

Anexo 3: Recursos Utilizados a lo Largo de la Guía:

1.	DESCARGA DE DATOS.....	2
1.1.	DATOS VGOSDB.....	2
1.2.	DATOS NGS.....	3
2.	VIENNA VLBI AND SATELLITE SOFTWARE	4
2.1.	MANUAL DE INSTALACIÓN.....	6
2.1.1.	<i>Instalación de Plugin</i>	<i>8</i>
2.2.	MANUAL DE USO.....	9
2.2.1.	<i>Procesamiento Básico.....</i>	<i>15</i>
2.2.2.	<i>Archivos de Parámetros y Listas de Procesos</i>	<i>16</i>
2.2.3.	<i>Aceleración del Procesamiento</i>	<i>17</i>
2.2.4.	<i>Encontrar y Eliminar Valores Atípicos</i>	<i>18</i>
2.2.5.	<i>Generar un Nuevo CRF</i>	<i>20</i>
2.2.6.	<i>Generar Sesiones Intensivas</i>	<i>20</i>
2.2.7.	<i>Definición del Datum</i>	<i>21</i>
2.2.8.	<i>Generación de Simulaciones.....</i>	<i>22</i>
2.2.9.	<i>Realizar Una Solución Global.....</i>	<i>23</i>
3.	BERNESE GNSS SOFTWARE	24
3.1.	MANUAL DE MANEJO DE DATOS	27
3.1.1.	<i>Añadir Coordenadas de Referencia (CRD)</i>	<i>30</i>
3.1.2.	<i>Añadir Cargas Atmosféricas</i>	<i>31</i>
3.1.3.	<i>Añadir Cargas Oceánicas.....</i>	<i>32</i>
3.1.4.	<i>Añadir Archivos SINEX</i>	<i>34</i>
3.2.	MANUAL DE USO.....	34
3.2.1.	<i>Configuración y Creación de Campaña</i>	<i>36</i>
3.2.2.	<i>Procesamiento Con Combinación VLBI/GNSS.....</i>	<i>37</i>
4.	GAMIT/GLOBK	40
4.1.	MANUAL DE INSTALACIÓN.....	42
4.2.	ERRORES	50
	Ilustración 1. Esquema guía Software VieVS	5
	Ilustración 2. Esquema guía Software Bernese GNSS	27
	Ilustración 3. Esquema guía Software Gamit Globk	42
	Ilustración 4. Terminal con configuración del software Gamit Globk	44
	Ilustración 5. Terminal con comando de instalación del software Gamit Globk	47
	Ilustración 6. Terminal con términos y condiciones del software Gamit Globk	48
	Ilustración 7. Terminal con finalización de instalación del software Gamit Globk	50
	Ilustración 8. Terminal con errores del software Gamit Globk.....	51

1. Descarga de Datos

La descarga de datos en el procesamiento de VLBI es esencial para adquirir observaciones de múltiples estaciones terrestres. Estos datos son fundamentales para realizar comparaciones y correlaciones, lo que permite mediciones detalladas sobre eventos astronómicos y geodésicos. La fuente principal para esta descarga es el servicio CDDIS de la NASA, que alberga una extensa base de datos desde 1979 hasta la fecha actual, facilitando un acceso valioso a observaciones VLBI de alta calidad y contribuyendo al avance del conocimiento en astronomía y geodesia.

1. Para iniciar el proceso de descarga, el primer paso es llevar a cabo el proceso de registro en la plataforma del CDDIS. Este procedimiento se puede realizar de manera sencilla a través del siguiente enlace:

<https://urs.earthdata.nasa.gov/users/new>.

2. Una vez completado el registro y obtenidas las credenciales necesarias, los usuarios registrados podrán acceder al siguiente enlace:

https://cddis.nasa.gov/Data_and_Derived_Products/VLBI/VLBI_data_and_product_archive.html

A través de esta plataforma, se puede explorar, seleccionar y descargar observaciones VLBI específicas, así como otros productos y recursos relacionados.

1.1. Datos Vgosdb

Los datos vgosDB, abreviatura de "VLBI Global Observing System DataBase," representa el estándar de oro en el mundo del VLBI. Este formato es la columna vertebral de la organización y distribución de datos VLBI en la comunidad científica. En esencia, un vgosDB es un compendio completo de archivos que contiene observaciones VLBI cruciales, permitiendo un profundo análisis de una sola sesión.

