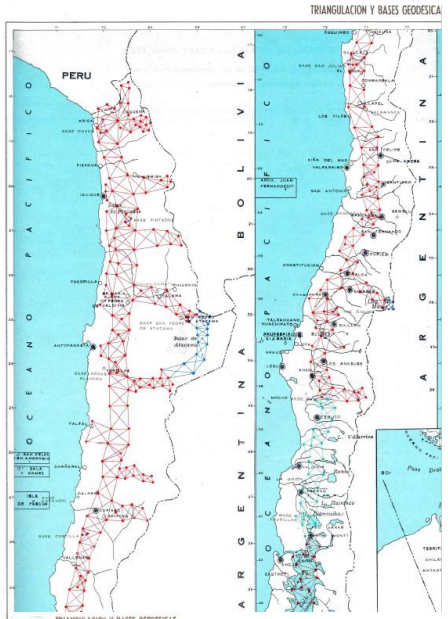
Dynamic Geocentric CRS Details [VALID]

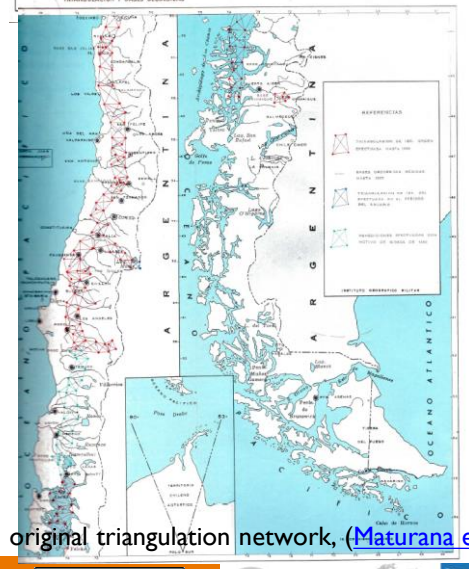
NAME:	REDGEOMIN
CODE:	9694
CRS TYPE:	Dynamic Geocentric
USAGE:	
Usage Details	
SCOPE:	Geodesy, cadastre, engineering survey, topographic mapping.
EXTENT:	Chile
DATUM:	Red Geodesica Para Mineria en Chile
COORDINATE SYSTEM:	Cartesian 3D CS (geocentric). Axes: geocentric X Y Z. Orientations: X and Y in equatorial plane, X positive thr positive towards North Pole. UoM: m.
META DATA	
INFORMATION SOURCE:	National Service of Geology and Mining (SERNAGEOMIN), "Estudio de Prefactibilidad de Datum Geodesico de
DATA SOURCE:	EPSG
REVISION DATE:	5 de febrero de 2021
CHANGE ID:	[2020.135]

EPSG CODE:9694

CC BY NC ND

Proyectos en marcha. "Cambio de Datum para Minería"





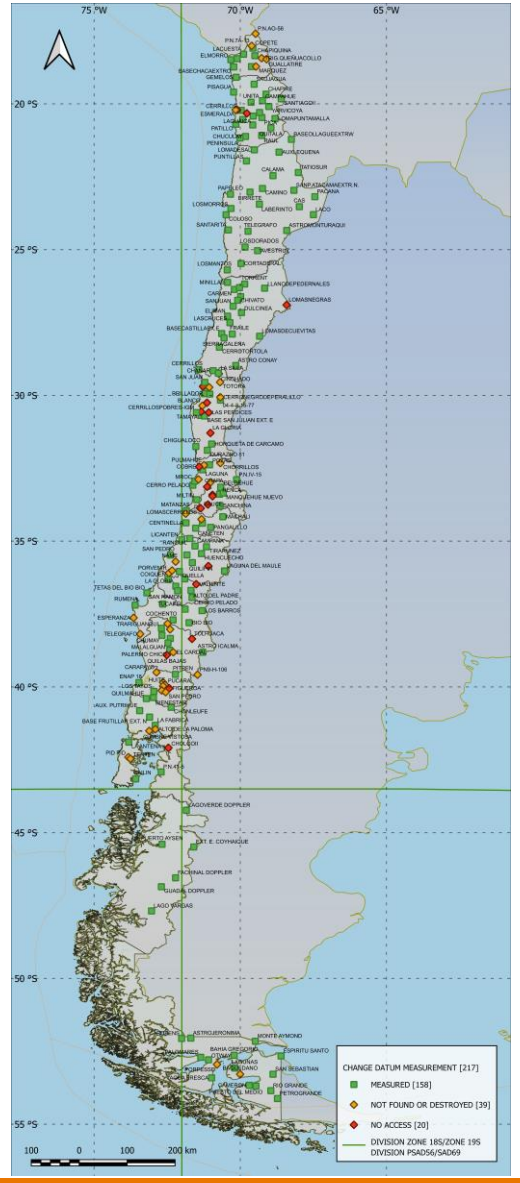
original triangulation network, (Maturana et. al 2005)

