

Informe de Procesamiento de Datos GNSS de la Estación MTPI Localizada en el Volcán MISTI durante el año 2021 y 2022

Proyecto Geodesia Espacial para el Monitoreo de Volcanes y Cerros
Circundantes de Arequipa para Determinar Deformación y Riesgos

Instituto Astronómico y Aeroespacial Pedro Paulet (IAAPP)
Universidad Nacional de San Agustín (UNSA)

13 de septiembre de 2022

1. INTRODUCCIÓN

El presente informe forma parte del proyecto “Geodesia Espacial para el monitoreo de Volcanes y Cerros Circundantes de Arequipa para Determinar Deformación y Riesgos” que se encuentra financiado por la Universidad Nacional de San Agustín bajo contrato IBA-0049-2016.

Históricamente Arequipa, que se encuentra dentro del “cinturón de Fuego”, tiene condiciones sísmico-tectónicas especiales y la presencia del Volcán Misti añade condiciones sísmico vulcanológicas. El presente proyecto tiene como objetivo implementar una red de monitoreo que permita analizar las deformaciones antes, durante y después de los eventos sísmicos y vulcanológicos aplicando técnicas de Geodesia espacial permitiendo alertar posibles riesgos. Dentro de las técnicas empleadas para la Geodesia espacial, se tienen la técnica de GNSS (*Global Navigation Satellite System*), SLR (*Satellite Laser Ranging*), VLBI (*Very Long Baseline Interferometry*) y DORIS (*Doppler Orbitography and Radiopositioning Integrated by Satellite*) que permiten realizar mediciones con precisión centimétrica o milimétrica tanto en planimetría como en altimetría. Respecto a mediciones en tierra se tiene la técnica de EDM (*Electronic Distance Meter*) con una precisión de 0.5–1.0 mm para distancias entre 1 a 12 km las cuales fueron utilizadas para calcular la deformación del *Long Valley Caldera* al este de *Yosemite* el año 2005 en Estados Unidos. [1].

En el presente informe se utilizó la técnica *GNSS* para el monitoreo del volcán Misti durante los años 2021 y 2022. Dicha técnica se basa en constelaciones satelitales que utilizan el algoritmo de triangulación para determinar la posición y velocidad de un determinado punto. Entre las constelaciones más famosas tenemos: *GPS*, *GLONASS*, *BEIDU*, *GALILEO*, etc. En [2] se presentan los fundamentos matemáticos empleados por esta técnica para obtener las “*pseudo-observaciones*” necesarias para determinar la posición de un punto en tres dimensiones. Por otro lado, en [3] se presenta a *GAMIT/GLOBK* como un software desarrollado por el *MIT* que permite estimar las posiciones relativas tridimensionales de estaciones *GNSS* terrestres, órbitas satelitales, retrasos cenitales atmosféricos y parámetros de orientación de la Tierra. En [4] se explica que *GAMIT* es capaz de reducir el error de las mediciones empleando diversos modelos de corrección ionosféricos, atmosféricos, meteorológicos y oceánicos con lo que este software permite obtener mediciones diarias (sesiones de 24 horas) con errores milimétricos (< 9mm). Actualmente *GAMIT* es ampliamente utilizado por instituciones geodésicas Internacionales como el “International GNSS Service” (*IGS*) y el “Sistema de Referencia Geocéntrico para Las Américas” (*SIRGAS*) e instituciones nacionales como el “Instituto Geográfico Nacional” (*IGN*) y el

“Instituto Geológico Minero y Metalúrgico” (*INGEMMET*) para el monitoreo de volcanes.

Para la elaboración del presente informe se utilizaron los datos GNSS de la estación MTPI ubicada en el volcán Misti (Figura 1). Estos datos fueron proveídos por *INGEMMET* mediante el convenio suscrito con el Instituto Astronómico y Aeroespacial Pedro Paulet (*IAAPP*). En una posterior etapa se pretende utilizar datos adquiridos por estaciones *GNSS* instaladas por el *IAAPP*. En la Sección 2 se presentan los fundamentos matemáticos y teóricos empleados para la elaboración del presente informe. La Sección 3 detalla la metodología y los pasos realizados para el procesamiento de los datos *GNSS* de la estación MTPI con el software *GAMIT 10.71*. Dentro de esta Sección se detalla el procedimiento realizado para la conversión de los archivos “.JPS” (binario de *JAVAD*) y las configuraciones realizadas en *GAMIT/GLOBK* para el procesamiento. En la Sección 4 se muestran los resultados obtenidos por el presente procesamiento. Finalmente en la Sección 5 se muestran las conclusiones extraídas del análisis de los datos obtenidos en el presente procesamiento.



Figura 1. Ubicación de la estación MTPI y AREQ en coordenadas LLA.

2. MARCO TEÓRICO

En la presente Sección se detallan los principios teóricos y matemáticos empleados para el monitoreo y modelamiento de volcanes en actividad. Si bien son varios los principios y técnicas empleados para el monitoreo, en la elaboración del presente informe solamente se considera la técnica *GNSS* perteneciente a la geodesia espacial.

2.1. Volcán Misti

El volcán Misti es catalogado como uno de los más peligrosos del mundo debido a que se ubica a solo 18km al noreste de la ciudad de Arequipa que posee más de un millón de habitantes. Geográficamente se ubica en la Cordillera Occidental de los Andes del Sur peruano y su cráter se encuentra en las coordenadas UTM WGS84 243116E, 8196974S y altitud de 5825 m.s.n.m. como se muestra en la Figura 2 [5].

Como antecedentes, en [5] y [6] se menciona que el observatorio vulcanológico de *INGEMMET* (OVI) estableció una línea base para el monitoreo volcánico mediante la medi-

ción de gases volcánicos y el estudio de aguas termales desde septiembre del 2005, posteriormente en septiembre del 2008 inició la implementación del monitoreo usando técnicas de Interferometría de Radar (*InSar*) y medición electrónica de distancias (EDM) para los flancos noroeste y sur. En [7] se menciona que *INGEMMET* desde el año 2012 se realiza el monitoreo con una estación multiparámetro en el flanco oeste del Misti. Finalmente, desde el año 2019 *INGEMMET* a través de *OVNI* cuenta con bases *GNSS* permanentes y de campaña para realizar el monitoreo.

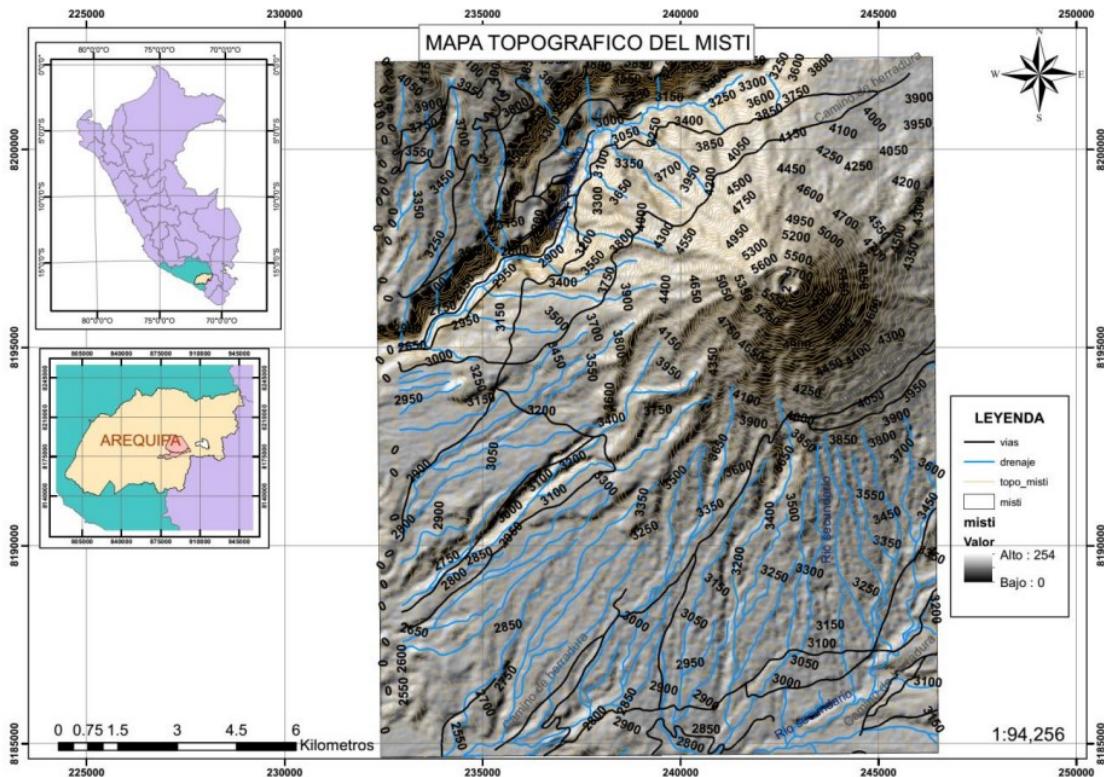


Figura 2. Mapa topográfico del volcán Misti.

2.2. Geodesia Espacial

La geodesia espacial aparece como la aplicación de técnicas espaciales para la definición de marcos de referencia y estudio de la forma de la Tierra, de su campo de gravedad y su comportamiento. La Geodesia espacial incluye la Geodesia por satélite y técnicas de interferometría de larga base como se muestra en el Cuadro 1. Adicionalmente, en el Cuadro 2 se muestran las aplicaciones de cada una de las técnicas de geodesia espacial.

Geodesia por satélite
Global Navigation Satellite Systems (GNSS)
Satellite Laser Ranging (SLR)
Doppler Orbitography and Radiopositioning Integrated by Satellites (DORIS)
Interferometría de muy larga base
Very Long Baseline Interferometry (VLBI)

Cuadro 1. Técnicas de Geodesia espacial

Contribución	GNSS	VLBI	SLR
Coordenadas y velocidades de las estaciones	x	x	x
Órbitas de Satélites	x		x
Coordenadas de Cuasares		x	
movimiento y velocidad Polar	x	x	x
Tiempo Universal (dUT)		x	
Longitud del día	x	x	x
Nutación y movimientos de la nutación		x	
Geocentro	x		x
Campo gravitacional de la tierra	x		x
Troposfera	x	x	
Ionosfera	x	x	

Cuadro 2. Contribuciones de cada una de las técnicas de geodesia espacial [8].

2.3. Técnica GNSS

En [9] se definen a los sistemas GNSS como el conjunto de tecnologías de sistemas de navegación por satélite que proveen de posicionamiento geoespacial con cobertura global autónoma. A través de una constelaciones de Satélites, una estación o receptor GNSS es capaz de determinar su posición en cuatro dimensiones: longitud, latitud, altitud y tiempo. Entre las constelaciones satelitales desarrolladas por diversos países se tienen: GPS, GLONASS, BEIDU, GALILEO, etc.

Como se mostró en el Cuadro 2, con la técnica GNSS se pueden obtener coordenadas y velocidades de las estaciones receptoras GNSS y esto nos brinda una poderosa herramienta para realizar mediciones estáticas con aplicaciones en topografía para el control de movimientos tectónicos y el monitoreo de deformaciones en estructuras y volcanes. Es por este motivo que en [5], [7] y [10] se emplean técnicas GNSS para el monitoreo y estudio de volcanes que representan un peligro para las zonas aledañas. Estos estudios se llevaron a cabo colocando estaciones GNSS de campaña o permanentes en volcanes como el Ticsani, Sabancaya, Misti y Coropuna con la finalidad de calcular y estudiar las *lineas base* obtenidas con las coordenadas de las estaciones GNSS y posteriormente, si se encuentra alguna deformación, calcular sus respectivas velocidades respecto a un marco de referencia local.

2.4. Estudio de la deformación volcánica

En [10] se explica que un volcán en erupción obedece a un ciclo general conformado por una serie de eventos. Sin embargo, en muchos casos, las erupciones volcánicas son precedidas por pronunciadas deformaciones superficiales en respuesta al aumento de presión en el reservorio magmático seguida de una deflación posterior a la erupción asociada con la liberación de presión del reservorio magmático. En la Figura 3 se ilustran estos fenómenos de deformación.

2.5. Monitoreo de la deformación volcánica con datos GNSS

Como se mencionó en 2.3 se pueden utilizar estaciones receptoras GNSS de mediciones estáticas para realizar el monitoreo de volcanes ya que estas son capaces de brindar posiciones en tres dimensiones a escala milimétrica con lo cual se puede determinar la presencia y/o ausencia de los procesos de inflación o deflación en los volcanes tal como se muestra en la Figura 4.

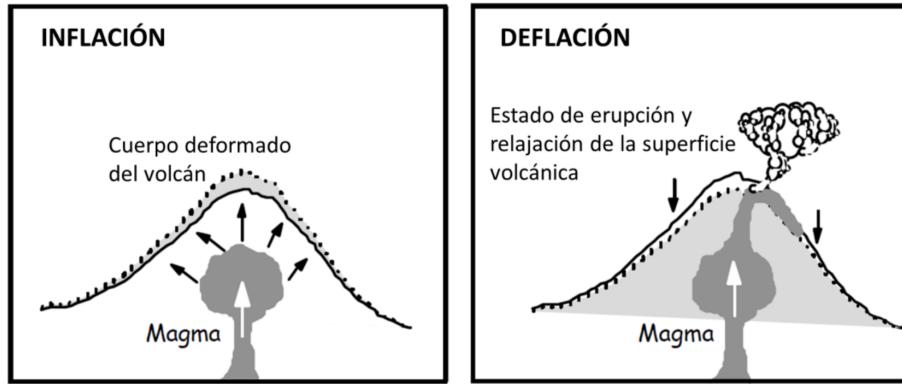


Figura 3. Procesos de inflación y deflación en volcanes [10].

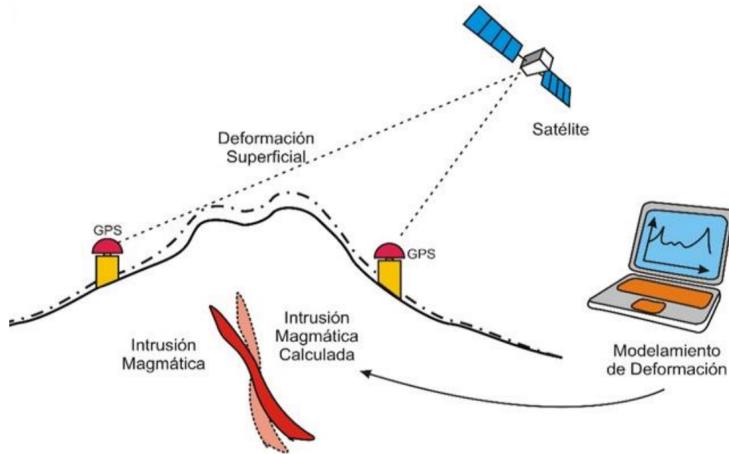


Figura 4. Diagrama del principio de aplicación de técnicas GNSS para el monitoreo de volcanes [10].

2.6. Cálculo de posiciones precisas – Series Temporales

Al momento de realizar las mediciones GNSS estáticas para realizar el monitoreo de volcanes como resultado nos entregan lo que llamamos series temporales (Figura 5). Según [10] las series temporales son gráficas que muestran la variación de cada componente de posición en coordenadas ENU (este, norte y vertical) de la estación geodésica con respecto a una posición inicial. Examinando estos gráficos se puede determinar los procesos dinámicos a los cuales esta sometido dicho punto. Los elementos que componen una serie temporal son: la posición inicial (x_0^i), la velocidad lineal, las oscilaciones estacionales (anual o semi-anual) y el ruido blanco (ϵ) como se muestra en la Ecuación (1).

$$x^i = x_0^i + \underbrace{v^i(t - t_0)}_{\text{velocidad}} + \underbrace{A_0^i \cos \left(\frac{2\pi(t - t_0)}{T_0} \tau_0 \right)}_{\substack{\text{termino estacional} \\ \text{Periodo anual}}} + \underbrace{A_1^i \cos \left(\frac{2\pi(t - t_0)}{T_1} \tau_1 \right)}_{\substack{} \\ \text{Periodo semi-anual}}} + \epsilon \quad (1)$$

2.7. Modelos de Deformación volcánica

En esta sección se detallan los distintos tipos de modelos volcánicos utilizados para explicar las deformaciones encontradas. Es importante mencionar que estos modelos solo son aplicables si existieran deformaciones detectadas por las líneas base aledañas a los volcanes. Si al terminar el análisis, no se encontrara alguna deformación esta sección quedará como *background* para posteriores estudios.

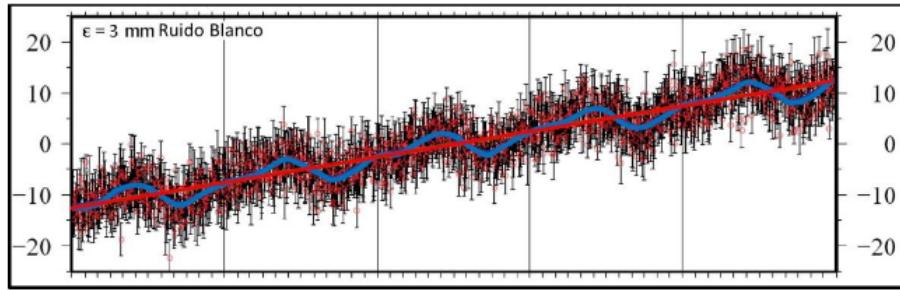


Figura 5. Elementos de una serie temporal. Linea roja representa la velocidad, la linea azul representa la estacionalidad y las barras de error son el ruido blanco [10].

Al momento de realizar el monitoreo geodésico de volcanes, se asume que la deformación de la superficie de la tierra refleja los procesos volcánicos y tectónicos a profundidad transmitidos a la superficie a través de propiedades mecánicas a la corteza [11].

Usualmente para estimar la geometría y ubicación de la fuente de deformación, se debe aceptar un modelo de repuesta de la corteza terrestre. Comúnmente, se representa a la corteza terrestre como un medio homogéneo, estropicio, elástico y de semi-espacio plano [10], [12]. Según [10], los modelos matemáticos son necesario para distinguir entre las diversas fuentes de deformación del modelo terrestre. Estos modelos pueden ayudar a caracterizar los procesos que guían la deformación y determinar parámetros como la localización de la fuente de deformación, tamaño, orientación y fuerza.