En detalle, un vgosDB se compone principalmente de archivos en formato NetCDF y ASCII, que en conjunto abarcan prácticamente todos los datos necesarios para llevar a cabo el procesamiento de una sesión VLBI individual. Es esencial comprender que gran parte de la información crítica se almacena en archivos NetCDF, que ofrecen un formato eficiente y flexible para gestionar datos complejos. (CDDIS VLBI DB data, s. f.)

Este enfoque estandarizado es esencial para garantizar la coherencia y la precisión en la comunidad de VLBI. Los archivos NetCDF incluyen una amplia gama de información, desde observaciones crudas hasta detalles sobre los sistemas de referencia utilizados. Además, al adoptar este formato, se fomenta la accesibilidad y la compatibilidad de datos en la comunidad científica global, lo que facilita el

intercambio y la colaboración entre investigadores de todo el mundo que trabajan en el emocionante campo de la VLBI. (Gipson,2021).

Para acceder y descargar estos datos, el proceso es el siguiente:

1. Diríjase al submenú "VLBI DB Data" ubicado en la sección "VLBI".
2. En la sección "Data Access", encontrará un enlace URL. Haga clic en él.
3. Este enlace le llevará a la base de datos de archivos VLBI, donde los archivos tienen la extensión ".tgz" y siguen una estructura específica. Los dos primeros dígitos del nombre denotan el año de los datos, los tres siguientes caracteres representan el mes de adquisición, y los dos números posteriores indican el día de las observaciones.

1.2. Datos NGS

Los archivos ASCII de interferometría de línea de base muy larga (VLBI) en formato de tarjeta NGS son conjuntos de datos que contienen información de observaciones VLBI y siguen un formato específico definido por la NGS (National Geodetic Survey) de los Estados Unidos. (CDDIS VLBI NGS data, s. f.).

Estos archivos se usan para representar mediciones y datos relacionados con observaciones VLBI, técnica de radioastronomía usada para estudiar objetos astronómicos y geodésicos con gran precisión. Los datos en estos archivos pueden incluir mediciones de tiempo, posición y otros parámetros relevantes capturados durante observaciones VLBI y se utilizan en análisis posteriores y estudios científicos. (VLBI data holdings, 2020)

Para acceder y descargar estos datos, el proceso es el siguiente:

1. Diríjase al submenú "VLBI NGS Data" ubicado en la sección "VLBI" de la plataforma.
2. En la sección "Data Access", encontrará un enlace URL. Clique para acceder a la base de datos de archivos VL
3. En este entorno, los archivos se muestran con la extensión ".tgz" y siguen una estructura de nomenclatura precisa. Los dos primeros dígitos en el nombre denotan el año de los datos, seguidos por tres caracteres que representan el mes de obtención de los datos, y finalmente, dos números que indican el día en que se llevaron a cabo las observaciones. Esta convención de nomenclatura facilita la organización y búsqueda de datos específicos en la base de datos VLBI.

2. Vienna VLBI and Satellite Software

El software VieVS-VLBI ha sido desarrollado por la Unidad de Investigación en Geodesia Superior del Departamento de Geodesia e Información Geoinformática (GEO) de la Universidad Técnica de Viena (TU Wien). Este software incorpora modelos de vanguardia que están en plena conformidad con las últimas convenciones establecidas por el Servicio Internacional de Rotación de la Tierra. Además, VieVS-VLBI está programado en Matlab, con la ventaja de ser altamente accesible y permitir modificaciones en el código fuente de manera sencilla, lo que facilita su uso y adaptación según las necesidades (VieVS Wiki, s.f.). El software VieVS está estructurado en diferentes partes:

- VIE_INIT (INIT significa inicialización), es responsable de leer los datos. Actualmente, VieVS necesita archivos de sesión (archivos con las mediciones reales) en formato NGS o bases de datos VGOSDB. Los datos creados aquí se guardan en la carpeta LEVEL0. (VieVS Wiki, s.f.)
 - VIE_MOD (MOD significa modelado), calcula los retrasos teóricos y sus derivadas parciales, y se implementan modelos de acuerdo con las convenciones del IERS. Los datos creados aquí se guardan en la carpeta LEVEL1. (VieVS Wiki, s.f.)
 - VIE_LSM (LSM significa ajuste por mínimos cuadrados), se encarga de la estimación por mínimos cuadrados. Se estiman parámetros como los parámetros de la orientación de la Tierra (EOP), coordenadas de estaciones y desfases de reloj, entre otros, y se guardan en la carpeta LEVEL3 para investigaciones posteriores. (VieVS Wiki, s.f.)
- Además de la estructura principal en VieVS, existen otros dos módulos, a saber, VIE_SIM y VIE_GLOB:
- VIE_SIM (SIM significa simulación) crea observaciones simuladas para un plan de observación (que puede ser de una sesión real o programada). Combina el retraso teórico con valores simulados para el retraso húmedo cenital, relojes y ruido de observación en cada época, con el fin de crear observaciones realistas. La salida se guarda en formato NGS y luego se puede analizar con los métodos principales de VieVS. (VieVS Wiki, s.f.)
 - VIE_GLOB (GLOB significa global) combina las ecuaciones normales de varias sesiones en una solución global para calcular marcos de referencia y parámetros globales. (VieVS Wiki, s.f.)

Selección de Parámetros y Modelos: VieVS ofrece una interfaz gráfica de usuario (GUI) que permite una fácil elección de los parámetros y modelos necesarios. Los resultados se pueden visualizar en la ventana de comandos de Matlab o, en el caso de algunos módulos, se registran en archivos de registro (log files). Además, los

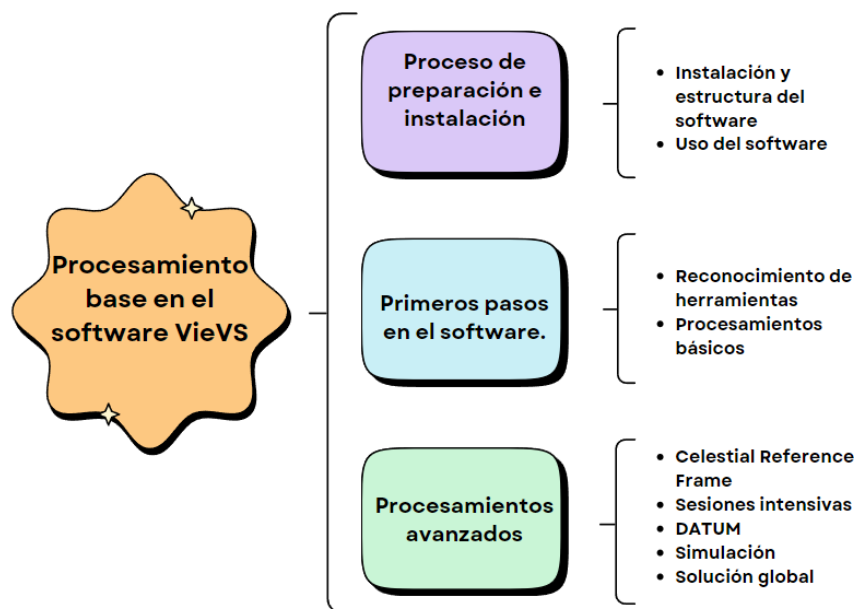
resultados pueden guardarse en archivos de Matlab o en formato de archivo de texto. Permitiendo:

VieVS es un software versátil diseñado para dos propósitos fundamentales. En primer lugar, se destaca en la geodesia de alta precisión, siendo una herramienta esencial para la determinación precisa de posiciones y movimientos de estaciones terrestres, antenas de radiotelescopios y otros puntos de observación. Esto desempeña un papel crucial en investigaciones relacionadas con la geodesia, la tectónica y la geodinámica. En segundo lugar, VieVS se ha desarrollado para respaldar investigaciones científicas en diversos campos, incluyendo geodesia espacial, geofísica, astrofísica y más, proporcionando una amplia gama de herramientas para el análisis de datos complejos y la obtención de resultados de alto valor. (VieVS Wiki, s.f.)

Además, esta herramienta de VLBI también se utiliza eficazmente en la monitorización de movimientos geodinámicos, como los que ocurren en placas tectónicas y la deformación de la corteza terrestre. También tiene aplicaciones astronómicas, permitiendo mediciones precisas de posiciones y movimientos de fuentes de radio extragalácticas, quásares y otros objetos celestes. Finalmente, VieVS se convierte en una herramienta valiosa para análisis de observaciones satelitales y cálculo de órbitas precisas de satélites, contribuyendo en aplicaciones relacionadas con la navegación, las comunicaciones y las misiones espaciales. (VieVS Wiki, s.f.)