Para relacionar ambos sistemas, necesitamos coordenadas actualizadas en el sistema moderno sobre los puntos de referencia PSAD56-SAD69.

Actualmente, la red clásica (imagen izquierda) no se mantiene, por lo que se realiza una revisión de la base de datos IAGS-IGM para seleccionar vértices nativos que se puedan medir con GNSS.

Medimos con GNSS sobre los puntos de referencia de la red primaria PSAD56-SAD69 (imagen derecha):

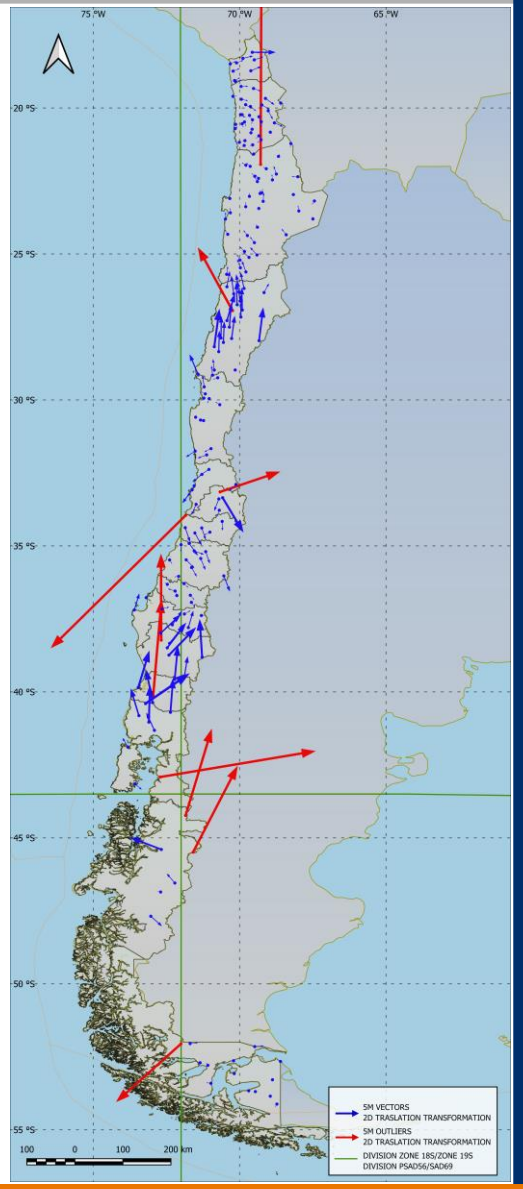
Seleccionado #217
Medido #158
Destruido #39
Inaccesible #20



- Comprobamos errores groseros (incrementos geodésicos) las coordenadas en los dos sistemas.
- Hay 10 puntos de referencia con coordenadas PSAD56/SAD69 incorrectas. Eliminamos esas coordenadas.
- Hay dos zonas (Atacama y Región Central) con deformaciones diferentes a las de las otras partes del país.
- Resultados: Red Geodésica Secundaria @2022.00 (Pasiva): REDGEOMIN
-

Parameter type	Used Parameter
Solution:	fixed phase ambiguities
Observable	GPS, GLONASS
Elevation Mask	10º
Orbits:	IGS Precise Orbits
Processing interval:	1 seg