En el siguiente Cuadro (Cuadro 3) se muestran algunos modelos usualmente empleados para el modelamiento de deformaciones de la corteza terrestre. En la Figura 6 se muestran las fuentes de deformaciones volcánicas.

Modelo	Fuente	Referencia
Fuentes volcánicas		
Esfera	Camara magmatica (Magma chamer)	McTigue(1987)
Esferoide	Conducto magmatico (Conduit)	Yang and others (1988)
Grieta Pennyshaped	Sill	Fialko and others (2001)
Dislocacion tensil	Dike	Okada (1985), Okada (1992)
Fuentes sísmicas		
Dislocación rectangular	Dip- and strike-slip fault (segmento simple rectangular)	Okada (1985), Okada (1992)
Superposición de segmentos rectangular	Falla compuesta de diversos segmentos rectangulares	Jonsson and others (2002)

Cuadro 3. Tipos de modelos para deformaciones volcánicas y sísmicas [12].

2.7.1. Modelo de esfera: Cámara de magma

Según [12], la deformación debido a la expansión y contracción de una cámara de magma es modelada como la fuente de dilatación de un cuerpo elástico en medio espacio. El modelo mas común es el modelo de Mogi que simula una pequeña fuente esférica introducida en un semi espacio homogéneo, isotópico y elástico.

El atractivo del modelo de Mogi recae en su simplicidad computacional y su habilidad de predecir la deformación radial mente simétrica causada por la intrusión del magma. El

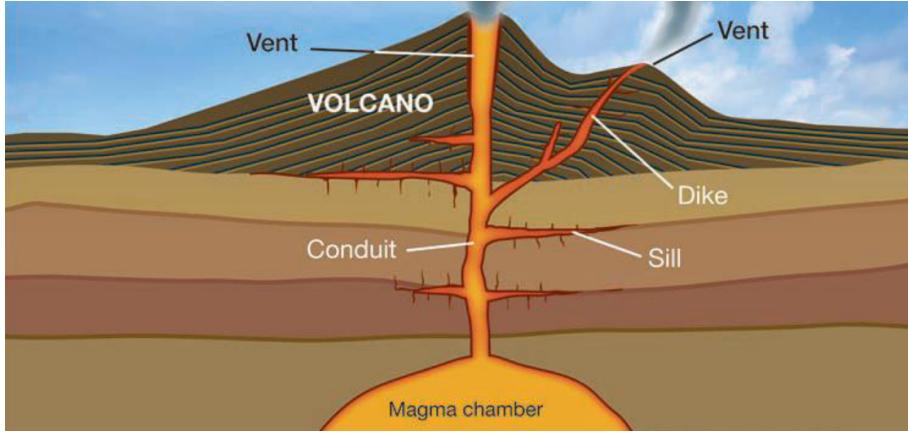


Figura 6. Fuentes de deformaciones volcánicas [13].

modelo de Mogi explica correctamente las tensiones y desplazamientos lejos del magma cámara, pero las tensiones son infinitas en la fuente. Es por este motivo que McTigue utiliza términos de mayor orden para mantener los estreses finitos. Los resultados de McTigue (1987) para deformaciones superficiales (u_z) y radiales (u_r) causada por una cámara de magma esférica presurizada (ΔP) de radio a y en la posición (x_0, y_0, z_0) se puede describir por las ecuaciones (2), (3). La Figura 7 muestra un diagrama de la descripción de estas características.

$$u_z = (1-v) \frac{\Delta P a^3}{\mu} \frac{z_0}{(r^2 + z_0^2)^{3/2}} \left\{ 1 - \left(\frac{a}{z_0} \right)^3 \left[\frac{1+v}{2(7-5v)} - \frac{15(2-v)}{4(7-5v)} \frac{z_0^2}{r^2 + z_0^2} \right] \right\} \quad (2)$$

y

$$u_r = (1-v) \frac{\Delta P a^3}{\mu} \frac{r}{(r^2 + z_0^2)^{3/2}} \left\{ 1 - \left(\frac{a}{z_0} \right)^3 \left[\frac{1+v}{2(7-5v)} - \frac{15(2-v)}{4(7-5v)} \frac{z_0^2}{r^2 + z_0^2} \right] \right\} \quad (3)$$

Donde z_0 es la profundidad de la fuente en números positivos, v es el radio de Poisson, μ es el modulo de shear. Una consecuencia directa de la suposición de una fuente puntual de dilatación es que el radio a de la cámara magmática y el cambio de presión ΔP son inseparables porque $\Delta P a^3$ es la fuerza de la singularidad del punto. Se pueden utilizar las ecuaciones (3) y (2) para calcular la deformación en las tres componentes de la superficie que comúnmente son medidas por un GPS o GNSS y esta expresadas en coordenadas ENU como se muestra en la Figura 8.

2.7.2. Modelo de esferoide: Conducto de magma

Según [10], un modelo simple volcánico incluye un conducto que transporta el magma desde la cámara hasta la superficie. Durante inactividad, esta cámara forma un domo la cual está idealizada como una cavidad esférica prolada.[12] señala que un esferoide depende de siete parámetros: El cambio de presión adimensional $\Delta P/\mu$, la relación de aspecto geométrico $A = b/a$ entre el semieje mayor a y el semieje menor b , la ubicación de la fuente (x_0, y_0, z_0), el ángulo de buzamiento θ (medido desde la superficie libre), y el ángulo de rumbo (o azimut) ϕ (medido en el sentido de las agujas del reloj desde la dirección norte positiva) tal y como se muestra en la Figura 9.

Según [10], Yang mediante expresiones analíticas, formuló una solución aproximada al campo de deformación resultante de una cavidad esférica poblada en un semi-espacio infinito. Los desplazamientos producidos por este tipo de modelamiento son mostrados en la Figura 10. En [10] se detalla que a comparación de los desplazamientos producidos por

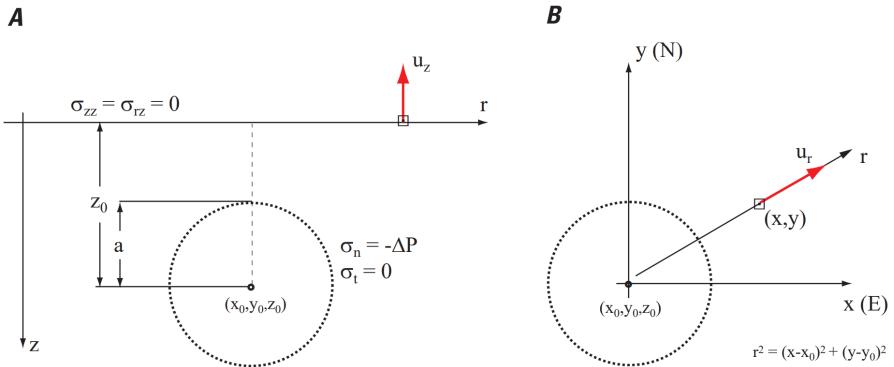


Figura 7. **A)** Sección transversal vertical que muestra las condiciones límite: las tensiones normales σ_{rz} y σ_{zz} son iguales a cero en la superficie libre, mientras que la tensión normal σ_n es igual al cambio de presión en la superficie de la cámara esférica del magma, y la tensión tangencial σ_t es cero. r y z son coordenadas cilíndricas locales, a es el radio de la fuente esférica, (X_0, Y_0, Z_0) es la ubicación de origen, u_z es la elevación. **B)** el sistema de coordenadas local en la superficie de la Tierra. x (este) y (norte) son coordenadas cartesianas locales, u_r es el desplazamiento radial. Fuente. modificado de [12].

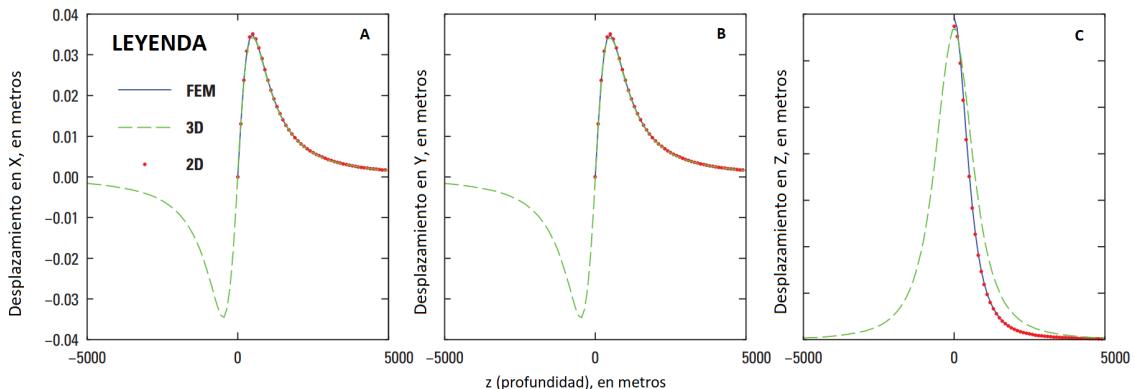


Figura 8. Deformación de la superficie libre causada por una cámara de magma esférica presurizada. **A)** Desplazamiento en X (Este) respecto a la profundidad de la fuente (z), **B)** Desplazamiento en Y (Norte) y **C)** Desplazamiento en Z (Up) respecto a (z) . Fuente. modificado de [12].

una fuente esférica, el modelo de esferoide genera desplazamientos horizontales (ejes X y Y) que decaen más suavemente y un desplazamiento vertical (eje $-Z$) con un hoyuelo característico en el ápice.

2.8. Modelo de Sill

En [10] se menciona que las intrusiones o cámaras magmáticas en forma de sill están representadas por dislocaciones de tensiones rectangulares finitas, esferoides oblatos presurizados o fracturas circulares horizontales presurizadas finitas en un cuerpo elástico semi-infinito. Según [12] esta fuente de deformación se modela como una grieta horizontal penny-shape con radio a y profundidad z_0 en un semi-espacio elástico. El eje vertical de la Figura 11-A es el eje de simetría (positivo hacia abajo), con origen en el centro de la fisura. Se supone que la superficie del semi-espacio está libre de tensiones; r y z son coordenadas espaciales, y el índice entre paréntesis corresponde a los dominios superior e inferior de la fisura (i=1 y 2 en la Figura 11-B).

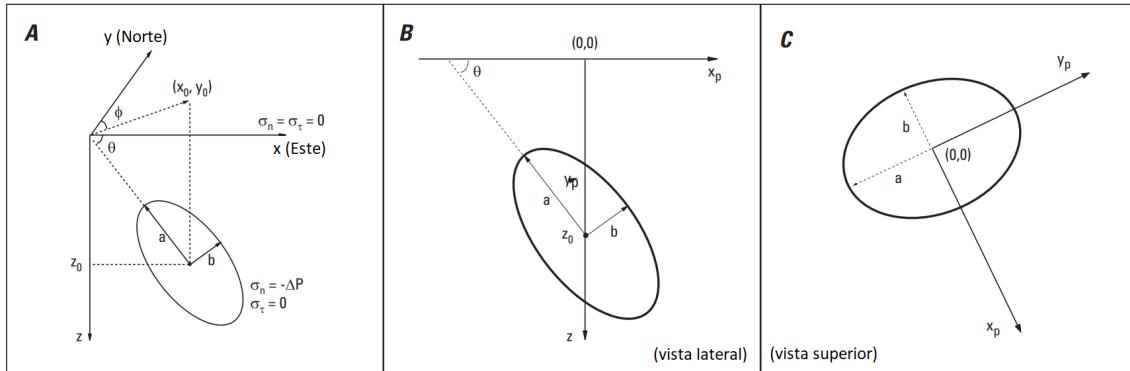


Figura 9. **A)** Definición de sistema de coordenadas y problema de valor límite para una fuente esfoidal. X , Y y Z son coordenadas cartesianas locales; X_0 , Y_0 y Z_0 , representan la ubicación de origen; θ es el ángulo de inmersión; ϕ , ángulo de golpe (o azimut); a , es el eje semi-mayor; b , eje semi-menor; La tensión normal σ_n y la tensión cortante σ_T son iguales a cero en la superficie libre, mientras que la tensión normal σ_n es igual al cambio de presión en la superficie de la cámara de magma esférica, y el esfuerzo cortante σ_T es cero. **B)** y **C)**, sistema de coordenadas utilizado por Yang y otros. X_P , Y_P y Z , sistema de coordenadas cartesianas locales. El centroide de la fuente está en el origen del sistema de coordenadas, y el ángulo de ataque ϕ es igual a cero. Fuente. modificado de [12].

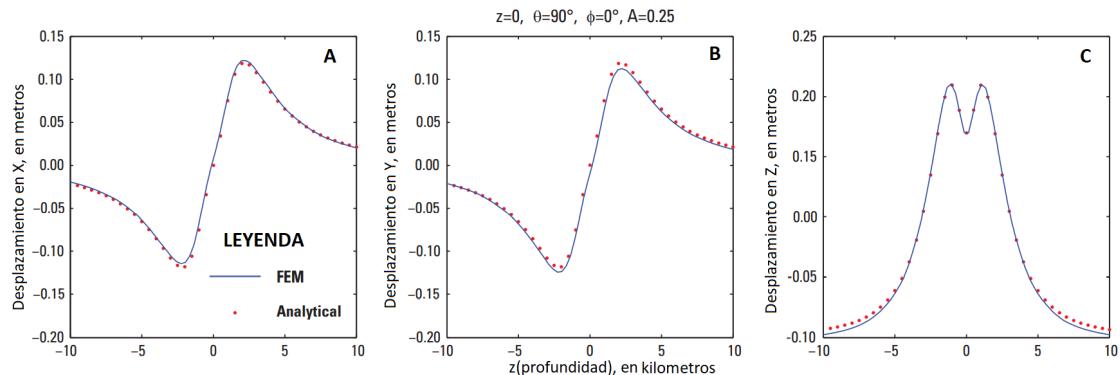


Figura 10. Deformación de superficie libre causada por el inflado de un esferoide alargado vertical ($\phi=0^\circ$) para diferentes valores de la relación de aspecto geométrico **A)** deformación horizontal (x o componente Este); **B)** deformación horizontal (componente y o norte); **C)** deformación vertical (componente z o Up). Fuente. modificado de [12].

2.9. Modelo de Dike rectangular

En [12] se explica que la dislocación puntual horizontal expresada en 2.8 para expresar el caso de una cámara magmática en forma de sill, es un caso especial de un caso más general de modelos de deformación volcánica, el cual es usado para representar intrusiones tubulares como diques y sills. En [12] se muestra la geometría de la fuente rectangular y se ilustra el sistema de coordenadas cartesianas en la Figura 12-A. Los puntos (x_i, y_i) y (x_f, y_f) representan las coordenadas inicial y final de la traza de la fuente en la superficie. Las dislocaciones elementales U corresponden al componente strike-slip (U_1), dip-slip (U_2) o de tracción (U_3) de una dislocación arbitraria. En la convención utilizada por Okada, se supone que las coordenadas están en kilómetros, mientras que U y los desplazamientos en la superficie terrestre, $u = [u_x, u_y, u_z]$, están en metros.

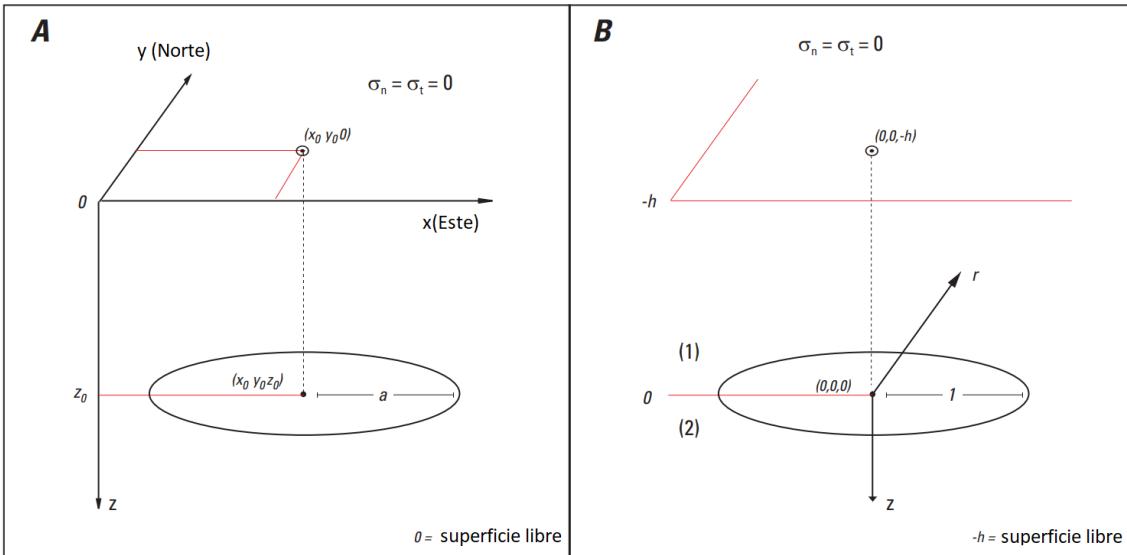


Figura 11. **A)** Coordenadas dimensionales y valores límite. x , y y z son coordenadas cartesianas locales; a , es el radio de la fuente; el esfuerzo normal σ_n y el esfuerzo cortante σ_T son iguales a cero en la superficie libre; el centro de la fuente es (x_0, y_0, z_0) y la superficie libre está en $z = 0$. **B)** Coordenadas adimensionales y valores límite. r y z , son coordenadas cilíndricas locales; el radio de la fuente es igual a 1; el esfuerzo normal σ_n y el esfuerzo cortante σ_T son iguales a cero en la superficie libre; el centro de la fuente está en el origen del sistema de coordenadas y la superficie libre está en $z = -h$. Fuente. modificado de [12].