Su uso e instalación está definido por el siguiente esquema:

Ilustración 1. Esquema guía Software VieVS



2.1. Manual de Instalación

El software "Vienna VLBI and Satellite Software" (VieVS) se ha desarrollado como una derivación del entorno de programación MATLAB, lo que refleja su origen en la flexibilidad y potencia que ofrece esta plataforma. Al adoptar una base en MATLAB, VieVS hereda muchas de las características y ventajas de este popular software, al tiempo que añade funcionalidades y módulos específicos para el procesamiento y análisis de datos VLBI y observaciones satelitales.

La elección de utilizar MATLAB como base para desarrollar VieVS tiene varias implicaciones significativas. MATLAB es un lenguaje de programación ampliamente utilizado en la comunidad científica y de ingeniería debido a su capacidad para realizar cálculos complejos, análisis de datos y visualización en una interfaz interactiva y amigable para el usuario. Además, de ofrecer una gran variedad de funciones y herramientas que facilitan la manipulación de datos, la implementación de algoritmos y la generación de gráficos. Al construir VieVS a partir de MATLAB, los desarrolladores han aprovechado la infraestructura y las características ya presentes en el software base, lo que acelera el proceso de creación y permite enfocarse en los aspectos específicos de la VLBI y las observaciones satelitales. Esto incluye funciones numéricas avanzadas, bibliotecas para procesamiento de señales y técnicas de ajuste geodésico y herramientas de visualización gráfica inherentes a MATLAB.

En cuanto a la licencia del software, VieVS se beneficia de la licencia abierta proporcionada por la Universidad Distrital Francisco José de Caldas. Esta decisión de licenciamiento permite que el software sea accesible para un público más amplio, incluyendo estudiantes, investigadores y profesionales que puedan utilizarlo para mejorar sus estudios y aplicaciones en geodesia y astronomía.

Para su instalación se debe seguir los siguientes pasos:

1. Antes de comenzar, debe asegurarse de tener instalado Matlab en tu sistema, ya que VieVS se basa en él para su funcionamiento. Puede adquirir Matlab a través del sitio oficial de MathWorks. Asegúrese de tener la versión correcta y compatible con tu sistema operativo.
2. Dirigirse al repositorio de VieVS en GitHub encontrado en el anexo 2.
3. En el repositorio de GitHub de VieVS, se encontrarán varias carpetas que representan distintos lenguajes de programación. Para utilizar el software, selecciona la carpeta "VLBI", ya que es la que contiene el código específico para la técnica de interferometría de línea de base muy larga (VLBI).

4. Dentro de la carpeta "VLBI", vera un botón que dice "CODE". Debe hacer clic en este botón y seleccionar "Download ZIP". Esto descargará un archivo ZIP que contiene la carpeta principal del código fuente de VieVS y todos los archivos necesarios para su funcionamiento
5. Diríjase nuevamente al repositorio en GitHub y repite el proceso anterior, pero esta vez selecciona la carpeta "COMMON". Esta carpeta contiene funciones generales utilizadas por diversas partes del software, lo que contribuirá a su correcto funcionamiento.
6. En el Disco Local del equipo, se debe crear una carpeta llamada "VieVs". Esta será la carpeta principal donde organizarás los archivos y datos relacionados con el software.
7. Dentro de la carpeta "VieVs", debe descomprimir los dos archivos ZIP previamente descargados. Estos archivos tomarán los nombres "COMMON-master" y "VLBI-develop". Sin embargo, para seguir la ruta específica del programa, deberás renombrar estas carpetas a "COMMON" y "VLBI", respectivamente.
8. Para el correcto funcionamiento del programa, es fundamental obtener los parámetros de Orientación de la Tierra (EOP, por sus siglas en inglés). Estos parámetros son esenciales para calcular las correcciones necesarias en las observaciones. Se debe entrar a la página oficial de la wiki de VieVS (<https://vievswiki.geo.tuwien.ac.at/VLBI-Analysis>) y buscar la sección "Download Earth Orientation Parameter". Dentro de esta sección, se encontrará un enlace subrayado con la palabra "IERS". Al hacer clic en él, será redirigido a los parámetros de observación de la Tierra proporcionados por el Servicio Internacional de Rotación de la Tierra y Sistemas de Referencia.
9. Dentro de la sección "Long term earth orientation data", se localiza el archivo denominado "EOP 20 C04". Al hacer clic en "latest version", accederás a un archivo de texto (txt) que contiene los parámetros necesarios para su uso en el programa. Estos datos son vitales para realizar los cálculos y correcciones precisas en el procesamiento de las observaciones VLBI.
10. El archivo de texto (txt) que contiene los parámetros de Orientación de la Tierra obtenido anteriormente debe ser guardado en la carpeta correspondiente dentro de la estructura de carpetas del software VieVS. Guarda este archivo en la ubicación "VLBI/EOP" bajo el nombre "C04_20_1962_now.txt".
11. Utilizando la sección 4.1, se llevará a cabo la descarga de los datos necesarios para su posterior procesamiento, los cuales corresponden a los conjuntos de datos VGoSDB y NGS. Estos datos deberán ser descargados y almacenados en la carpeta designada como "VLBI/DATA",