Schütz et al. 2017



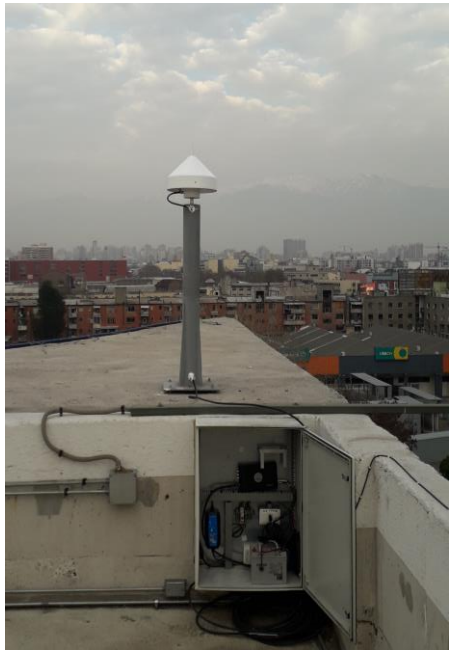
Proyectos en marcha. Infraestructura Geodésica

Densificación de cobertura GNSS en Chile: establecimiento de **ANTF** en la Región de Antofagasta y, próximamente 2 estaciones más en el Sur del país por medio de convenios con instituciones de educación superior.

Actualmente: ANTF y USCL transmiten en tiempo real al caster de CDDIS (Nasa) BKG y UCAR, emitiendo RTCM 3.2 y RTCM 3.0, además de formar parte de las redes de IGS y SIRGAS.

Respondiendo a la migración hacia el formato RINEX 4.00 de la mano con Septentrio y Stonex.

Automatización de subida de RINEX a repositorios de CDDIS, IGN Francés y ftp de la USACH.



```
:PROCDATFILE

REM Origin folder       HOUR_01S/DAY_30S
REM Destination folder  HOUR/DOY
REM RNX3 start time     YYYYDDDHHMM
REM RNX3 period         01H/01D
REM RNX3 data frequency 01S/30S

IF %1 LEQ 23 (
  SET REMDIR=%REMROOTDIR%
  SET LOCDIR=%LOCROOTDIR%\HOUR
  SET STARTTIME=%YEAR4%%DOY%%HOUR%00
  SET PERIOD=01H
  SET FREQUENCY=01S
) ELSE (
  SET REMDIR=%REMROOTDIR%
  SET LOCDIR=%LOCROOTDIR%\DOY
  SET STARTTIME=%YEAR4%%DOY%0000
  SET PERIOD=01D
  SET FREQUENCY=15S
)

IF NOT EXIST %LOCDIR% (
  MKDIR %LOCDIR%
)

SET ROOTOBS=%STAT%00%COUNTRY%_R_%STARTTIME%_%PERIOD%_%FREQUENCY%
SET ROOTNAV=%STAT%00%COUNTRY%_R_%STARTTIME%_%PERIOD%

SET DATFILE=%ROOTOBS%.dat
SET OBSFILE=%ROOTOBS%.%YEAR2%O
SET GPSFILE=%ROOTOBS%.%YEAR2%N
SET GLOFILE=%ROOTOBS%.%YEAR2%G
SET GALFILE=%ROOTOBS%.%YEAR2%L
SET BDSFILE=%ROOTOBS%.%YEAR2%C
SET SBSFILE=%ROOTOBS%.%YEAR2%H
SET EMSFILE=%ROOTOBS%.EMS
SET ALMFILE=%ROOTOBS%.ALM

SET OBSRNX=%ROOTOBS%_MO.rnx
SET OBSCRX=%ROOTOBS%_MO.crx
SET OBSCRZ=%ROOTOBS%_MO.crx.gz
SET GPSRNX=%ROOTNAV%_GN.rnx
SET GLORNX=%ROOTNAV%_RN.rnx
SET GALRNX=%ROOTNAV%_EN.rnx
SET BDSRNX=%ROOTNAV%_CN.rnx

ECHO DAT FILE: %DATFILE%>>%REPNAME%
```

```
IF EXIST %DATFILE% (
  ECHO DOWNLOAD DAT FILE: SUCCESS>>%REPNAME%
  S2R SRC:./%DATFILE% RXF:STD3.04 SFR:M
  gzip %DATFILE%
) ELSE (
  ECHO DOWNLOAD DAT FILE: FAIL>> %REPNAME%
  GOTO ENDDATFILE
)

IF EXIST %DATFILE%.gz (
  MOVE %DATFILE%.gz %LOCDIR%
) ELSE (
  ECHO COMPRESS DAT FILE: FAIL>> %REPNAME%
)

IF EXIST %OBSFILE% (
  ECHO RNX OBS FILE:      EXIST>>%REPNAME%
  REN %OBSFILE% %OBSRNX%
) ELSE (
  ECHO RNX OBS FILE:      NOT EXIST>> %REPNAME%
)

IF EXIST %OBSRNX% (
  rnx2crx %OBSRNX%
  DEL %OBSRNX%
) ELSE (
  ECHO RENAME OBS FILE:   FAIL>> %REPNAME%
)

IF EXIST %OBSCRX% (
  gzip %OBSCRX%
) ELSE (
  ECHO HATANAKA OBS FILE: FAIL>> %REPNAME%
)
```