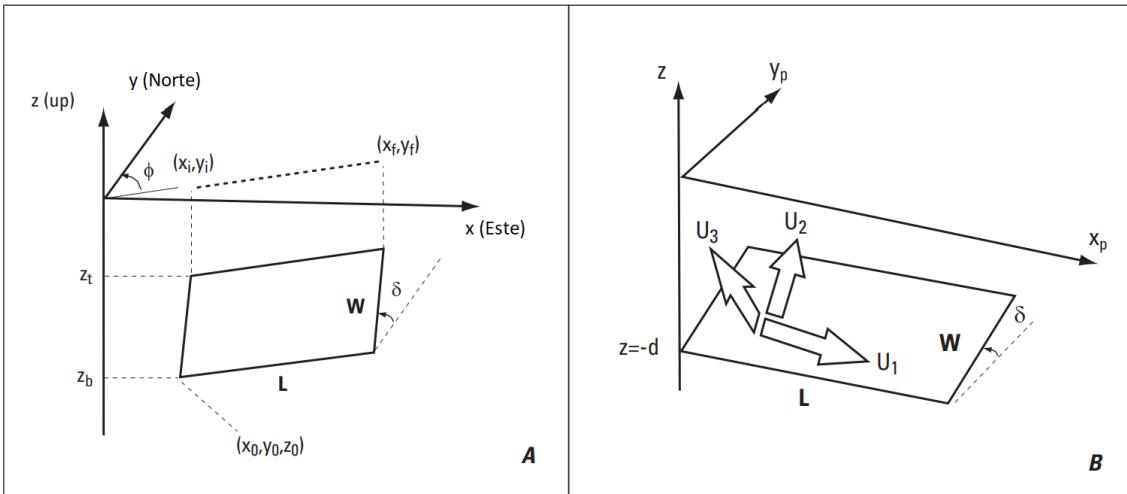


Figura 12. **A)** Geometría del modelo de dislocación en un sistema de coordenadas cartesianas; **B)** Geometría del modelo fuente. Se supone que las coordenadas de entrada están en kilómetros, mientras que las dislocaciones y los desplazamientos están en metros. La dislocación de deslizamiento (strike-slip) U_1 es mayor que 0 e identifica un movimiento lateral derecho, la dislocación de deslizamiento (dip-slip) U_2 mayor que 0 identifica un movimiento inverso y la dislocación de tracción: U_3 mayor que 0 identifica una abertura de tracción. Fuente. modificado de [12].

3. PROCEDIMIENTO

Para realizar el monitoreo del volcán Misti con los datos recolectados durante los años 2021 y 2022 se siguió el procedimiento seguido por INGEMMET y que a su vez está explicado en [5], [7] y [10]. Teniendo en cuenta estas referencias, en la presente Sección se

describen todos los pasos y configuraciones realizadas a *GAMIT/GLOBK* para el procesamiento de los datos de la estación *MTPI*.

3.1. Pre-procesamiento

La data usada para este experimento fue recolectada por *INGEMMET* del 11 de Marzo al 31 de Mayo del año 2022. Para esto, se utilizaron receptores *JAVAD TRE_G3TH* los que proveen datos en formato “.JPS”. Toda esta data fue compartida con el “Instituto Astronómico y Aeroespacial Pedro Paulet (IAAPP)” para procesar y detectar posibles deformaciones con *GAMIT 10.71*.

Para el procesamiento con *GAMIT/GLOBK*, los datos en formato “.JPS” se convirtieron a archivos de observación “*RINEX*” con el siguiente comando:

```
ls *JPS | awk '{print "teqc " $1 " > MIST" tolower(substr($1  
,5,4))".21o"}' | sh
```

Una vez convertidos los datos a *RINEX*, se debe editar el encabezado de cada uno para poder ser leídos correctamente por *GAMIT*. A continuación se listan los campos que fueron actualizados.

```
-0.obs L1L2C1P2P1S1S2  
-0.s G  
-0.r "MOVASP"  
-0.ag "INGEMMET/IAAPP"  
-0.o "OVI"  
-0.mo MTPI  
-0.mn "Piramides"  
-0.int 1  
-0.dec 30.0  
-0.rv "3.7.6"  
-0.rn "01042"  
-0.rt "JAVAD TRE_G3TH SIGMA"  
-0.an "00519"  
-0.at "JAVRINGANT_DM SCIS"  
-0.pe 0.076 0 0  
+0.c "Monitoreo de volcanes Activos del Sur de Peru - MOVASP"  
+0.c "Monitoreo de Deformacion del Volcan Sabancaya"  
+0.c "Instituto Geologico Minero y Metalurgico"  
+0.c "Observatorio Vulcanologico del INGEMMET"  
+0.c "Arequipa-Peru"  
-0.def_wf 1 1
```

Estos cambios se realizaron en cada uno de los archivos *RINEX* con el editor de encabezados *TEQC* mediante el siguiente comando.

```
ls *.21o | awk '{print "teqc -0.obs L1L2C1P2P1S1S2 -0.s G -0.  
r \"MOVASP\" -0.ag \"IAAPP/INGEMMET\" -0.o \"bespi\" -0.mo  
MTPI -0.mn \"Piramides\" -0.int 1 -0.dec 30.0 -0.rv  
\"3.7.6\" -0.rn \"01042\" -0.rt \"JAVAD TRE_G3TH SIGMA\" -  
0.an \"00519\" -0.at \"JAVRINGANT_DM SCIS\" -0.pe 0.076  
0 0 -0.def_wf 1 1 \"$1\" > mtpi" tolower(substr($1,5,4))".21  
o"}' | sh
```

Nota: El comando anterior convierte la frecuencia de muestreo de los archivos a treinta segundos de manera que sea compatible con las estaciones *IGS* y *GAMIT/GLOBK*.

3.2. Cálculo Cuasi-observaciones Finales

El cálculo de las cuasi-observaciones finales se realizó usando el programa *GAMIT* aplicando las configuraciones que se listan en el Cuadro 4. El archivo “*sestbl.*” con dichas configuraciones se muestran en la Sección 6.

Parámetros y/o Modelos	Valor y/o Variable
Control de Análisis	
Tipo de Experimento	BASELINE
Tipo de observable	LC_AUTCLN
Restricción a-priori satelital	0.01 ppm
Ponderación de Pesos	
Error de la estación	ELEVATION 10.5
Error Satelital	UNIFORM 10
Resolución de ambigüedades	
Restricción ionosférica	0.0 mm + 8.00 ppm
Resolución de ambigüedades WL/NL	0.15 0.15 1000. 99. 15000.
Parámetros Atmosféricos	
Intervalo de cálculo de retrasos	2 horas
Restricción a-priori cenital	0.50 m
Parámetros de Corrección	
Corrección para antena de receptor	AZEL
Corrección para antena de satélite	ELEV
Modelos de Cargas y de Corrección	
Modelo de carga atmosférica (ATML)	NONE
Modelo de carga oceánica	FES 2004
Modelo meteorológico	UFL GPT 50
Modelo ionosférico	GMAP
Modelo de campo magnético	IGRF13
Atmospheric Tide Grid	ANU100826_grid.atl
Tides applied	63

Cuadro 4. Principales archivos de configuración en el archivo “*sestbl.*”.

La Figura 13 muestra la estaciones IGS de referencia usadas durante el procesamiento. Entre estas tenemos: antc, areg, areq, bogt, brft, braz, chpg, cord, falk, kour, lpgs, mgue, mtv2, pove, rgdg, riop, salu, sant, savo, sptu, ufpr y unsa.

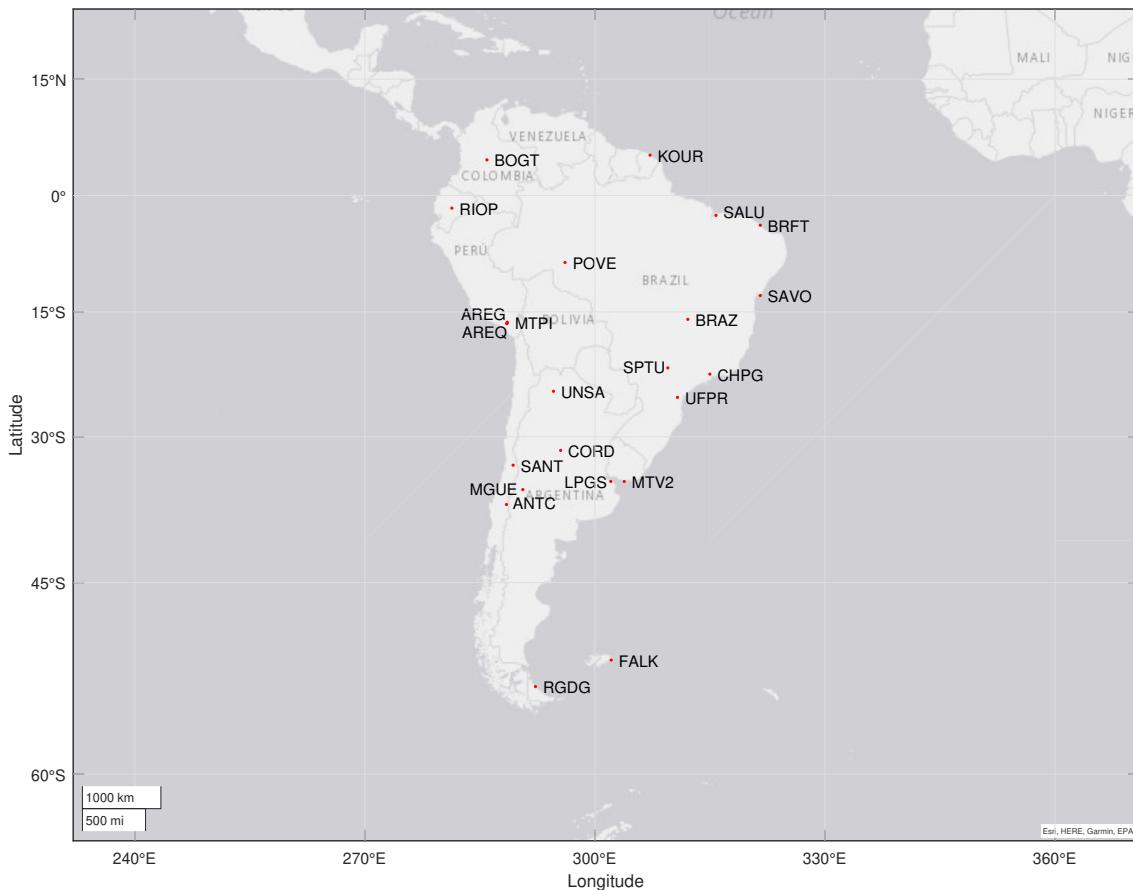


Figura 13. Estaciones IGS de referencia empleadas en el procesamiento.

Finalmente, para el procesamiento se utilizó la constelación *GPS* (comando -gnss G), órbitas finales descargadas de “cddis” y las coordenadas a priori proveídas por *INGEMET* en el archivo “gnss.peru.apr”. El procesamiento con “*GAMIT*” se realizó de modo on-line mediante los siguientes comando:

```
sh_gamit -expt iaap -s 2021 001 365 -gnss G -pres ELEV -
          orbit IGSF -copt x k p -dopts c ao
sh_gamit -expt iaap -s 2022 001 151 -gnss G -pres ELEV -
          orbit IGSF -copt x k p -dopts c ao
```

En la Sección 6, se muestran los archivos “.apr”, “sites.defaults” y “sestbl.” con las configuraciones utilizadas para el procesamiento en *GAMIT*.

3.3. Cálculo de posiciones precisas

Las series temporales de variación temporal son presentadas en coordenadas ENU (este, norte, vertical) utilizando el software *GLOBK* y como marco de referencia a *IGb14*. Se utilizó el comando “-ncomb” para juntar los h-files de cada cinco días con lo cual se obtuvieron desviaciones estándar (<3 mm) en las coordenadas Este, Norte y (<8 mm) en Up.

En la Sección 6, se muestran los archivos “globk.cmd” y “glorg.cmd” utilizados para el procesamiento con *GLOBK*.

4. RESULTADOS

La calidad de los datos obtenidos después del procesamiento en *GAMIT*, para realizar el paso descrito en 3.2, fue revisada aplicando los criterios listados en [3]:

- 1) Todos los archivos RINEX fueron usados durante el procesamiento (23 estaciones utilizadas cada día).
- 2) Los parámetros “WL fixed” se encuentran mayores a 80 % en todos los días procesados.
- 3) Se tienen bajas desviaciones estándar: del orden de 1 mm para las componentes este y norte y del orden de 3 mm para la componente UP como muestra el Cuadro 5.

Finalmente, la Figura 14 muestra la serie de tiempo obtenida después del procesamiento con GAMIT y GLOBK.

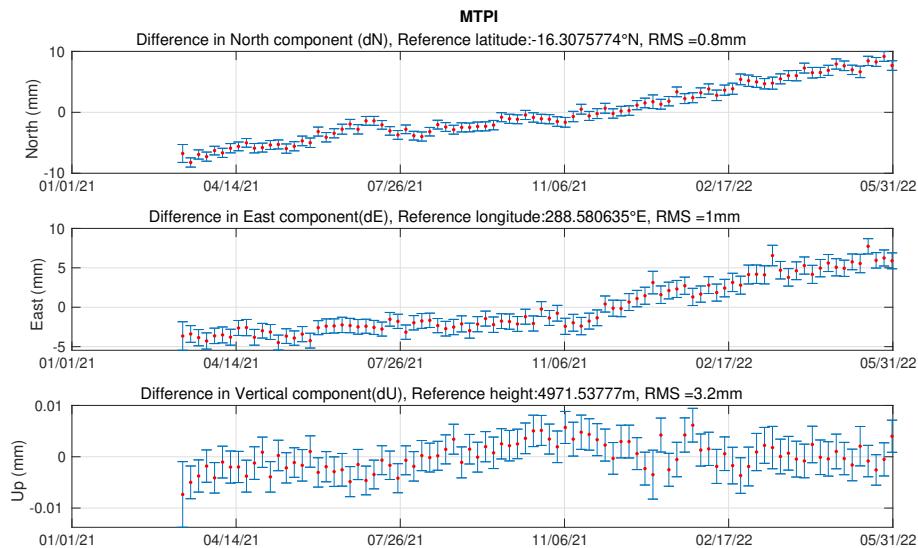


Figura 14. Coordenadas NEU de la estación MTPI obtenidas juntando data cada 5 días.

Componente Norte			
Desviación estándar Media	0.80 mm	-	
Desviación estándar Mínima	0.70 mm	Día: 2021/07/19	
Desviación estándar Máxima	1.83 mm	Día: 2022/05/31	
Componente Este			
Desviación estándar Media	1.04 mm	-	
Desviación estándar Mínima	0.87 mm	Día: 2021/07/19	
Desviación estándar Máxima	2.19 mm	Día: 2022/05/31	
Componente UP o Vertical			
Desviación estándar Media	3.23 mm	-	
Desviación estándar Mínima	2.77 mm	Día: 2021/07/19	
Desviación estándar Máxima	7.36 mm	Día: 2022/05/31	

Cuadro 5. Desviaciones estándar media, máximas y mínimas del procesamiento.

Como se puede observar en la Figura 14, se observa un leve desplazamiento especialmente en la componente Norte. Este movimiento es producto de la dinámica del suelo. Sin embargo se debe determinar si este desplazamiento es producto de la dinámica del volcán o de la dinámica tectónica de la placa sudamericana.

4.1. Determinación de la dinámica volcánica mediante en uso de lineas base

Para determinar que el desplazamiento observado en las posiciones precisas de la Figura 14 es debido de la dinámica volcánica y no a la dinámica de la placa sudamericana, En [10], [5] y [7] se aplica el método de lineas base.

Una linea base sirve para determinar si dos estaciones se están moviendo una respecto a la otra. En este informe se utilizará la herramienta *tsview* para MATLAB la que es distribuida por los creadores de *GAMIT/GLOBK*. En la Figura 15 se muestran las estaciones locales (AREG y AREQ) más cercanas a la estación MTPI que se encuentra bajo estudio.

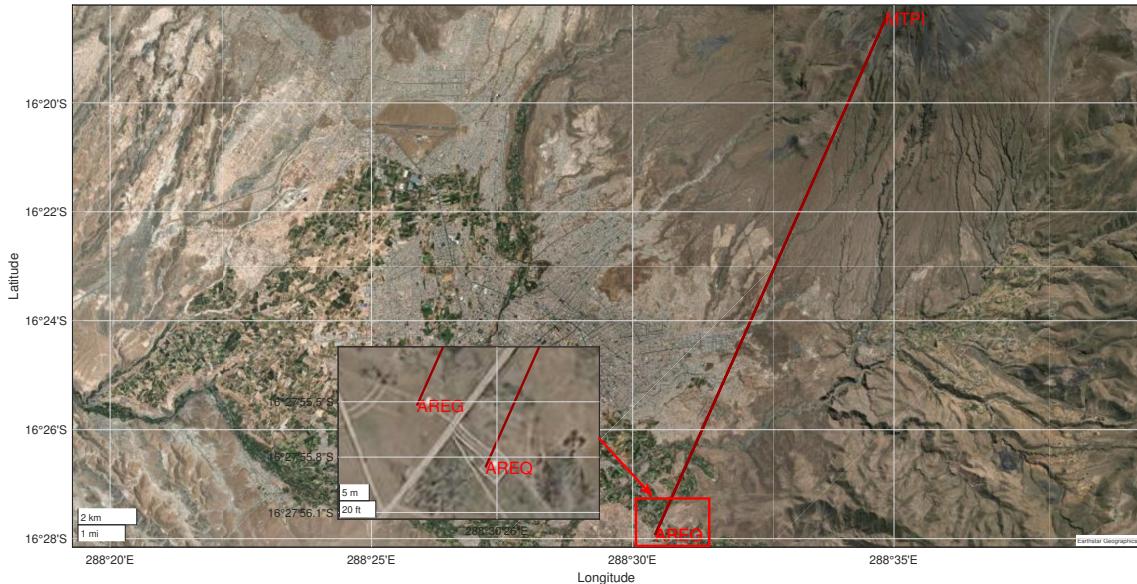


Figura 15. Red de estaciones geodésicas empleadas para el estudio del Volcán Misti (MTPI).

En las Figura 16, se muestran las coordenadas ENU superpuestas de las estaciones MTPI, AREG y AREQ. Es importante mencionar que la diferencia de posición (offset) ha sido removido con la herramienta *tsview* con el fin de realizar la comparación y determinar si el movimiento relativo producido por la dinámica del Volcán Misti existe.

Adicionalmente, en el presente informe se han calculado tres lineas base las cuales son listadas a continuación con referencia en la Figura 15.

- MTPI-AREQ
- MTPI-AREG
- AREQ-AREG

Linea Base	Longitud media (m)			Desviación estándar (mm)		
	Este	Norte	Up	Este	Norte	Up
MTPI-AREQ	7844.26	17486.08	2511.53	1.9	1.4	5.5
MTPI-AREG	7855.78	17475.79	2511.10	1.9	1.4	5.7
AREQ-AREG	11.51	-10.30	-0.42	1.9	1.3	5.3

Cuadro 6. Resultados calculados de linea base.