y se organizarán en dos subcarpetas distintas con los nombres "vgosDB" y "NGS", respectivamente.

12. Abra Matlab y localiza la herramienta "Browser for Folder" ubicada al lado de la barra de ruta en la interfaz de Matlab. Al hacer clic en esta herramienta, se abrirá una ventana de selección de carpetas en la que podrás navegar y elegir la carpeta "viev\VLBI\WORK" como tu ubicación de trabajo para el procesamiento.
13. Una vez que se haya seleccionado la carpeta de trabajo en Matlab, se debe dirigir a la consola de comandos de Matlab y escribir el comando "viev". Este comando generará la interfaz gráfica del software VieVS en Matlab, lo que te permitirá acceder a todas las herramientas y opciones necesarias para llevar a cabo el procesamiento VLBI.

Si durante la ejecución del comando "viev" en Matlab se encuentran errores, es posible que se deban a diversas causas, y una solución común puede ser la actualización de la versión de JAVA. La versión de JAVA utilizada por Matlab y por extensiones de software como VieVS puede afectar la compatibilidad y el funcionamiento adecuado de la interfaz gráfica. Para solucionar esto, se recomienda lo siguiente:

- Actualizar JAVA: Asegurarse de tener instalada la última versión de JAVA compatible con Matlab y con las extensiones de software que estás utilizando, como VieVS. Puede descargar la última versión de JAVA desde el sitio oficial de Oracle.
- Verificar la Compatibilidad: Antes de instalar una nueva versión de JAVA, asegúrese de que sea compatible con la versión de Matlab que estás utilizando y con las dependencias del software VieVS. Consulte la documentación oficial de Matlab y VieVS para verificar la compatibilidad con versiones específicas de JAVA.

En cuanto a los parámetros a utilizar dentro del software VieVS, es importante destacar que los valores pueden variar según las necesidades y el enfoque de análisis. La sección "Long term earth orientation data" del paso anterior ofrece diferentes versiones de parámetros EOP para su descarga. Puedes seleccionar la versión que mejor se adapte al proyecto y objetivos de procesamiento VLBI.

2.1.1. Instalación de Plugin

Los plugin, o complementos, se instalan en MATLAB para agregar funcionalidades adicionales al software. Estos complementos pueden proporcionar herramientas específicas, funciones personalizadas o interfaces de usuario adicionales para tareas específicas. La instalación de plugin en MATLAB puede ser necesaria para

ampliar la capacidad del software o para trabajar con herramientas específicas de terceros.

Cuando se trabaja con VieVS, una extensión de MATLAB, se requiere una estrecha integración con este entorno de programación científica. Es fundamental destacar que muchas de las funciones avanzadas de visualización y procesamiento de datos de VieVS se basan en las Toolboxes disponibles en el amplio repositorio de MATLAB. Para aprovechar al máximo estas funcionalidades y lograr una mayor eficiencia en el procesamiento de datos, es necesario seguir estos pasos para instalar los plugin necesarios:

1. Abra MATLAB y localice la opción "ADD-ONS" en el panel de control.
2. Seleccione "Get Add-Ons" en el menú desplegable.
3. Se abrirá una interfaz que muestra los plugin disponibles para su instalación. Utilice la barra de búsqueda para encontrar plugin específicos si es necesario.
4. Cuando encuentre el plugin que necesita, haga clic sobre su icono correspondiente. Esto abrirá una nueva página que permitirá agregar el complemento a MATLAB.