Estudios en base a datos GNSS: análisis de los tensores volcánicos por medio de los información provista por las estaciones de monitoreo y coordenadas SIRGAS.

Postulación a equipos: por medio de la convocatoria realizada por UNAVCO, para contar con equipos que contribuyen a la docencia y al equipamiento de campaña, además de prolongar la vida útil de los receptores y antenas a través de campañas GNSS y experiencias en terreno con estudiantes.

CC BY NC ND

Proyectos en marcha. Capacitaciones y Extensión

Servicio Nacional de Geología y Minería

Curso geodesia y GNSS
Curso marcos de referencia dinámicos

Curso geodesia y GNSS

ANTOFAGASTA MINERALS

UA Universidad de Antofagasta

Infraestructura geodésica

Infraestructura geodésica

DuocUC

SIRGAS sirgas.ipgh.org

Webinar sobre datos y metadatos para estaciones GNSS

IGS INTERNATIONAL GNSS SERVICE

Diferentes apariciones newsletter en IGS

SIRGAS sirgas.ipgh.org

Colaboración con el Instituto Geográfico Nacional de Argentina en la web y RRSS de SIRGAS

Cámara Minera de Chile

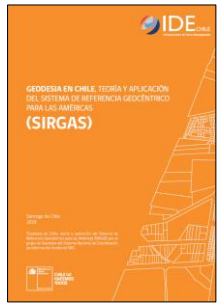
Seminario 30 de noviembre, sobre marcos de referencia en Chile, y SIRGAS

CC BY NC ND

Productos y redes de colaboración

SNIT Ministerio de Bienes Nacionales

Documento base WG Geodesia e instructivos transformación SNIT IDE Chile, videos explicativos de conversión y transformación de capas en softwares GIS



SERNAGEOMIN Ministerio de Minería Gobierno de Chile

Cambio de datum clásico a moderno

Monitoreo volcánico

Generación geoide híbrido en Centro y Norte de Chile

Geodesy and Geodynamics 12 (2021) 85–92

Contents lists available at ScienceDirect

Geodesy and Geodynamics

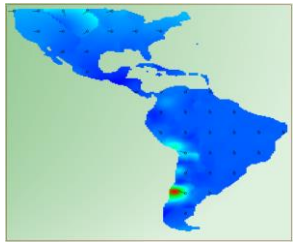
journal homepage: http://www.keaipublishing.com/geog

Assessment of hybrid geoids in Chile and Spain, combining GGM and GNSS/Leveling observations

José Antonio Tarrío Mosquera, Marcelo Caverlotti Silva, Fernando Isla, Carlos Prado

SIRGAS www.sirgas.org

Transformación entre ITRF y SIRGAS



municipalidad Recoleta Somos todos

Red Geodésica Municipalidad

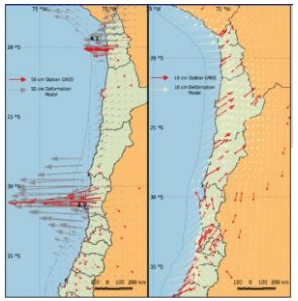
esa

Centro galileo con gAGE

Trimble

GEOCOM Soluciones Geoespaciales

Modelo de deformación Nacional(minería)



CC BY NC ND

UNIVERSIDAD DE SANTIAGO DE CHILE

CENTRO DE PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS GEODÉSICO USC

Centro de Procesamiento y Análisis Geodésico USACH,

Trienio 2019-2022

Muchas gracias

José Antonio Tarrío Mosquera[1x], Marcelo Caverlotti Silva[1], **Jesarella Inzunza Muñoz[1], Catalina Caceres Venegas[1]**,, Valeria Vásquez Tejo[1], Fernando Isla Rodríguez[1]

[1]Centro de Procesamiento y Análisis Geodésico USC
Universidad de Santiago de Chile