Las tres lineas base calculadas en este informe son mostradas en las Figuras 17, 18 y 19 con sus componentes Este Norte y Vertical (ENU). En la Figura 17 se muestra la linea base entre la estación MTPI y AREQ. En esta Figura, adicionalmente se muestra

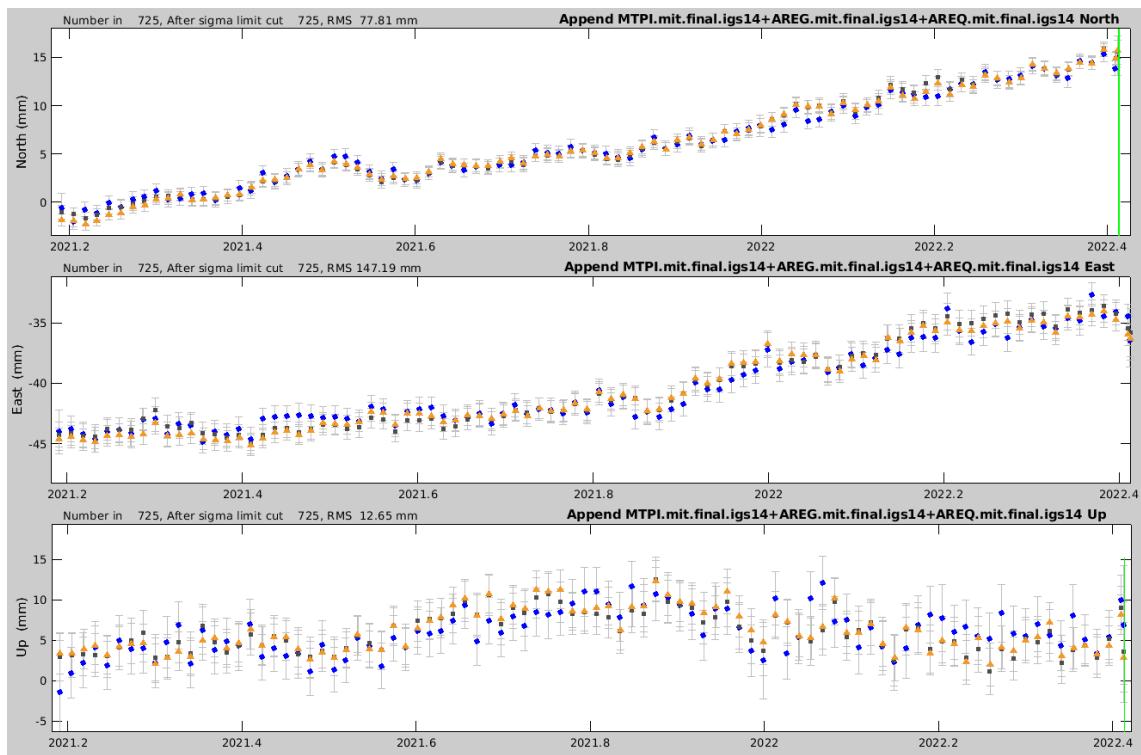


Figura 16. Comparación entre la estación MTPI (Azul), AREG (Gris) y AREQ (Amarillo) con offset removidos.

con línea verde el valor medio de cada componente. De similar manera, en las figuras 18 y 19 se muestran las líneas base MTPI-AREG y AREQ-AREG junto a sus valores medios. Los resultados obtenidos en las líneas base son listados en el Cuadro 6.

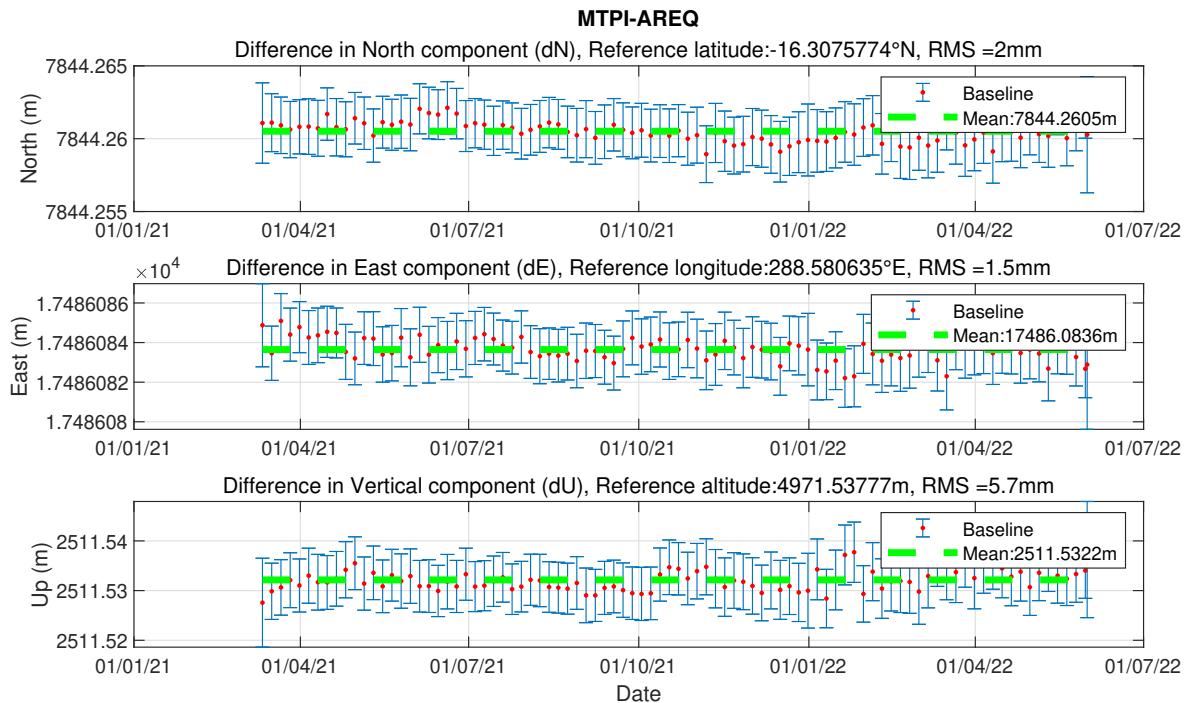


Figura 17. Línea base MTPI-AREQ. La linea punteada verde representa la tendencia de movimiento.

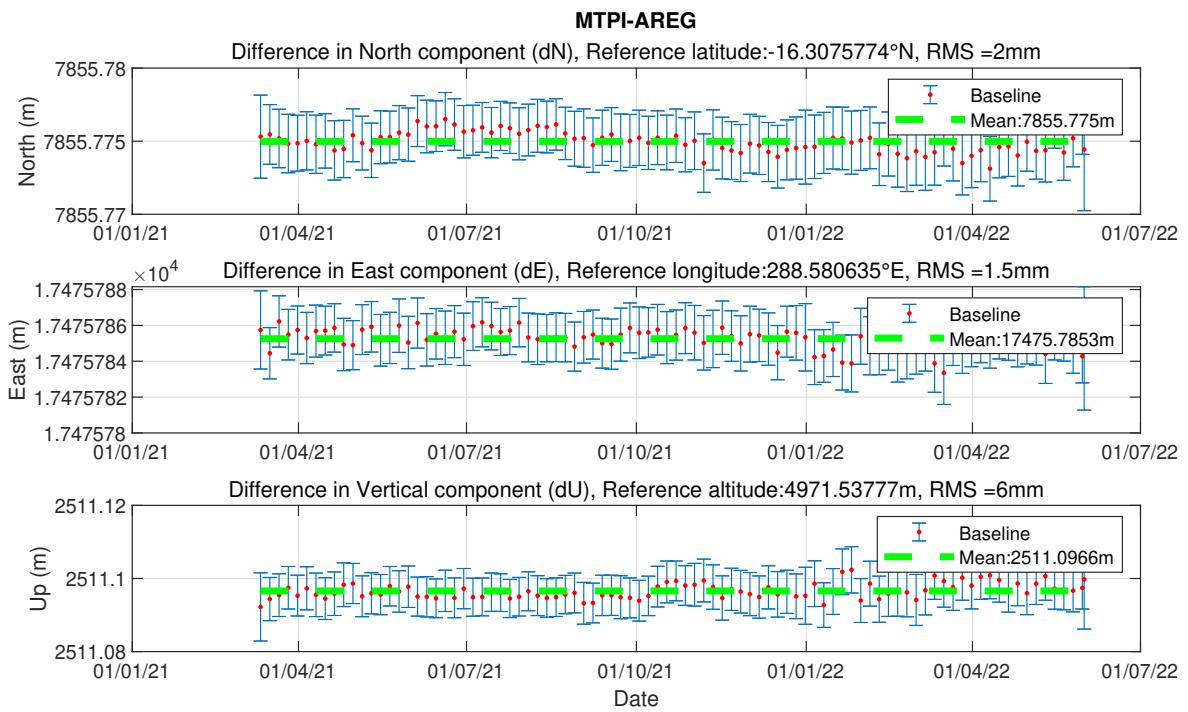


Figura 18. Linea base MTPI-AREG. La linea punteada verde representa la tendencia de movimiento.

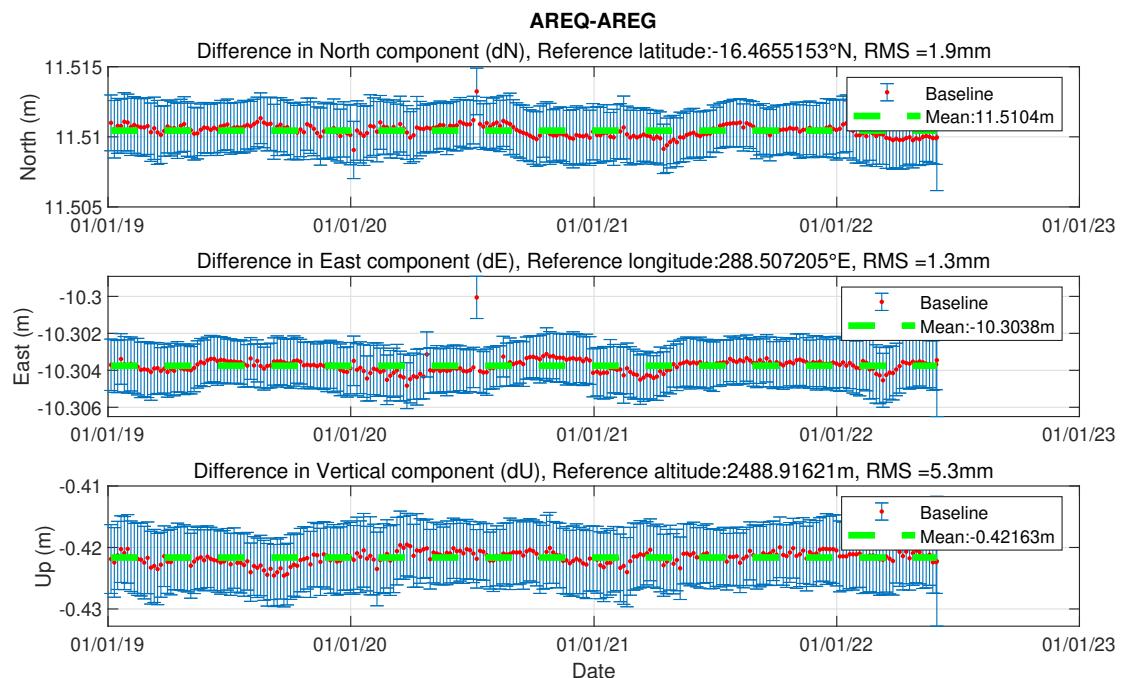


Figura 19. Linea base AREQ-AREG. La linea punteada verde representa la tendencia de movimiento.

Como se puede observar en las Figuras 17, 18 y 19, las líneas base se mantienen constantes y las oscilaciones vistas en las mediciones corresponden a los términos estacionales. Esto es indicativo de desplazamiento equivalente en las tres estaciones locales (AREQ, AREG y MTPI) con lo que se puede afirmar que el desplazamiento observado en la Figura 14 es producto de la dinámica de la placa tectónica sudamericana y no se ha generado ningún movimiento producto de la dinámica del volcán Misti. Si existiera movimiento de

inflación y deflación como el descrito en la Figura 3, las líneas base entre las estaciones locales tendrían una pendiente positiva o negativa con lo que se afirmaría que la distancia entre ellas está creciendo o decreciendo.

5. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

En el presente informe se realizó el análisis y procesamiento de datos GPS para el monumento MTPI ubicado en el volcán MISTI durante el 11 de Marzo al 31 de Mayo del año 2022 obteniendo desviaciones estándar de aproximadamente <1 mm en las componentes Norte y Este mientras que en la componente Up se obtuvo una desviación estándar de <4 mm.

Para validar los resultados obtenidos en este procesamiento, en la Figura 20 se presenta una comparación entre las posiciones finales obtenidas por el Laboratorio Geodésico de Nevada [14] y las posiciones finales obtenidas por el Instituto Astronómico y Aeroespacial Pedro Paulet (IAAPP) para la estación AREQ. Como se puede observar en la Figura 20,

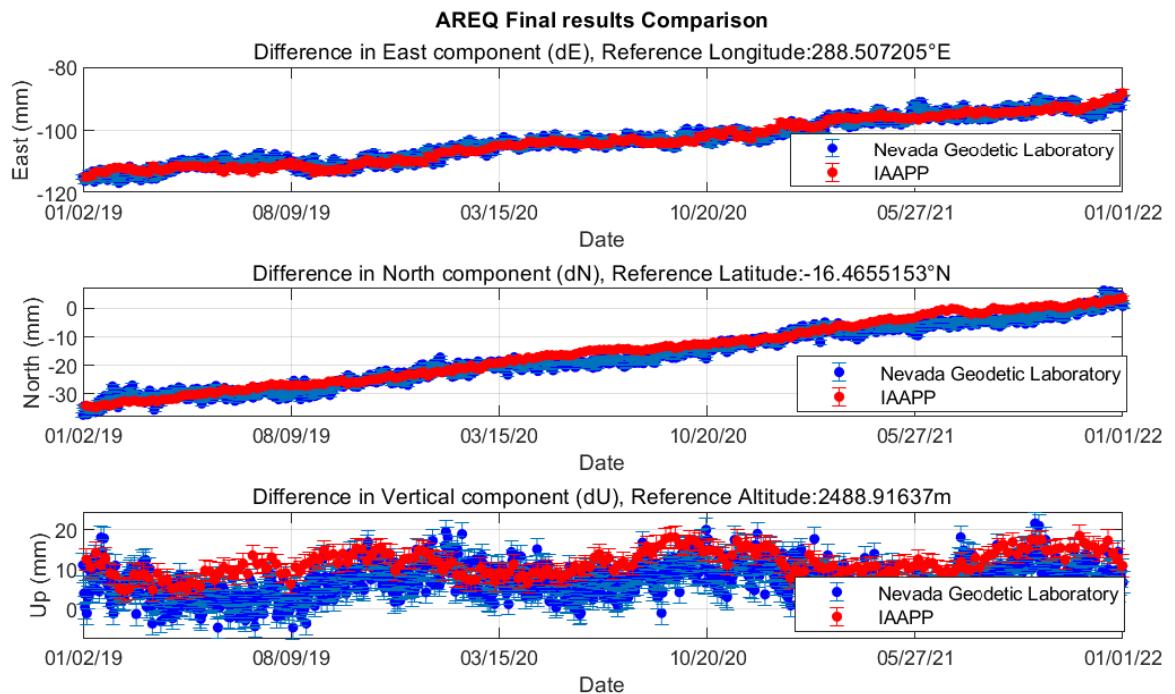


Figura 20. Posiciones finales calculadas por el Laboratorio Geodésico de Nevada y el Instituto Astronómico y Aeroespacial Pedro Paulet (IAAPP) para la estación AREQ durante el periodo 01/01/2019 - 01/01/2022

las posiciones finales son equivalentes por lo que se deduce que el procesamiento obtenido es correcto. A modo de validar los resultados obtenidos para la estación MTPI, en la Figura 21 se muestra una comparación entre el procesamiento realizado por INGEMMET y el Instituto Astronómico y Aeroespacial Pedro Paulet (IAAPP). Es importante mencionar que el procesamiento realizado por INGEMMET se realizó utilizando órbitas rápidas y como marco de referencia a SAM14. En cambio en el IAAPP se utilizaron órbitas finales y como marco de referencia al IGB14. Al momento de realizar una comparación entre ambos procesamiento se puede apreciar que en el desplazamiento Norte (dN) hay una diferencia de 13 cm, en la componente este la diferencia es de 3.8mm y en la componente up (dU) la diferencia es de 6cm. Las diferencias obtenidas entre ambos procesamientos de deben a que se utilizan distintos marcos de referencia. Sin embargo, como se puede ver en la Figura

21, al remover estas diferencias o *offset* se aprecia que las tendencias son muy parecidas y que los errores asociados se deben estrictamente al cambio del marco de referencia.

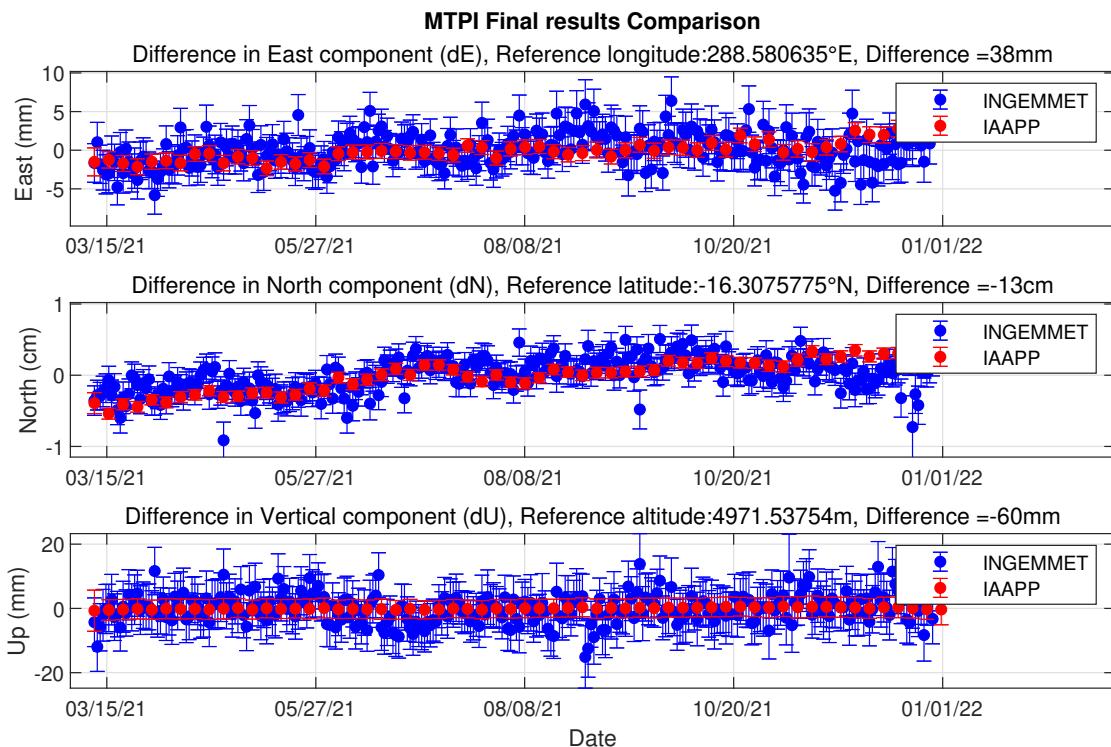


Figura 21. Comparación procesamiento INGEMMET con procesamiento IAAPP con *offset* removidos durante el periodo 03/15/21 - 01/01/22.