Para utilizar VieVS, se necesitarán dos plugin específicos:

- Mapping Toolbox: Esta herramienta se utiliza en MATLAB para trabajar con datos geográficos y crear mapas. Proporciona una serie de funciones y algoritmos que permiten transformar datos geográficos, representarlos en mapas con diferentes proyecciones y trabajar con datos de diversas fuentes de manera coherente en un sistema de coordenadas geográficas. Permite importar, procesar y personalizar datos geográficos, así como combinarlos con mapas base de diversas fuentes y exportar datos en formatos comunes para su análisis o presentación posterior.
- Parallel Computing Toolbox: Esta es una herramienta de MATLAB que permite aprovechar al máximo la potencia de procesamiento de computadoras. Facilita la paralelización de cálculos y procesamiento, lo que significa que puede realizar tareas computacionales intensivas mucho más rápido al distribuir el trabajo entre múltiples recursos de procesamiento. Proporciona herramientas de alto nivel, como bucles paralelos y algoritmos numéricos, que permiten la ejecución en paralelo de sus cálculos de manera sencilla.

2.2. Manual de Uso

Una vez se hay instalado el software siguiendo el proceso anterior, se procede a iniciar el programa escribiendo "vievs" en la consola de Matlab. Cuando se inicia el

programa, se despliega una interfaz gráfica que simplifica el acceso a las herramientas y configuraciones del programa. En la parte superior de la ventana principal, se encontrará un menú desplegable que organiza las funciones del programa de manera lógica, en la cual se podrá visualizar ocho (8) pestañas principales que contienen las herramientas necesarias para configurar los procesamientos que desees ejecutar. Además, encontrarás dos botones diseñados para iniciar los procesos de manera eficiente.

Considerando lo mencionado anteriormente, se procederá a describir las herramientas disponibles en la interfaz de VieVS:

1. Pestaña "File": En esta sección se encuentran las opciones relacionadas con la carga de datos para iniciar los procesamientos. Aquí se presentan las siguientes herramientas:
 - "Set Input Files": Esta herramienta permite cargar los archivos base necesarios para los procesamientos. También ofrece la posibilidad de cargar sesiones previamente trabajadas. Además, permite seleccionar las diferentes carpetas requeridas para ejecutar funcionalidades adicionales del software.
 - "Reload Folders": Como su nombre indica, esta opción se utiliza para actualizar las carpetas utilizadas en los procesamientos. Si encuentras errores en la carga de información, esta función ayudará a resolver muchos de los problemas al mantener tus carpetas actualizadas.
 - "Parameter Files": Esta herramienta facilita al usuario cargar y guardar los parámetros y sesiones que hayan sido utilizados en procesamientos anteriores. Esto permite reutilizar configuraciones previas de manera conveniente.
 - "Exit": Esta opción cierra automáticamente la interfaz gráfica del programa, permitiéndote salir de VieVS de manera ordenada.
2. Dentro de la pestaña "Models" en la interfaz de VieVS, encontrara una serie de herramientas que permitirán configurar los modelos que se utilizarán en las sesiones de procesamiento VLBI. Estas herramientas incluyen:
 - Reference Frames: Esta herramienta permite seleccionar los marcos de referencia tanto terrestres como celestes que serán utilizados en las sesiones de procesamiento. Estos marcos son fundamentales para la precisión de los cálculos.
 - Ephemerides: En esta opción, puede seleccionar las efemérides de posicionamiento de objetos astronómicos en un momento específico. Esto es esencial para calcular la información detallada sobre la ubicación, la velocidad, la distancia, la magnitud aparente y otros datos relevantes que permiten a los astrónomos y científicos predecir

con precisión la posición de los objetos celestes en el futuro o rastrear su movimiento en el pasado.