Dentro de la data procesada en las estaciones de referencia, y según [15], no se han detectado movimientos tectónicos o discontinuidades en la data procesada de las estaciones cercanas a la estación MTPI. Estos resultados son coherentes con los análisis presentados en [7] y [5] en donde se afirma que el desplazamiento detectado por los receptores GNSS es muy pequeño y no representan un proceso de deformación superficial precursor de una erupción en el Volcán Misti.

De manera análoga, según la Figura 14 y el estudio de lineas base desarrollado en la Sección 4.1, se puede asegurar que no ha existido desplazamiento alguno producido por algún proceso Geológico o volcánico que represente peligro de erupción en el volcán MISTI.

6. ANEXOS

En esta Sección se presentan los archivos utilizados para el procesamiento con la data del monumento MTPI con el fin de reproducir los resultados presentados.

6.1. Archivo de coordenadas a priori "gnss.peru.apr"

```
# Combined ITRF/IGS/EPN/NGS solutions expressed in IGS realization of ITRF2014
# Created with combine.IGS14.sh by Mike Floyd on 2020-05-31 and sites.default
# Site X (m) Y (m) Z (m) vX (m/yr) vY (m/yr) vZ (m/yr) Epoch
# sigX (m) sigY (m) sigZ (m) sigvX sigvY sigvZ Notes
# Relative to South America plate as defined by Altamimi et al.'s (2017) ITRF2014 plate motion
# model
+REFERENCE_FRAME SAM14
ANTC.GPS 1608539.65375 -4816369.72760 -3847798.49566 0.01464 0.00443 -0.00078 2010.000
0.00057 0.00061 0.00074 0.00003 0.00004 0.00005 41713S001 from ITRF2014
ANTC.2PS 1608538.90190 -4816370.07553 -3847798.32431 0.01464 0.00443 -0.00078 2010.000
0.00057 0.00061 0.00074 0.00003 0.00004 0.00005 41713S001 from ITRF2014
ANTC.3PS 1608538.91913 -4816370.05225 -3847798.30881 0.01070 -0.00041 -0.00472 2010.000
0.00056 0.00119 0.00094 0.00007 0.00015 0.00012 41713S001 from IGS21P02
AREG.GPS 1942816.33671 -5804077.14584 -1796884.46634 0.00969 0.00223 0.00109 2010.000
0.00055 0.00121 0.00050 0.00006 0.00014 0.00006 42202M008 from IGS21P02
```

AREQ_GPS	1942785.21430	-5804081.58399	-1796910.83955	0.01383	0.00447	0.00300	2010.000
0.05149	0.05099	0.01772	0.00003	0.00006	0.00003	42202M005	from IGS21P02
AREQ_2PS	1942826.88821	-5804070.23340	-1796893.79249	0.01381	0.00482	0.00321	2010.000
0.00085	0.00148	0.00058	0.00002	0.00003	0.00001	42202M005	from IGb14
AREQ_3PS	1942826.88969	-5804070.22927	-1796893.78565	0.01381	0.00482	0.00321	2010.000
0.00026	0.00056	0.00023	0.00002	0.00003	0.00001	42202M005	from IGb14
AREQ_4PS	1942826.88559	-5804070.23338	-1796893.78337	0.01381	0.00482	0.00321	2010.000
0.00018	0.00038	0.00016	0.00002	0.00003	0.00001	42202M005	from IGb14
AREQ_5PS	1942826.44123	-5804070.26332	-1796894.06421	0.01380	0.00482	0.00321	2010.000
0.00072	0.00160	0.00065	0.00002	0.00003	0.00001	42202M005	from IGb14
AREQ_6PS	1942826.41490	-5804070.26217	-1796894.09988	0.01380	0.00482	0.00320	2010.000
0.00010	0.00022	0.00009	0.00002	0.00003	0.00001	42202M005	from IGb14
AREQ_7PS	1942826.41189	-5804070.26408	-1796894.09667	0.01380	0.00482	0.00320	2010.000
0.00005	0.00009	0.00004	0.00002	0.00003	0.00001	42202M005	from IGb14
AREQ_8PS	1942826.41162	-5804070.26736	-1796894.09595	0.01379	0.00481	0.00319	2010.000
0.00011	0.00024	0.00010	0.00002	0.00003	0.00001	42202M005	from IGb14
AREQ_9PS	1942826.41149	-5804070.27166	-1796894.09736	0.01379	0.00481	0.00319	2010.000
0.00017	0.00036	0.00015	0.00002	0.00003	0.00001	42202M005	from IGb14
BOGT_GPS	1744398.95780	-6116037.37078	512731.78529	-0.00585	0.03791	0.00169	2010.000
0.00077	0.00138	0.00062	0.00005	0.00010	0.00004	41901M001	from ITRF2014
BOGT_2PS	1744398.96154	-6116037.32479	512731.78237	-0.00585	0.03791	0.00169	2010.000
0.00071	0.00120	0.00060	0.00005	0.00010	0.00004	41901M001	from ITRF2014
BOGT_3PS	1744398.97444	-6116037.33736	512731.77588	-0.00586	0.03791	0.00169	2010.000
0.00061	0.00086	0.00056	0.00005	0.00010	0.00004	41901M001	from ITRF2014
BOGT_4PS	1744398.95864	-6116037.26518	512731.77816	-0.00878	0.05272	0.00110	2010.000
0.00061	0.00084	0.00056	0.00007	0.00014	0.00005	41901M001	from ITRF2014
BOGT_5PS	1744398.96368	-6116037.29423	512731.78051	-0.00607	0.04059	0.00076	2010.000
0.00060	0.00082	0.00056	0.00009	0.00018	0.00006	41901M001	from ITRF2014
BOGT_6PS	1744398.96578	-6116037.29121	512731.77834	-0.00607	0.04059	0.00076	2010.000
0.00059	0.00078	0.00056	0.00009	0.00018	0.00006	41901M001	from ITRF2014
BOGT_7PS	1744398.95928	-6116037.28197	512731.78245	-0.00607	0.04059	0.00076	2010.000
0.00058	0.00071	0.00055	0.00009	0.00018	0.00006	41901M001	from ITRF2014
BOGT_8PS	1744398.96310	-6116037.28690	512731.78102	-0.00607	0.04059	0.00076	2010.000
0.00057	0.00069	0.00055	0.00009	0.00018	0.00006	41901M001	from ITRF2014
BOGT_9PS	1744398.96107	-6116037.26994	512731.77906	-0.00508	0.03182	0.00184	2010.000
0.00057	0.00071	0.00055	0.00004	0.00007	0.00004	41901M001	from ITRF2014
BOGT_JPS	1744398.94491	-6116037.24163	512731.77339	-0.00244	0.02435	0.00269	2010.000
0.00045	0.00104	0.00026	0.00005	0.00012	0.00003	41901M001	from IGS21P02
BRFT_GPS	4985393.51401	-3954993.43649	-428426.64574	-0.00031	0.00028	-0.00006	2010.000
0.00040	0.00033	0.00013	0.00009	0.00007	0.00003	41602M002	from IGb14
BRFT_2PS	4985393.51743	-3954993.44132	-428426.63764	-0.00031	0.00028	-0.00006	2010.000
0.00031	0.00026	0.00010	0.00009	0.00007	0.00003	41602M002	from IGb14
BRFT_3PS	4985393.51304	-3954993.43592	-428426.64546	-0.00031	0.00028	-0.00006	2010.000
0.00012	0.00010	0.00004	0.00009	0.00007	0.00003	41602M002	from IGb14
BRFT_4PS	4985393.51384	-3954993.43852	-428426.63635	-0.00031	0.00028	-0.00006	2010.000
0.00049	0.00039	0.00015	0.00009	0.00007	0.00003	41602M002	from IGb14
BRFT_5PS	4985393.51209	-3954993.43519	-428426.64712	0.00012	0.00003	0.00141	2010.000
0.00032	0.00025	0.00009	0.00011	0.00008	0.00003	41602M002	from IGb14
BRFT_6PS	4985393.51768	-3954993.44174	-428426.64141	0.00011	0.00003	0.00140	2010.000
0.00077	0.00058	0.00022	0.00011	0.00008	0.00003	41602M002	from IGb14
BRFT_7PS	4985393.51478	-3954993.43892	-428426.65594	0.00011	0.00003	0.00140	2010.000
0.0105	0.00080	0.00030	0.00011	0.00008	0.00003	41602M002	from IGb14
BRAZ_GPS	4115014.06900	-4550641.58570	-1741443.89494	-0.00061	0.00056	0.00037	2010.000
0.00050	0.00055	0.00027	0.00002	0.00002	0.00001	41606M001	from IGb14
BRAZ_2PS	4115014.06438	-4550641.58238	-1741443.89350	-0.00061	0.00056	0.00037	2010.000
0.00039	0.00042	0.00021	0.00002	0.00002	0.00001	41606M001	from IGb14
BRAZ_3PS	4115014.07177	-4550641.58642	-1741443.89510	-0.00061	0.00056	0.00037	2010.000
0.00016	0.00017	0.00009	0.00002	0.00002	0.00001	41606M001	from IGb14
BRAZ_4PS	4115014.06894	-4550641.58666	-1741443.89324	-0.00061	0.00055	0.00038	2010.000
0.00007	0.00007	0.00004	0.00002	0.00002	0.00001	41606M001	from IGb14
BRAZ_5PS	4115014.06896	-4550641.59922	-1741443.89455	-0.00061	0.00055	0.00038	2010.000
0.00047	0.00050	0.00025	0.00002	0.00002	0.00001	41606M001	from IGb14
BRAZ_6PS	4115014.07034	-4550641.58882	-1741443.89393	-0.00061	0.00055	0.00038	2010.000
0.00032	0.00035	0.00017	0.00002	0.00002	0.00001	41606M001	from IGb14
BRAZ_7PS	4115014.06877	-4550641.59902	-1741443.89229	-0.00061	0.00055	0.00039	2010.000
0.00018	0.00019	0.00010	0.00002	0.00002	0.00001	41606M001	from IGb14
BRAZ_8PS	4115014.08163	-4550641.59089	-1741443.89442	-0.00060	0.00055	0.00039	2010.000
0.00048	0.00051	0.00026	0.00002	0.00002	0.00001	41606M001	from IGb14
BRAZ_9PS	4115014.07702	-4550641.59316	-1741443.89873	-0.00060	0.00055	0.00040	2010.000
0.00021	0.00023	0.00012	0.00002	0.00002	0.00001	41606M001	from IGb14
BRAZ_JPS	4115014.08030	-4550641.59639	-1741443.89750	-0.00060	0.00055	0.00040	2010.000
0.00023	0.00024	0.00013	0.00002	0.00003	0.00001	41606M001	from IGb14
CHPG_GPS	4163476.67221	-4163821.93017	-2444511.20472	0.00037	-0.00001	0.00029	2010.000
0.00183	0.00184	0.00117	0.00020	0.00020	0.00013	41609M004	from IGS21P02
CORD_GPS	2345503.89349	-4910842.85886	-3316365.29946	0.00169	0.00156	0.00075	2010.000
0.00083	0.00103	0.00013	0.00011	0.00019	0.00013	41511M001	from IGS21P02
CORD_2PS	2345503.89487	-4910842.86495	-3316365.29974	0.00169	0.00156	0.00075	2010.000
0.00050	0.00091	0.00063	0.00011	0.00019	0.00013	41511M001	from IGS21P02
CORD_3PS	2345503.85414	-4910842.86351	-3316365.32272	0.00169	0.00156	0.00075	2010.000
0.00057	0.00103	0.00072	0.00011	0.00019	0.00013	41511M001	from IGS21P02
CORD_4PS	2345503.85165	-4910842.85511	-3316365.31195	-0.00106	-0.00054	-0.00094	2010.000
0.00051	0.00089	0.00062	0.00006	0.00011	0.00007	41511M001	from IGS21P02
FALK_GPS	2106811.34776	-3355170.67164	-4981786.31432	0.00035	-0.00021	0.00104	2010.000
0.00012	0.00016	0.00020	0.00003	0.00004	0.00005	80602M001	from IGb14
FALK_2PS	2106811.34664	-3355170.67191	-4981786.31345	0.00036	-0.00021	0.00104	2010.000
0.00010	0.00014	0.00017	0.00003	0.00004	0.00005	80602M001	from IGb14
FALK_3PS	2106811.34707	-3355170.67308	-4981786.31140	0.00035	-0.00021	0.00104	2010.000
0.00022	0.00030	0.00038	0.00003	0.00004	0.00005	80602M001	from IGb14
KOUR_GPS	3839591.34984	-5059567.56126	579957.10259	-0.00080	0.00053	0.00058	2010.000
0.00046	0.00056	0.00020	0.00003	0.00003	0.00001	97301M210	from IGb14
KOUR_2PS	3839591.35651	-5059567.56850	579957.10524	-0.00081	0.00053	0.00058	2010.000
0.00041	0.00051	0.00016	0.00003	0.00003	0.00001	97301M210	from IGb14
KOUR_3PS	3839591.35227	-5059567.56564	579957.10031	-0.00081	0.00053	0.00058	2010.000
0.00028	0.00035	0.00012	0.00003	0.00003	0.00001	97301M210	from IGb14
KOUR_4PS	3839591.36882	-5059567.58149	579957.10616	-0.00081	0.00053	0.00058	2010.000
0.00018	0.00022	0.00007	0.00003	0.00003	0.00001	97301M210	from IGb14
KOUR_5PS	3839591.36751	-5059567.57490	579957.11208	-0.00080	0.00054	0.00058	2010.000
0.00018	0.00022	0.00007	0.00003	0.00003	0.00001	97301M210	from IGb14
KOUR_6PS	3839591.36616	-5059567.57720	579957.10876	-0.00079	0.00055	0.00058	2010.000
0.00022							

KOUR_8PS	3839591.37093	-5059567.57474	579957.10715	-0.00077	0.00055	0.00057	2010.000
	0.00019	0.00023	0.00008	0.00003	0.00003	0.00001	97301M210 from IGb14
KOUR_9PS	3839591.37791	-5059567.57412	579957.10065	-0.00077	0.00055	0.00057	2010.000
	0.00038	0.00048	0.00016	0.00003	0.00003	0.00001	97301M210 from IGb14
LPGS_GPS	2780103.01821	-4437418.96150	-3629404.46956	0.00157	-0.00109	-0.00139	2010.000
	0.00029	0.00042	0.00033	0.00002	0.00002	0.00002	41510M001 from IGb14
LPGS_2PS	2780103.01426	-4437418.96132	-3629404.46715	0.00157	-0.00109	-0.00139	2010.000
	0.00010	0.00014	0.00012	0.00002	0.00002	0.00002	41510M001 from IGb14
LPGS_3PS	2780102.99438	-4437418.96564	-3629404.46354	0.00157	-0.00109	-0.00139	2010.000
	0.00012	0.00018	0.00014	0.00002	0.00002	0.00002	41510M001 from IGb14
LPGS_4PS	2780102.99278	-4437418.96055	-3629404.45826	0.00157	-0.00109	-0.00139	2010.000
	0.00032	0.00048	0.00039	0.00002	0.00002	0.00002	41510M001 from IGb14
LPGS_5PS	2780102.98747	-4437418.95526	-3629404.45110	0.00157	-0.00109	-0.00139	2010.000
	0.00014	0.00019	0.00016	0.00002	0.00002	0.00002	41510M001 from IGb14
LPGS_6PS	2780102.97850	-4437418.95024	-3629404.44495	0.00157	-0.00109	-0.00139	2010.000
	0.00021	0.00030	0.00025	0.00002	0.00002	0.00002	41510M001 from IGb14
LPGS_7PS	2780102.97677	-4437418.94798	-3629404.44598	0.00157	-0.00109	-0.00139	2010.000
	0.00019	0.00026	0.00021	0.00002	0.00002	0.00002	41510M001 from IGb14
MGUE_GPS	1823327.95750	-4850352.39650	-3709085.55594	-0.02150	-0.01133	0.00333	2010.000
	0.00062	0.00078	0.00082	0.00007	0.00013	0.00010	41558M001 from ITRF2014
MGUE_2PS	1823327.89555	-4850352.42486	-3709085.54680	-0.01083	-0.00650	0.00122	2010.000
	0.00046	0.00093	0.00071	0.00005	0.00011	0.00008	41558M001 from IGS21P02
MTV2_GPS	2914537.00073	-34349790.31576	-3630033.41746	-0.00024	-0.00019	-0.00030	2010.000
	0.00177	0.00254	0.00196	0.00019	0.00027	0.00021	42323S001 from IGS21P02
POVE_GPS	2774265.60303	-5662060.15388	-959415.86930	-0.00035	0.00106	0.00067	2010.000
	0.00058	0.00066	0.00060	0.00004	0.00005	0.00004	41628M001 from ITRF2014
POVE_2PS	2774265.60977	-5662060.17265	-959415.87093	-0.00046	0.00234	0.00090	2010.000
	0.00037	0.00064	0.00020	0.00004	0.00007	0.00002	41628M001 from IGS21P02
RGDG_GPS	1429870.38055	-3495334.75194	-5122723.03589	0.00214	-0.00064	0.00068	2010.000
	0.00078	0.00135	0.00186	0.00008	0.00015	0.00020	41507M007 from IGS21P02
RIOP_GPS	1255144.99274	-6253609.42882	-182569.77203	0.00504	0.00203	-0.00185	2010.000
	0.00174	0.00513	0.00133	0.00014	0.00042	0.00010	42006M001 from ITRF2014
RIOP_2PS	1255144.91582	-6253609.48754	-182569.86575	-0.00138	-0.00336	-0.01025	2010.000
	0.00078	0.00188	0.00069	0.00007	0.00019	0.00005	42006M001 from ITRF2014
RIOP_3PS	1255144.96008	-6253609.44742	-182569.81319	0.00298	0.00351	-0.00627	2010.000
	0.00060	0.00090	0.00058	0.00010	0.00028	0.00007	42006M001 from ITRF2014
RIOP_4PS	1255144.96180	-6253609.43917	-182569.80308	0.00462	0.00299	-0.00356	2010.000
	0.00057	0.00069	0.00057	0.00005	0.00010	0.00004	42006M001 from ITRF2014
RIOP_5PS	1255144.95057	-6253609.43327	-182569.80680	0.00835	0.00088	-0.00192	2010.000
	0.00059	0.00081	0.00058	0.00005	0.00012	0.00005	42006M001 from ITRF2014
RIOP_7PS	1255145.06588	-6253609.48511	-182569.88442	-0.01382	0.00834	0.01294	2010.000
	0.01257	0.03548	0.00910	0.00193	0.00544	0.00139	42006M001 from IGS21P02
RIOP_8PS	1255144.95201	-6253609.43663	-182569.80424	0.00336	0.00115	0.00125	2010.000
	0.00070	0.00198	0.00050	0.00008	0.00022	0.00006	42006M001 from IGS21P02
SALU_GPS	4566947.87859	-4443098.52054	-286674.68145	-0.00072	0.00096	0.00063	2010.000
	0.00014	0.00014	0.00005	0.00009	0.00008	0.00003	41640M001 from IGb14
SALU_2PS	4566947.88570	-4443098.52120	-286674.68213	-0.00073	0.00096	0.00063	2010.000
	0.00046	0.00044	0.00015	0.00009	0.00008	0.00003	41640M001 from IGb14
SALU_3PS	4566947.88352	-4443098.52858	-286674.68322	-0.00073	0.00096	0.00063	2010.000
	0.00054	0.00051	0.00018	0.00009	0.00008	0.00003	41640M001 from IGb14
SALU_4PS	4566947.88851	-4443098.52577	-286674.68032	-0.00073	0.00096	0.00063	2010.000
	0.00066	0.00064	0.00022	0.00009	0.00008	0.00003	41640M001 from IGb14
SALU_5PS	4566947.88327	-4443098.53041	-286674.68310	-0.00073	0.00096	0.00063	2010.000
	0.00084	0.00080	0.00028	0.00009	0.00008	0.00003	41640M001 from IGb14
SANT_GPS	1769693.64440	-5044574.17780	-3468320.86923	0.02183	0.00264	0.00376	2010.000
	0.00020	0.00037	0.00025	0.00001	0.00002	0.00001	41705M003 from IGb14
SANT_2PS	1769693.63692	-5044574.18152	-3468320.87200	0.02183	0.00264	0.00377	2010.000
	0.00005	0.00010	0.00007	0.00001	0.00002	0.00001	41705M003 from IGb14
SANT_3PS	1769693.36118	-5044574.17246	-3468320.98152	0.02183	0.00264	0.00376	2010.000
	0.00006	0.00012	0.00008	0.00001	0.00002	0.00001	41705M003 from IGb14
SANT_4PS	1769693.35983	-5044574.16515	-3468320.95172	0.01737	0.00180	0.00067	2010.000
	0.00064	0.00135	0.00095	0.00010	0.00021	0.00015	41705M003 from IGb14
SANT_5PS	1769693.36758	-5044574.16958	-3468320.95363	0.01737	-0.00180	0.00067	2010.000
	0.00078	0.00166	0.00116	0.00010	0.00021	0.00015	41705M003 from IGb14
SANT_6PS	1769693.35842	-5044574.16981	-3468320.95136	0.01737	-0.00180	0.00067	2010.000
	0.00079	0.00167	0.00117	0.00010	0.00021	0.00015	41705M003 from IGb14
SANT_7PS	1769693.37078	-5044574.15988	-3468320.95705	0.01737	-0.00180	0.00067	2010.000
	0.00085	0.00181	0.00126	0.00010	0.00021	0.00015	41705M003 from IGb14
SANT_8PS	1769693.35887	-5044574.17058	-3468320.95117	0.01737	-0.00180	0.00067	2010.000
	0.00094	0.00199	0.00139	0.00010	0.00021	0.00015	41705M003 from IGb14
SAVO_GPS	4870283.74553	-3864605.31700	-1418872.49722	0.00021	-0.00018	0.00030	2010.000
	0.00011	0.00009	0.00004	0.00002	0.00002	0.00001	41643M001 from IGb14
SAVO_2PS	4870283.75067	-3864605.32028	-1418872.49566	0.00021	-0.00018	0.00031	2010.000
	0.00026	0.00022	0.00011	0.00002	0.00002	0.00001	41643M001 from IGb14
SPTL_GPS	3766123.33992	-4567433.66699	-2367323.89638	-0.00790	0.01297	0.01655	2010.000
	0.27517	0.32204	0.18382	0.02511	0.02939	0.01677	48085M001 from IGS21P02_all
UFPR_GPS	3763751.67524	-4365113.87172	-2724404.59204	0.00039	-0.00061	0.00030	2010.000
	0.00014	0.00016	0.00011	0.00003	0.00003	0.00002	41610M002 from IGb14
UFPR_2PS	3763751.66984	-4365113.87014	-2724404.59380	0.00039	-0.00061	0.00030	2010.000
	0.00013	0.00015	0.00010	0.00003	0.00003	0.00002	41610M002 from IGb14
UFPR_3PS	3763751.67043	-4365113.87592	-2724404.59688	0.00039	-0.00061	0.00030	2010.000
	0.00027	0.00032	0.00021	0.00003	0.00003	0.00002	41610M002 from IGb14
UNSA_GPS	2412830.45124	-5271936.68332	-2652208.95702	0.00557	0.00452	0.00135	2010.000
	0.00035	0.00574	0.00319	0.00004	0.00005	0.00004	41514M001 from ITRF2014
UNSA_2PS	2412830.44215	-5271936.69934	-2652208.95937	0.00552	0.00466	0.00145	2010.000
	0.00090	0.00166	0.00090	0.00003	0.00006	0.00003	41514M001 from IGb14
UNSA_3PS	2412830.45432	-5271936.73251	-2652208.97298	0.00553	0.00466	0.00145	2010.000
	0.00034	0.00062	0.00035	0.00003	0.00006	0.00003	41514M001 from IGb14
UNSA_4PS	2412830.45732	-5271936.73251	-2652208.97545	0.00553	0.00466	0.00145	2010.000
	0.00014	0.00026	0.00015	0.00003	0.00006	0.00003	41514M001 from IGb14
UNSA_5PS	2412830.45018	-5271936.75011	-2652208.97627	0.00142	-0.00448	-0.00096	2010.000
	0.00016	0.00032	0.00017	0.00022	0.00042	0.00023	41514M001 from IGb14
UNSA_6PS	2412830.44085	-5271936.75064	-2652208.97937	0.00327	0.00227	0.00146	2010.000
	0.00012	0.00025	0.00014	0.00005	0.00010	0.00005	41514M001 from IGb14
UNSA_7PS	2412830.43132	-5271936.75757	-2652208.98462	0.00327	0.00227	0.00146	2010.000
	0.00042	0.00086	0.00046	0.00005	0.00010	0.00005	41514M001 from IGb14
UNSA_8PS	2412830.41280	-5271936.75930	-2652208.98452	0.00599	0.00177	0.00039	2010.000
	0.00063	0.00128	0.00072	0.00008	0.00017	0.00009	41514M001 from IGb14
UNSA_9PS	2412830.41119	-5271936.75157	-2652208.97717	0.00599	0.00177	0.00039	2010.000
	0.00095	0.00191	0.00106	0.00008	0.00017	0.00009	41514M001 from IGb14
ACTP_GPS	1931028.50852	-5834915.88693	-1711918.				

AURS_GPS	1930973.24835	-5835073.21040	-1711029.96523	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	2020.612
0.000050	0.00120	0.00050	-1.00000	-1.00000	-1.00000	-1.00000	-1.00000	
ACPE_GPS	1930548.89306	-5834630.85288	-1714418.33016	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	2020.612
0.000040	0.00100	0.00040	-1.00000	-1.00000	-1.00000	-1.00000	-1.00000	
SBSE_GPS	1914499.37720	-5837656.70192	-1727617.33079	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	2017.662
0.000040	0.00100	0.00040	-1.00000	-1.00000	-1.00000	-1.00000	-1.00000	
SBHO_GPS	1916025.87086	-5838498.09166	-1723035.74619	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	2017.662
0.000030	0.00070	0.00030	-1.00000	-1.00000	-1.00000	-1.00000	-1.00000	
SBMI_GPS	1913040.58493	-5841541.61776	-1714550.21474	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	2017.662
0.000060	0.00130	0.00050	-1.00000	-1.00000	-1.00000	-1.00000	-1.00000	
SBMU_GPS	1905939.97680	-5841745.19070	-1722074.24064	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	2017.662
0.000060	0.00140	0.00060	-1.00000	-1.00000	-1.00000	-1.00000	-1.00000	
SBVO_GPS	1913828.43545	-5838480.35208	-1726637.93044	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	2015.041
0.000070	0.00140	0.00050	-1.00000	-1.00000	-1.00000	-1.00000	-1.00000	
SBHN_GPS	1916028.90860	-5838489.30666	-1723047.49275	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	2015.041
0.000070	0.00130	0.00040	-1.00000	-1.00000	-1.00000	-1.00000	-1.00000	
UBGW_GPS	2002760.31548	-5790064.29316	-1784877.60416	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	2017.511
0.000080	0.00200	0.00080	-1.00000	-1.00000	-1.00000	-1.00000	-1.00000	
UBHULGPS	2006987.63228	-5787606.98860	-1786722.31276	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	2017.511
0.000040	0.00100	0.00050	-1.00000	-1.00000	-1.00000	-1.00000	-1.00000	
MTAB_GPS	1954186.52858	-5808657.58829	-1776404.68077	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	2016.911
0.00100	0.00210	0.00080	-1.00000	-1.00000	-1.00000	-1.00000	-1.00000	
URGE_GPS	2008102.20032	-5788001.58177	-1784031.62732	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	2014.558
0.000070	0.00160	0.00070	-1.00000	-1.00000	-1.00000	-1.00000	-1.00000	
URGN_GPS	2003729.21308	-5790337.19848	-1783337.58880	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	2014.558
0.000070	0.00180	0.00070	-1.00000	-1.00000	-1.00000	-1.00000	-1.00000	
URGW_GPS	2003201.16612	-5788952.76355	-1787121.88040	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	2014.558
0.000060	0.00150	0.00070	-1.00000	-1.00000	-1.00000	-1.00000	-1.00000	
MTPLGPS	1952594.27379	-5808509.66665	-1780816.83908	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	2021.201
0.00160	0.00370	0.00160	-1.00000	-1.00000	-1.00000	-1.00000	-1.00000	
MTPM_GPS	1952582.04439	-5808491.13691	-1780823.93596	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	2017.758
0.00110	0.00260	0.00130	-1.00000	-1.00000	-1.00000	-1.00000	-1.00000	
TSSQ_GPS	2023218.64184	-5767119.04771	-1831475.00901	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	2019.421
0.00070	0.00150	0.00060	-1.00000	-1.00000	-1.00000	-1.00000	-1.00000	
TSD3_GPS	2030009.33442	-5767283.28041	-1827998.24018	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	2019.421
0.00040	0.00090	0.00040	-1.00000	-1.00000	-1.00000	-1.00000	-1.00000	
UBPS_GPS	2000660.87514	-5787552.73986	-1796539.48648	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	2019.664
0.00030	0.00070	0.00030	-1.00000	-1.00000	-1.00000	-1.00000	-1.00000	
MADMLGPS	1922924.15893	-5838152.76137	-1709313.07301	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	2015.940
0.00130	0.00250	0.00090	-1.00000	-1.00000	-1.00000	-1.00000	-1.00000	
#MAD3_GPS	1922558.65303	-5838257.05921	-1709159.50450	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	2015.940
0.00100	0.00240	0.00070	-1.00000	-1.00000	-1.00000	-1.00000	-1.00000	
#MAD3_GPS	1922558.65303	-5838257.05921	-1709159.50450	-0.30185	13.27031	-4.00332	2015.940	
0.00100	0.00240	0.00070	0.03395	0.00398	0.08366			
#MAD1_GPS	1922537.66624	-5838253.90799	-1709423.67543	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	2015.940
0.00060	0.00140	0.00050	-1.00000	-1.00000	-1.00000	-1.00000	-1.00000	
#MAD1GPS	1922537.66624	-5838253.90799	-1709423.67543	0.67872	1.35922	-2.74556	2015.940	
0.00060	0.00140	0.00050	0.01093	0.00516	0.05985			
MGAL_GPS	1918078.79467	-5840258.17665	-1706890.37222	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	2017.600
0.00070	0.00180	0.00060	-1.00000	-1.00000	-1.00000	-1.00000	-1.00000	
SIGU_GPS	1876373.25700	-5827879.97199	-1786312.38662	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	2017.592
0.00380	0.00900	0.00360	-1.00000	-1.00000	-1.00000	-1.00000	-1.00000	
UBPR_GPS	2007057.56365	-5788975.24188	-1783001.72748	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	2019.905
0.00040	0.00100	0.00040	-1.00000	-1.00000	-1.00000	-1.00000	-1.00000	
QORILGPS	1924926.77306	-5903204.43018	-1471873.86598	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	2014.229
0.00110	0.00230	0.00080	-1.00000	-1.00000	-1.00000	-1.00000	-1.00000	
UJIO_GPS	1892952.65573	-5906858.87258	-1493903.24112	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	2014.905
0.00120	0.00280	0.00100	-1.00000	-1.00000	-1.00000	-1.00000	-1.00000	
YUPT_GPS	1923522.86474	-5901357.40114	-1479187.20599	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	2014.215
0.00090	0.00190	0.00070	-1.00000	-1.00000	-1.00000	-1.00000	-1.00000	
HUER_GPS	1923446.57413	-5900862.20744	-1480810.24489	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	2016.470
0.00060	0.00140	0.00050	-1.00000	-1.00000	-1.00000	-1.00000	-1.00000	
CHCHLGPS	1903717.83594	-5909127.05704	-1472695.48765	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	2017.527
0.00060	0.00140	0.00050	-1.00000	-1.00000	-1.00000	-1.00000	-1.00000	
CONCLGPS	1896803.09598	-5909056.33988	-1481475.64819	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	2017.533
0.00100	0.00230	0.00080	-1.00000	-1.00000	-1.00000	-1.00000	-1.00000	
COTAGPS	1938282.21903	-5898311.09256	-1472782.39546	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	2017.870
0.00510	0.01070	0.00360	-1.00000	-1.00000	-1.00000	-1.00000	-1.00000	
MARK_GPS	1897693.68571	-5910361.70986	-1474926.30566	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	2017.858
0.00440	0.00960	0.00370	-1.00000	-1.00000	-1.00000	-1.00000	-1.00000	
PIKI_GPS	1946151.69902	-5889915.89400	-1492683.90834	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	2017.530
0.00080	0.00180	0.00070	-1.00000	-1.00000	-1.00000	-1.00000	-1.00000	
PUNA_GPS	1926158.17242	-5897382.69363	-1492194.74294	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	2017.558
0.00060	0.00120	0.00050	-1.00000	-1.00000	-1.00000	-1.00000	-1.00000	
TAMB_GPS	1923522.55846	-5901359.20798	-1479188.38822	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	2017.863
0.000410	0.00890	0.00340	-1.00000	-1.00000	-1.00000	-1.00000	-1.00000	
HUAC_GPS	1933234.14000	-5897864.24253	-1481981.90721	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	2018.288
0.00230	0.00530	0.00200	-1.00000	-1.00000	-1.00000	-1.00000	-1.00000	
CORA_GPS	1924927.99760	-5901066.89980	-1478952.35870	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	2017.840
CUYO_GPS	1935446.34010	-5898973.91750	-1470651.19680	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	2015.420
HEAY_GPS	1920774.61720	-5895064.75070	-1507558.42700	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	2017.560
HUAR_GPS	1896672.90040	-5912200.29450	-1469371.82840	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	2014.900
HUAY_GPS	1905476.31380	-5909299.37940	-1470302.07710	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	2014.890
HUYK_GPS	1938520.17820	-5898241.73970	-1473795.51820	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	2015.430
IZQU_GPS	1902723.08150	-5908487.77260	-1476351.86140	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	2014.880
PACHL_GPS	1936371.82570	-5897478.38360	-1480386.70350	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	2014.900
PACO_GPS	1901125.93510	-5908246.82560	-1480175.03910	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	2016.470
PANT_GPS	1940317.85330	-5897971.26700	-1473337.70410	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	2014.880
1Bpj_GPS	1924148.97615	-5833116.19112	-1729265.59009	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	2014.804
0.00080	0.00190	0.00070	-1.00000	-1.00000	-1.00000	-1.00000	-1.00000	
SBPJ_GPS	1924158.95	-5833147.17	-1729268.48	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	2018.81
SBAH_GPS	1916057.30	-5839312.76	-1719697.02	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	2019.92
SBAM_GPS	1914208.75	-5836976.70	-1729424.27	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	2013.94
SBCM_GPS</td								