- Troposphere: Aquí puede seleccionar las funciones que corregirán los retrasos hidrostáticos y húmedos causados por la troposfera, además configurar el retraso al zenit y los gradientes, y elegir las funciones de mapeo apropiadas según la necesidad.
- Ionospheric: Esta herramienta se utiliza para calcular el retraso causado por la ionosfera. El software suele incluir un archivo de datos observados, pero también brinda la opción de importar nuevos datos si es necesario.
- Station Models: Aquí puede seleccionar las correcciones que se aplicarán a las estaciones de observación. Esto incluye correcciones como las cargas oceánicas, cargas atmosféricas, cargas del polo y cargas hidrológicas. También puede calcular las deformaciones térmicas y gravitatorias de las antenas en esta sección.
- EOP (Earth Orientation Parameters): En esta opción, puede seleccionar los archivos de parámetros de orientación de la Tierra mencionados durante la instalación del software. También puede incluir modelos de alta frecuencia y precisión, y realizar interpolaciones si es necesario.
- Observation Restriction: Esta herramienta permite aplicar diversas restricciones a los modelos utilizados en las observaciones. Esto puede incluir restricciones basadas en ángulos de elevación u otras variables específicas.
- Source Structure: En esta sección, puede seleccionar las estructuras de procesamiento que se aplicarán a los datos.
- Space Crafts: Si es necesario, se puede cargar las órbitas espaciales en esta herramienta. Esto es útil cuando se requiere tener en cuenta la posición de objetos en órbita durante el procesamiento de datos VLBI.

3. En la pestaña "Estimación", relacionada con el proceso de calcular parámetros desconocidos a partir de las observaciones de una red de radiotelescopios, hay herramientas para configurar los parámetros esenciales que se emplearán en las sesiones de procesamiento VLBI. Estas herramientas comprenden:

- Least square: VieVS emplea esta aplicación con el propósito de realizar ajustes en una serie de parámetros esenciales, como la troposfera, la ionosfera, los relojes, la posición de los satélites, y las coordenadas tanto de las estaciones de observación como del punto de origen. El objetivo de estos ajustes es lograr que las observaciones

reales se aproximen lo más posible a las predicciones teóricas, mejorando la calidad de los resultados.

- Global parameters: Esta sección se emplea para adicionar una amplia gama de parámetros, incluyendo las coordenadas de las estaciones y la posibilidad de incorporar nuevos cálculos y regresiones que serán tenidos en cuenta en la matriz N estimada.
4. La pestaña “Global Solucion” Tiene la capacidad de estimar parámetros compartidos por todas las sesiones de VLBI mediante un único proceso de ajuste. Este enfoque se usa para determinar el Marco de Referencia Terrestre (TRF) según las posiciones y velocidades de las estaciones y el Marco de Referencia de Fuentes Cósmicas (CRF) en las coordenadas de las fuentes de radio. Este proceso implica varios pasos que complementan las ecuaciones utilizadas.
 1. En primer lugar, se eligen los parámetros que se tendrán en cuenta en las ecuaciones normales. Luego, los NEQ se reorganizan siguiendo este nuevo orden de parámetros, y se combinan con los NEQ reorganizados de otras sesiones. Esto resulta en una única matriz normal global que contiene exclusivamente los parámetros globales.
 2. En el tercer paso, se aplican condiciones, como la restricción de que no haya rotación o traslación en el TRF, o la limitación de rotación en el CRF. Finalmente, se imponen restricciones adicionales mediante una inversión en el sistema NEQ, lo que proporciona las estimaciones de los parámetros globales. Dentro de sus apartados se tienen las siguientes herramientas que proporcionan lo indicado en cada uno de los pasos:
 - Select Parameters: Esta herramienta, permite elegir qué parámetros se tendrán en cuenta al crear las ecuaciones normales por medio del módulo llamado Vie_GLOB. Esto posibilita mantener estos parámetros activos, fijos o reducidos según las necesidades específicas del proceso de procesamiento de datos. La reducción de parámetros se aplica a aquellos que aparecen en una sola sesión y que dependen de un período de tiempo limitado, como los ajustes de relojes, los retrasos cenitales causados por la humedad o los gradientes troposféricos. Estos pueden cambiar en un lapso de varias horas. La reducción implica una estimación implícita de estos parámetros a partir de las ecuaciones normales de la sesión mediante un ajuste de mínimos cuadrados.
 - TRF/CRF parameterization: Ofrece la posibilidad de establecer condiciones, como la ausencia de rotación o traslación en el TRF, así como la falta de rotación en el CRF, además de permitir la imposición de restricciones adicionales si es necesario.