SBUC_GPS	1894727.39	-5846192.23	-1716915.82	0.00000	0.00000	0.00000	2019.81
HHHLGPS	1914293.03	-5841640.74	-1709399.86	0.00000	0.00000	0.00000	2018.79
HHLF_GPS	1914950.68	-5841270.43	-1710583.72	0.00000	0.00000	0.00000	2018.65
HHUMGPS	1914016.18	-5841256.23	-1712395.44	0.00000	0.00000	0.00000	2019.64
HHJO_GPS	1912995.27	-5841511.84	-1713800.16	0.00000	0.00000	0.00000	2018.79
HBPI_GPS	1916253.26	-5841502.64	-1706637.06	0.00000	0.00000	0.00000	2015.53
HPN1_GPS	1914177.78	-5841144.76	-1713168.40	0.00000	0.00000	0.00000	2015.53
HPN2_GPS	1914633.02	-5841466.77	-1710118.47	0.00000	0.00000	0.00000	2015.53
COVILGPS	1845368.90835	-5862522.15234	-1711090.99812	0.00000	0.00000	0.00000	2016.290
	0.00150	0.00350	0.00150	-1.00000	-1.00000	-1.00000	
COMAGPS	1847731.20	-5862007.01	-1710131.66	0.00000	0.00000	0.00000	2012.79
COVQ_GPS	1844729.55	-5863543.58	-1709352.24	0.00000	0.00000	0.00000	2012.78
COBE_GPS	1846975.68	-5867314.50	-1699843.47	0.00000	0.00000	0.00000	2013.83
COAC_GPS	1848625.1830	-5860497.7077	-1711827.4793	0.00000	0.00000	0.00000	2015.86
COBN_GPS	1834603.71	-5873649.42	-1689725.36	0.00000	0.00000	0.00000	2017.92
MBCH_GPS	1951143.09	-5810006.54	-1773787.97	0.00000	0.00000	0.00000	2017.29
MBCU_GPS	1948316.76	-5809633.41	-1775665.77	0.00000	0.00000	0.00000	2012.60
MBS1_GPS	1951717.75	-5806141.12	-1784375.34	0.00000	0.00000	0.00000	2011.68
MBS3_GPS	1949873.91	-5806576.20	-1784725.02	0.00000	0.00000	0.00000	2011.68
MBTA_GPS	1958300.80	-5805854.22	-1780073.12	0.00000	0.00000	0.00000	2019.47
MBTO_GPS	1947614.62	-5809586.33	-1776850.20	0.00000	0.00000	0.00000	2011.91
MPG1_GPS	1954096.85	-5809081.25	-1780125.62	0.00000	0.00000	0.00000	2017.66
MPG2_GPS	1953812.34	-5808813.98	-1780560.97	0.00000	0.00000	0.00000	2017.30
MPG3_GPS	1953169.98	-5808270.94	-1781096.92	0.00000	0.00000	0.00000	2017.30
MPG4_GPS	1952670.47	-5807703.94	-1781829.14	0.00000	0.00000	0.00000	2017.30
MPG5_GPS	1952427.61	-5806846.30	-1782884.74	0.00000	0.00000	0.00000	2017.86
MPG6_GPS	1951717.81	-5806143.50	-1784376.40	0.00000	0.00000	0.00000	2017.30
MPG7_GPS	1950521.60	-5805830.81	-1785736.23	0.00000	0.00000	0.00000	2017.30
MPG8_GPS	1949379.17	-5805275.11	-1787901.94	0.00000	0.00000	0.00000	2017.30
UBQE_GPS	2005866.89421	-5786710.40465	-1788607.20220	0.00000	0.00000	0.00000	2013.801
	0.00120	0.00230	0.00100	-1.00000	-1.00000	-1.00000	
BSJT_GPS	1989900.08397	-5799163.29446	-1767420.82648	0.00000	0.00000	0.00000	2014.656
	0.00200	0.00430	0.00170	-1.00000	-1.00000	-1.00000	
UBGW_GPS	2002760.30022	-5790064.21238	-1784877.67162	0.00000	0.00000	0.00000	2015.499
	0.00070	0.00160	0.00060	-1.00000	-1.00000	-1.00000	
UBCH_GPS	2006197.10763	-5789932.21453	-1780700.63333	0.00000	0.00000	0.00000	2021.378
	0.00330	0.00680	0.00320	-1.00000	-1.00000	-1.00000	
UBHY_GPS	2004442.61	-5787448.94	-1788994.86	0.00000	0.00000	0.00000	2019.76
UPBL_GPS	1999558.75	-5790657.12	-1785329.23	0.00000	0.00000	0.00000	2019.65
UPG1_GPS	2004762.81	-5790185.74	-1784624.29	0.00000	0.00000	0.00000	2017.90
UPG2_GPS	2004468.60	-5790138.94	-1784249.51	0.00000	0.00000	0.00000	2017.90
UPG3_GPS	2003912.27	-5790152.31	-1783866.55	0.00000	0.00000	0.00000	2017.89
UPG4_GPS	2003198.37	-5790368.26	-1783394.01	0.00000	0.00000	0.00000	2017.89
UPG5_GPS	2002148.23	-5790672.82	-1782810.04	0.00000	0.00000	0.00000	2017.89
UPG6_GPS	2001108.80	-5791172.98	-1782096.84	0.00000	0.00000	0.00000	2015.64
UPGB_GPS	1999542.30	-5792001.22	-1781131.89	0.00000	0.00000	0.00000	2014.14
TXCA_GPS	2022329.64254	-5768755.41395	-1826085.73304	0.00000	0.00000	0.00000	2013.933
	0.00150	0.00330	0.00140	-1.00000	-1.00000	-1.00000	
TSCA_GPS	2022074.00095	-5768816.53010	-1826211.74708	0.00000	0.00000	0.00000	2018.196
	0.00460	0.01040	0.00420	-1.00000	-1.00000	-1.00000	
TXDO_GPS	2030316.10	-5767144.50	-1828196.25	0.00000	0.00000	0.00000	2018.88
TXFA_GPS	2029035.47	-5768331.39	-1823292.70	0.00000	0.00000	0.00000	2012.65
TXFB_GPS	2027961.94	-5768190.41	-1824175.75	0.00000	0.00000	0.00000	2012.65
TXFC_GPS	2026972.26	-5768448.77	-1824608.16	0.00000	0.00000	0.00000	2018.19
TXFD_GPS	2026111.95	-5768638.58	-1824524.82	0.00000	0.00000	0.00000	2018.19
TXFE_GPS	2025453.87	-5768673.40	-1824654.13	0.00000	0.00000	0.00000	2015.87
TXFF_GPS	2025001.75	-5768836.66	-1824453.78	0.00000	0.00000	0.00000	2018.19
TXFG_GPS	2024392.69	-5768766.66	-1824903.03	0.00000	0.00000	0.00000	2012.65
TXFH_GPS	2023315.01	-5768692.87	-1825730.81	0.00000	0.00000	0.00000	2018.19
TXGN_GPS	2028925.73	-5767513.60	-1825939.60	0.00000	0.00000	0.00000	2012.33
TUBN_GPS	2054713.54	-5749761.99	-1854284.79	0.00000	0.00000	0.00000	2012.66
TUP1_GPS	2052831.32	-5750089.49	-1856644.54	0.00000	0.00000	0.00000	2017.91
TUP2_GPS	2052589.03	-5750130.93	-1856733.33	0.00000	0.00000	0.00000	2017.91
TUP3_GPS	2052532.40	-5750260.33	-1856201.40	0.00000	0.00000	0.00000	2017.91
TUP4_GPS	2052674.99	-5750223.83	-1855884.94	0.00000	0.00000	0.00000	2017.91
CSPT_GPS	2103911.82611	-5717410.92966	-1898431.40456	0.00000	0.00000	0.00000	2021.468
	0.00190	0.00410	0.00170	-1.00000	-1.00000	-1.00000	
CSUL_GPS	2102100.12755	-5714599.01727	-1907974.17549	0.00000	0.00000	0.00000	2021.548
	0.00190	0.00400	0.00170	-1.00000	-1.00000	-1.00000	
PRPP_GPS	2093655.24050	-5724349.14585	-1888821.14364	0.00000	0.00000	0.00000	2021.473
	0.00220	0.00530	0.00210	-1.00000	-1.00000	-1.00000	
PRQS_GPS	2093305.95292	-5721740.68089	-1896339.79510	0.00000	0.00000	0.00000	2021.470
	0.00180	0.00400	0.00170	-1.00000	-1.00000	-1.00000	
TARA_GPS	1942836.00000	-5804093.00000	-1796815.00000	0.00000	0.00000	0.00000	2021.00 !
	From sh_rx2apr						

6.2. Archivo "sites.defaults"

Este archivo contiene la configuración con las estaciones de referencia que se han utilizado.

```
# File to control the use of stations in the processing
#
# Format: site expt keyword1 keyword2 ....
#
# where the first token is the 4- or 8-character site name (GAMIT uses only
# 4 characters, CLOBK allows only 4 unless there are earthquakes or renames),
# the second token is the 4-character experiment name, and the remaining
# tokens, read free-format, indicate how the site is to be used in the processing.
# All sites for which there are RINEX files in the local directory will be used
# automatically and do not need to be listed.
#
# ftprnx = sites to ftp from rinex data archives.
# ftpraw = sites to ftp from raw data archives.
# localrx = site names used to search for rinex files on your local system.
#           (required in conjunction with rnxfd path variable set in process.defaults).
# xstinfo = sites to exclude from automatic station.info updating.
# xsite = sites to exclude from processing, all days or specified days
```

```

#
# Replace 'expt' with your experiment name and edit the following to list sites needed from
# external archive
all_sites gnss xstinfo
#IGS sites
  antc-gps iaap ftprx
  areg-gps iaap ftprx
  areq-gps iaap ftprx
  bogt-gps iaap ftprx
  brft-gps iaap ftprx
  braz-gps iaap ftprx
  chpg-gps iaap ftprx
  cord-gps iaap ftprx
  falk_gps iaap ftprx
  kour_gps iaap ftprx
  lpgs_gps iaap ftprx
  mgue_gps iaap ftprx
  mtv2_gps iaap ftprx
  pove_gps iaap ftprx
  rgdg_gps iaap ftprx
  riop_gps iaap ftprx
  salu_gps iaap ftprx
  sant_gps iaap ftprx
  savo_gps iaap ftprx
  sptu_gps iaap ftprx
  ufpr_gps iaap ftprx
  unsa_gps iaap ftprx
#Misti Sites
  mtpi-gps iaap localrx

```

6.2.1. Archivo sestbl.

A continuación se muestra en archivo “sestbl.” en donde se ejecutan las configuraciones definidas en la Cuadro 4.

```

Session Table

Processing Agency = MIT

Add space at start of lines below if not ECOMC model.
Satellite Constraint = Y ; Y/N (next two lines are read and free-format. only all
needed on next line)
      all   a     e     i     n     w     M     D     Y     B     1UDC  1
      UDS  1UYC  1UYC  1UBC  1UBS  2UC   2US  4UC  4US  SX   SY   SZ
      0.01  0.01  0.01  0.01  0.01  0.01  0.01  0.01  0.01  0.01  0.01
      0.01  0.01  0.01  0.01  0.01  0.01  0.01  0.01  0.01  0.01  0.001
      0.001
Radiation Model for ARC = ECOMC ; BERNE (= ECOM1), ECOM2, ECOMC

Remove space at start of lines below when ECOM1 (= BERNE) selected.
Satellite Constraint = Y ; Y/N (next two lines are free-format but 'all' must be
present)
      all   a     e     i     n     w     M     D     Y     B     1UDC  1
      UDS  1UYC  1UYC  1UBC  1UBS  SX   SY   SZ
      0.01  0.01  0.01  0.01  0.01  0.01  0.01  0.01  0.01  0.01
      0.01  0.01  0.01  0.01  0.01  0.001 0.001 0.001
Radiation Model for ARC = ECOM1 ; BERNE (= ECOM1), ECOM2, ECOMC

Choice of Experiment = BASELINE ; BASELINE/RELAX./ORBIT
Type of Analysis = 1-ITER ; 1-ITER/0-ITER (no postfit autcln)/PREFIT
Delete AUTCLN input C-files = Y ; Y/N ; default Y to force rerun of MODEL between autcln runs
(slower/less disk used).
Choice of Observable = LC_AUTCLN ; L1_SINGLE/L1&L2/L1_ONLY/L2_ONLY/LC_ONLY/
; L1,L2_INDEPEND./LC_HELP/LC_AUTCLN
Station Error = ELEVATION 10 5 ; 1-way L1, a**2 + (b**2)(L**2) in mm, ppm, default = 10. 0.
AUTCLN reweight = N ; Release 10.31 equivalent of Use N-file
AUTCLN Command File = autcln.cmd ; Filename; default none (use default options)
Decimation Factor = 4 ; FOR SOLVE, default = 1
Quick-pre decimation factor = 10 ; 1st iter or autcln pre, default same as Decimation Factor
Quick-pre observable = LC_ONLY ; for 1st soln, default same as Choice of observable

Ionospheric Constraints = 0.0 mm + 8.00 ppm
Ambiguity resolution WL = 0.15 0.15 1000. 99. 15000. ; used for LC_HELP only
Ambiguity resolution NL = 0.15 0.15 1000. 99. 15000. ; Allow long baselines with LC_AUTCLN

Zenith Delay Estimation = Y ; Yes/No (default No)
Interval zen = 2 ; 2 hrs = 13 knots/day (default is 1 ZD per day)
Zenith Constraints = 0.50 ; zenith-delay a priori constraint in meters (default 0.5)
Zenith Variation = 0.02 100. ; zenith-delay variation, tau in meters/sqrt(hr), hrs (default
.02 100.)
Elevation Cutoff = 0 ; default 0 to use value in autcln.cmd
Atmospheric gradients = Y ; Yes/Np (default No)
Number gradients = 2 ; number of gradient parameters per day (NS or ES); default 1
Gradient Constraints = 0.03 ; gradient at 10 deg elevation in meters; default 0.03 m

Update T/L files = L_ONLY ; T_AND_L (default), T_ONLY, L_ONLY, NONE
Update tolerance = .3 ; minimum adjustment for updating L-file coordinates, default .3
      m

Met obs source = UFL GPT 50 ; hierarchical list: RNX ufile GPT/STP [humid value];
      default GTP 50
                                ; if [humid value] < 0, use RNX or UFL if available
Output met = N ; write the a priori met values to a z-file (Y/N)
Use met.list = N
Use met.grid = N
DMap = VMF1 ; GMF(default)/NMFH/VMF1
WMap = VMF1 ; GMF(default)/NMFW/VMF1
Use map.list = N

```

```

Use map.grid = Y ; VMF1 grid file with mapping functions and ZHD
Yaw Model = Y ; Y/N default = Y
Reference System for ARC = EGR08 ; WGS84/WGS72/MERIT/IGS92(default)/EGM96
Earth radiation model = TUME1 ; Options NONE/NCLE1/TUME1/TUME2
Antenna thrust model = ANTBK ; Options NONE/ANT77/ANTBK
Inertial frame = J2000
Inertial Reference System = IAU0A ; Precession model (IAU76 , IAU0A (default), IAU0C, IAU06,
    IAU06A, IAU68 (old)) ; Binary coded: 1 earth 2 freq-dep 4 pole tide (zero mean
Tides applied = 63 ; 8 ocean 16 pole tide (IERS2010 mean pole) 32 atmosphere S1
    pole) ; 64 pole tide (IERS20 secular pole) (31 default ITRF2014, 79
    default ITRF2020).
Earth Rotation = 27 ; Diurnal/Semidirunal terms: Binary coded: 1=pole 2=UT1 4=Ray
model; ; 8=IERS2010 (default); 16=UT1-Libration (default), 32=
    Gipson2017; 64=Desai&Sibios , 2016.
; (27 default ITRF2014; 83 default ITRF2020

Use otl.list = N
Use otl.grid = Y
Use atl.list = N
Use atl.grid = Y
Etide model = IERS10 ; IERS96/IERS03/IERS10 (default)
Apply atm loading = N ; Y/N for atmospheric loading
Use atm.list = N
Use atm.grid = N
Antenna Model = AZEL
SV antenna model = ELEV
SV antenna off = Y
Bias apriori = 1000. ; Y/N to estimate satellite antenna offsets (default N)
constraint) ; Optional constraint on biases for LC_AUTCLN (default 0 -> no
Bias rcond = 100000. ;
Scratch directory = ./ ; NONE/ELEV/AZEL default = ELEV
Delete eclipse data = POST ; NONE/ELEV default = NONE
Ion model = GMAP ; Y/N to estimate satellite antenna offsets (default N)
    'NONE') ; Optional constraint on biases for LC_AUTCLN (default 0 -> no
Mag field = IGRF13 ; ALL/NO/POST (Default = NO)
ARC gravdeg = 12 ; Apply 2nd/3rd order ionospheric terms in model (default '
ARC etidedeg = 4 ; IGRF13/IGRF12/IGRF11/IGRF10/DIPOLE (default IGRF13)
ARC otidedeg = 12 ; Gravity field degree and order
ARC planets = 1 ; Earth tide field degree and order
; Oceans tide field degree and order
; 1 to include Jupiter/Venus perturbations (0 default)

Optional controls:

Inertial frame = B1950 ; B1950/J2000 (default = J2000)

Initial ARC ; Y/N default = Yes
Final ARC ; Y/N default = No
Radiation Model for ARC ; SPHRC/BERNE/SDYB/SVBDY default = SPHRC
Reference System for ARC ; WGS72/WGS84/MERIT/IGS92 (default = IGS92)
Tabular interval for ARC ; 900. seconds (new default), 1350. seconds (old default)
Stepsize for ARC ; 75. seconds (new default), 168.75 seconds (old default)

Earth Rotation ; Diurnal/Semidirunal terms: Binary coded: 1=pole 2=UT1 4=Ray
model; default=7 ; Binary coded: 1 wob 2 utl 4 wob rate 8 utl rate
Estimate EOP ; Default 3. (arcsec) 0.3 (arcsec/day)
Wobble Constraint = 3. 0.3 ; Default 0.00002 (sec) 0.02 (sec/day)
UT1 Constraint = 0.00002 0.02

Number Zen = 4 ; number of zenith-delay parameters (default 1)
Zenith Constraints = 0.50 ; zenith-delay a priori constraint in meters (default 0.5)
Zenith Model = PWL ; PWL (piecewise linear)/CON (step)
Zenith Variation = 0.02 100. ; zenith-delay variation, tau in meters/sqrt(hr), hrs (default
    .02 100.)
Gradient Constraints = 0.03 ; gradient at 10 deg elevation in meters
Gradient Variation = .01 100 ; gradient variation
Tropospheric Constraints = NO ; YES/NO (spatial constraint)

Antenna Model ; NONE/ELEV/AZEL default = NONE
Tide Model ; Binary coded: 1 earth 2 freq-dep 4 pole 8 ocean default
    = 15 ; YES/NO default = YES
Yaw Model ; Use I-file (Y/N) (default Y)
I-file = N

AUTCLN Postfit = Y ; Assume 'Y' if 'Type of analysis = 1-ITER' (autcln.cmd.
    postfit file also)
Delete AUTCLN input C-files = Y ; YES/NO/Intermediate (default no)
Quick-pre observable = LC ; For 1st iter or autcln pre, default same as Choice of
    observable
AUTCLN Command File ; Filename; default none (use default options)
SCANDD control ; BOTH (default) /NONE/FIRST/FULL/IFBAD see manual sec. 5.2
Iteration ; CFILES / XFILES (default)
Edit AUTCLN Command File ; YES/NO; default = NO (For clocks, no longer needed)

Ambiguity resolution WL ; default = 0.15 0.15 1000. 10. 500.
Ambiguity resolution NL ; default = 0.15 0.15 1000. 10. 500.
Type of Biases ; IMPLICIT (default for quick), EXPLICIT (default for full)
H-file solutions ; ALL ; LOOSE-ONLY
Station Error = BASELINE 10. 0. ; 1-way L1, a**2 + (b**2)(L**2) in mm, ppm, default = 10. 0.
Station Error = UNIFORM 10. ; 1-way L1 in mm, default = 10.
Station Error = ELEVATION 4.3 7.0 ; 1-way L1 , a**2 + b**2/sin(elev)**2 in mm, default = 4.3
    7.0
Satellite Error = UNIFORM 0. ; 1-way L1 in mm (added quadratically to station error)
    default = 0.
Select Epochs ; Enter start and stop epoch number (applies only to SOLVE)
Decimation Factor ; FOR SOLVE, default = 1
Quick-pre decimation factor = 10 ; 1st iter or autcln pre, default same as Decimation Factor
Elevation Cutoff = 15. ; For SOLVE, overrides the MODEL or AUTCLN values if they are
    lower
Correlation print ; Threshold for printing correlations (default 0.9999)

Export Orbits ; YES/NO default = NO

```

```

Orbit id ; 4-char code read only if Export Orbits = YES
Orbit Format ; SP1/SP3 (NGS Standard Products)
Orbit organization ; 3-char code read only if Export Orbits = YES
Reference System for Orbit = ITR93 ; ITR92/ITR91/ITR90/WGS84/MERIT (for SP3 header)
Lunar eclipses = Y ; Set = N to turn off lunar eclipses in ARC to match model of
GAMIT < 10.2 (default Y)

Delete all input C-files ; YES/NO default = NO
Delete MODEL input C-files ; YES/NO default = NO
Update T/L files ; T_AND_L (default), T_ONLY, L_ONLY, NONE
Update tolerance ; (Applies only to update for final solution after initial )
.3 m ; minimum adjustment for updating L-file coordinates, default
SOLVE-only = YES ; YES/NO default = NO
X-compress = YES ; Uncompress/compress X-files default = NO
SCANDD control ; FULL (default), FIRST, BOTH, IFBAD, NONE
Run CTOX = YES ; Make clean X-files from C-files default = NO
Bias a priori = 100. ; Optional constraint on biases for LC.AUTCLN (default 0 -> no
constraint)
SOLVE print = Y ; Turn on SOLVE output to screen (default N)

```

6.3. Archivo "glorg.cmd"

```

* glorg command file for time series, short-term combinations and velocity solutions
* Set VEL as a globk command-line option for velocity; since these commands follow
* the commands for repeatabilities, they will take precedence when invoked.
* Add choice of plate for final reference frame (e.g. EURA14 for Eurasia defined by
* Altamimi et al.'s (2017) ITRF2014 plate motion model, NOAM08 for North America
* defined by Altamimi et al.'s (2012) ITRF2008 plate motion model, NA1214 for North
* America defined by Blewitt et al. (2013) using rotated ITRF2014 velocities, etc.
* Last edited by MAF 180519

* << column 1 must be blank if not comment >>

* Parameters to be estimated
pos.org xtran ytran ztran xrot yrot zrot
VEL rate.org xtran ytran ztran xrot yrot zrot
# Optionally, if estimated scale in GLOBK:
SCALE pos.org xtran ytran ztran xrot yrot zrot scale
xSCALE rate.org xtran ytran ztran xrot yrot zrot

# or if translation-only
# pos.org xtran ytran ztran
VEL rate.org xtran ytran ztran

* Downweight of height relative to horizontal (default is 10 10)
# Heavy downweight if reference frame robust and heights suspect
x cnd.hgt 1000 1000

* Controls for removing sites from the stabilization
# Vary these to make the stabilization more robust or more precise
stab_it 4 0.8 3.0
x stab_it 4 0.5 4.0

* A priori coordinates to define the analysis reference frame
apr_file ~/gg/tables/igs14_comb.apr
ITRF08 apr_file ~/gg/tables/itrf08_comb.apr

# ITRF2014 plate motion model as defined by Altamimi et al. (2017)
AMUR14 apr_file ~/gg/tables/igs14_comb_amur08.apr
ANTA14 apr_file ~/gg/tables/igs14_comb_ant08.apr
ARAB14 apr_file ~/gg/tables/igs14_comb_arab.apr
AUST14 apr_file ~/gg/tables/igs14_comb_aust.apr
CARB14 apr_file ~/gg/tables/igs14_comb_carb08.apr
EURA14 apr_file ~/gg/tables/igs14_comb_eura.apr
INDI14 apr_file ~/gg/tables/igs14_comb_indi.apr
NAZC14 apr_file ~/gg/tables/igs14_comb_nazc.apr
NOAM14 apr_file ~/gg/tables/igs14_comb_noam.apr
NUBI14 apr_file ~/gg/tables/igs14_comb_nubi.apr
PCFC14 apr_file ~/gg/tables/igs14_comb_pcfc.apr
SOAM14 apr_file ~/gg/tables/igs14_comb_soam.apr
SOMA14 apr_file ~/gg/tables/igs14_comb_soma.apr
SUND14 apr_file ~/gg/tables/igs14_comb_sund08.apr
# North America as defined by Blewitt et al. (2013)
NA1214 apr_file ~/gg/tables/igs14_comb_na12.apr
# Nubia and Somalia as defined by Saria et al. (2013)
NU1314 apr_file ~/gg/tables/igs14_comb_nu13.apr
SO1314 apr_file ~/gg/tables/igs14_comb_so13.apr

# ITRF2008 plate motion model as defined by Altamimi et al. (2012)
AMUR08 apr_file ~/gg/tables/itrf08_comb_amur.apr
ANTA08 apr_file ~/gg/tables/itrf08_comb_ant08.apr
ARAB08 apr_file ~/gg/tables/itrf08_comb_arab.apr
AUST08 apr_file ~/gg/tables/itrf08_comb_aust.apr
CARB08 apr_file ~/gg/tables/itrf08_comb_carb.apr
EURA08 apr_file ~/gg/tables/itrf08_comb_eura.apr
INDI08 apr_file ~/gg/tables/itrf08_comb_indi.apr
NAZC08 apr_file ~/gg/tables/itrf08_comb_nazc.apr
NOAM08 apr_file ~/gg/tables/itrf08_comb_noam.apr
NUBI08 apr_file ~/gg/tables/itrf08_comb_nubi.apr
PCFC08 apr_file ~/gg/tables/itrf08_comb_pcfc.apr
SOAM08 apr_file ~/gg/tables/itrf08_comb_soam.apr
SOMA08 apr_file ~/gg/tables/itrf08_comb_soma.apr
SUND08 apr_file ~/gg/tables/itrf08_comb_sund.apr
# North America as defined by Blewitt et al. (2013)
NA1208 apr_file ~/gg/tables/itrf08_comb_na12.apr
# Nubia and Somalia as defined by Saria et al. (2013)
NU1308 apr_file ~/gg/tables/itrf08_comb_nu13.apr

```

```

SO1308 apr_file ~/gg/tables/itrf08_comb_so13.apr
# Use a regional stabilization if available from a prior solution (comment out the itrf08 file)
x apr_file ../tables/regional.apr

* List of stabilization sites
# This should match the well-determined sites in the apr_file
stab_site clear areq bogt braz glps iqqe kour pove riop unsa
source ~/gg/tables/igs14_hierarchy_stab_site
x source ~/gg/tables/igs14_comb_stab_site
xITRF08 source ~/gg/tables/igb08_hierarchy_stab_site
ITRF08 source ~/gg/tables/itrf08_stab_site
# Use a regional stabilization if available from a prior solution
x source ../tables/regional_stab_site

* Estimate rotation (Euler) vectors to be used with sh_org2vel to
* to rotate the solution to a block- or region-specific reference frame
xVEL plate eurasia kosg_2ps onsa_2ps nyal_4ps graz_2ps tlse_2ps kit3_2ps
xVEL plate eurasia vill_3ps mars_3ps cbre
xVEL plate weura kosg_2ps tlse_2ps vill_3ps mars_3ps
xVEL plate aegean milo kyra xris diao leon mkn2 bodr roml omal koun seva
# Constrain the center-of-mass to the apr-file in plate estimate (comment out for global
# solutions)
xVEL NOPLATETRAN

* Equate the velocities of co-located sites
VEL eq_dist 1000 ndot
VEL eq_dist 1000 edot
VEL eq_dist 1000 udot

* Equate a few horizontal velocities for sites farther apart
VEL equate trab-gps ndot akto-gps ndot
VEL equate trab-gps edot akto-gps edot

* Unequate velocities that are incompatible
VEL unequate mad2-gps ndot
VEL unequate mad2-gps edot
VEL unequate mad2-gps udot

```

6.4. Archivo "globk.cmd"

```

* globk command file for time series, short-term combinations and velocity solutions
* Set COMB as a globk command line option for short-term combinations; since these commands
* follow the commands for repeatabilities, they will take precedence when invoked.
* Set VEL as a globk command-line option for velocity; since these commands follow
* the commands for repeatabilities, they will take precedence when invoked.
* Set KEEP to allow glorg to be run separately after run; useful for testing
* as a globk command-line option.
* Any combination, e.g. COMB+KEEP or VEL+KEEP will use both (or more) options.

* Lasted edited 180705

* << column 1 must be blank if not comment >>

* Use wild-cards in file names so that parallel runs do not overwrite
* each other. The "@" symbol is replaced with the .gdl-file name root.

* This group of commands must appear before any others:

eq_file ~/gg/tables/igs14_comb.eq
ITRF08 eq_file ~/gg/tables/itrf08_comb.eq
# Optionally add a second eq_file for analysis-specific renames
x eq_file my_eq-file.eq

# For time-series glred runs, it's faster not to use the "com_file" command
# (com_file need not be created; only needed if glorg or glsave are to be
# run by themselves after globk completes).
* This group of commands must appear before any others:
KEEP com_file @.com ! Allows parallel runs, provide h-file list name is different
srt_file @.srt
srt_dir +1

# Normally for combined files, make_svs is not needed. Only needed if
# orbits are to be estimated.
x make_svs @.svs A

* End of commands that must appear first

* Solution file pointed to by the com file, if used
VEL sol_file @.sol

* ITRF augmented by now-defunct sites and recent IGS solutions;
* matched to igs14_comb.eq (ITRF2014; default) or itrf08_comb.eq ("ITRF08" command-line option)
# apr_file ~/gg/tables/igs14_comb.apr
apr_file PROCESOS/2021.MISTI3/tables/gnss.peru.apr
ITRF08 apr_file ~/gg/tables/itrf08_comb.apr
# Optionally add additional apr files for other sites

* Set maximum chi2, prefilt coordinate difference (m), and rotation (mas) for an h-file to be
used;
max_chi 13 3 100
# increase tolerances to include all files for diagnostics
x max_chi 100 5.0 20000

# Do not used an a priori rotation file with multi-day H-files
x in-pmu ~/gg/tables/pmu.usno

* Correct the pole tide when not compatible with GAMIT.
* Use caution here as binary hfiles from SINEX are used since these
* file do not contain status of pole tide correction.

```

```

app_ptid all

* Invoke glorg
org_cmd glorg.cmd

* Print file options
crt_opt NOPR
prt_opt NOPR GDLF
org_opt PSUM GDLF FIXA RNRP
COMB org_opt ERAS PSUM CMDS GDLF FIXA RNRP
VEL org_opt ERAS PSUM CMDS GDLF VSUM FIXA RNRP
# The output .org-file will be generated from the
# .prt-file name from the globk command line
# sh_glred will name the glorg print files
# To set an explicit name for the glorg print file
# globk print file name from the globk command line
x org_out glred_----.org
xCOMB org_out globk_----.org
xVEL org_out globk_----.org

* Coordinate parameters to be estimated and a priori constraints
apr_neu all 10 10 10 0 0 0
VEL apr_site all 10 10 10 1 1 1

* Rotation parameters to be estimated and a priori constraints
apr_wob 10 10 0 0
apr_utl 10 0
# EOP tight if translation-only stabilization in glorg (also comment out mar_wob, mar_utl)
#apr_wob .25 .25 .1 .1
#apr_utl .25 .1
* For multiday combinations allow EOP's to change between days.
* The rate terms here depend on nature of gamit solutions:
* For RELAX. solutions, EOP rates are estimated and when combined
* with daily MIT .GLX-files, the rates are allowed to change and
* will be jointly estimated between the MIT and local file. When
* baseline processing is used, the rates would only apply to MIT
* files.
mar_wob 3650 3650 365 365
mar_utl 365 365
VEL mar_wob 3650 3650 0 0
VEL mar_utl 365 0
* Allow rotation when using SINEX files that do not contain EOP parameters
x apr_rot 10 10 10 1 1 1
x apr_rot .25 .25 .1 .1 .1
xCOMB mar_rot 3650 3650 365 365 365 365 0 0 0
xVEL mar_rot 3650 3650 365 0 0 0 0 0 0

* Translation a priori constraints
apr_tran 1 1 1 0 0 0
xVEL apr_tran 1 1 1 1 1 1
xVEL mar_tran 3.65 3.65 3.65 0 0 0

# Allow scale variations for pre-1995 data and for data analyses that feature a change
# in SV PCVs (e.g. operational, pre-repro1 MIT or SOPAC h-files before Week 1400, Nov 2006)
SCALE apr_scale 10 0
xVEL apr_scale 10 1.
xVEL mar_scale 365 0

* If orbits free in GAMIT (RELAX.) and you want them fixed, use:
x apr_svs all F F F F F F FR
* but if you are combining with globk h-files, better to leave them
* or but, if the models are incompatible, turn off radiation-pressure parameters,
x apr_svs all 100 100 100 10 10 10 OR

* When using MIT GLX files, which have satellite phase center positions
* estimated, fix antenna offsets to IGS a priori values by using:
* apr_svan all F F F

* When combining multiple h-files from the same epoch,
* estimate atmospheric zenith delay at common sites
* apr_atm common 1
COMB mar_atm common 3.65
VEL mar_atm common 3.65

* Optionally put a uselist and/or sig_neu and mar_neu reweight in a source file
x source ../tables/uselist
x source ../tables/monthly_reweights

* Turn off quake log estimates if in the eq_file
free_log -1

* Write out a combined H-file
# Can substitute your analysis name for 'COMB' in the file name below
out_glb HCOMB.GLX
VEL out_glb @.GLX

* Remove scratch files for repeatability and combination runs
del_sgra yes
KEEP del_sgra no

```

Referencias

- [1] USGS. (2015) Two-color electronic distance meter (edm). [Online]. Available: <https://earthquake.usgs.gov/monitoring/deformation/edm/>

- [2] P. D. Groves, “Principles of gnss, inertial, and multisensor integrated navigation systems, [book review],” *IEEE Aerospace and Electronic Systems Magazine*, vol. 30, no. 2, pp. 26–27, 2015.
- [3] T. Herring, R. King, S. McClusky *et al.*, “Introduction to gamit/globk,” *Massachusetts Institute of Technology, Cambridge, Massachusetts*, 2010.
- [4] T. Herring, R. King, and S. McClusky, “Gamit,” *Reference Manual. GPS Analysis at MIT. Release*, vol. 10, pp. 1–182, 2006.
- [5] M. O. G. Fredy Apaza Choquehuayta, Beto Ccallata Pacsi *et al.*, “Vigilancia de los volcanes misti y ticsani, periodo 2020,” Instituto Geológico, minero y metalúrgico (INGEMMET), Informe Técnico, 2021.
- [6] Y. Antayhua Vera, P. J. Masías Alvarez, D. Espinoza Oscanoa, K. Gonzales Zúñiga, D. A. Ramos Palomino, and E. L. Taipe Maquerhua, “Resultados e implementación del monitoreo del volcán misti (arequipa), septiembre 2005-abril 2010,” *XV Congreso Peruano de Geología, Resúmenes Extendidos*, 2010.
- [7] B. C. P. Fredy Apaza, Rafael Miranda *et al.*, “Informe técnico anual: Vigilancia de los volcanes misti y coropuna, periodo 2019,” Instituto Geológico, minero y metalúrgico (INGEMMET), Informe Técnico, 2020.
- [8] D. Thaller, “Slr- an overview and general aspects,” Federal Agency for Cartography and Geodesy, Conference Presentation, 2017.
- [9] W. A. C. Andres Cardenas Contreras and W. R. Baquero, “Aplicaciones gnss en la geodinamica global con software libre,” Universidad Distrital Francisco Jose de Caldas, Proyecto Curricular, 2020.
- [10] L. F. Cruz Mamani, “Análisis de deformación del volcán sabancaya como herramienta útil en el pronóstico de erupciones periodo 2012-2017,” Tesis de Pregrado, Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa, 2019.
- [11] D. Dzurisin, “A comprehensive approach to monitoring volcano deformation as a window on the eruption cycle,” *Reviews of Geophysics*, vol. 41, no. 1, 2003.
- [12] M. Battaglia, P. F. Cervelli, and J. R. Murray, “Modeling crustal deformation near active faults and volcanic centers: a catalog of deformation models and modeling approaches,” US Geological Survey, Tech. Rep., 2013.
- [13] T. Cook. (2019) Igneous rocks and volcanic landforms rock and landform features produced by cooling lava and magma. [Online]. Available: <https://geology.com/rocks/igneous-and-volcanic-structures/>
- [14] B. et al. (2018) Nevada geodetic observatory, station id : Areq. [Online]. Available: <http://geodesy.unr.edu/NGLStationPages/stations/AREQ.sta>
- [15] K. Kaniuth, H. Müller, and W. Seemüller, “Displacement of the space geodetic observatory arequipa due to recent earthquakes,” *Zeitschrift f. Vermessungswesen* (127), pp. 238–243, 2002.