- Select especial parameters: Centrándose en aspectos no tradicionales durante el proceso de análisis, esta herramienta ofrece la flexibilidad de considerar o no factores relacionados con regresiones, variaciones y señales particulares.
5. El menú de simulación es esencial para crear observaciones teóricas que emulan el registro de fuentes astronómicas o geodésicas, como si fueran captadas por una red de radiotelescopios VLBI. Estas simulaciones desempeñan un papel crucial en diversos contextos, abarcando desde la calibración precisa de instrumentos hasta la evaluación de estrategias de observación y la planificación meticulosa de experimentos VLBI. Además, estas simulaciones se emplean para validar la efectividad de los algoritmos de procesamiento de datos utilizados en el análisis de observaciones reales. De esta manera, el menú de simulación se revela como una herramienta versátil que potencia la calidad y el alcance de la investigación en el ámbito de la VLBI.
 - Parámetros: Dentro de esta funcionalidad, se brinda la flexibilidad de seleccionar y personalizar los datos con los que se desea trabajar. Esto se logra mediante la modificación de parámetros clave, como los relacionados con la troposfera, los relojes, el datum, el ruido y la estructura de los datos que se pretenden simular. Este enfoque permite una adaptación precisa de las condiciones de simulación a los requerimientos específicos de cada investigación, ofreciendo un control detallado sobre las variables involucradas en el proceso de generación de observaciones teóricas. De esta manera, se optimiza la utilidad de la herramienta de simulación al satisfacer una amplia gama de necesidades en el ámbito de la VLBI.
 6. La pestaña "Run" se diseñó para gestionar tanto el inicio como los aspectos finales del proceso de procesamiento y la generación de productos de datos posteriores. Esta sección es esencial para controlar el flujo de trabajo, permitiendo a los usuarios iniciar y supervisar las etapas clave del procesamiento de datos de VLBI.
 3. Además, abarca los procedimientos necesarios para la producción y organización de los productos resultantes, lo que garantiza una gestión completa y eficiente de todo el proceso, desde el inicio hasta la obtención de datos procesados y listos para su análisis posterior.
 - Sinex output: Es una herramienta que otorga la capacidad de seleccionar los parámetros que se desean incluir en la creación del archivo SINEX durante el proceso de procesamiento de datos VLBI. Este menú brinda la flexibilidad de agregar o reducir datos dentro de la matriz SINEX, permitiendo un control detallado sobre la información que se incluirá en el archivo resultante. De esta manera, los usuarios

pueden personalizar y ajustar los datos según sus necesidades específicas, lo que facilita la creación de archivos SINEX precisos y concisos que se adecuan a los requerimientos de su investigación o aplicación.

- **Vievs Estimation settings:** Esta herramienta se centra en la personalización de los parámetros clave relacionados con la primera solución de reloj en el procesamiento VLBI. Ofrece la capacidad de ajustar y configurar estos parámetros de manera precisa, lo que incluye la estimación de valores junto con la identificación de valores atípicos. Además, facilita la creación de archivos en formato ASCII que contienen información relevante. También se brinda la posibilidad de configurar la matriz N, lo que proporciona un control integral sobre el proceso de procesamiento y ajuste de datos VLBI, permitiendo a los usuarios adaptar estos aspectos según sus necesidades específicas y objetivos de investigación.
- **Run Options:** Esta funcionalidad proporciona una selección de módulos específicos utilizados por el software en los diversos procesamiento disponibles. Además, ofrece la capacidad de personalizar y ajustar la configuración de cada procesamiento de acuerdo a las necesidades y preferencias del usuario. Esto permite acelerar y adaptar el proceso de manera altamente personalizada, brindando un mayor control sobre las operaciones y la velocidad del software.

7. El menú "Plotting" se ha diseñado específicamente para la visualización gráfica de los resultados obtenidos durante el procesamiento. Su finalidad principal es simplificar la comprensión y el análisis de datos en los diversos centros de procesamiento distribuidos en todo el mundo. Esta herramienta da representaciones visuales que permiten a los investigadores y profesionales de la VLBI examinar eficazmente el comportamiento de los datos procesados, lo que contribuye a interpretar y evaluar los resultados.

- **Residuals:** Esta sección ofrece una funcionalidad específica para el análisis y gestión de valores atípicos dentro de una sesión de procesamiento. Permite a los usuarios identificar y examinar estos archivos para decidir si deben eliminarse o conservarse en el conjunto de datos. Esto brinda un control completo sobre la calidad y la integridad de las observaciones, ya que se pueden tomar decisiones informadas sobre cómo manejar los valores atípicos en función de su comportamiento y relevancia para el procesamiento.
- **Parameters:** Esta herramienta proporciona una visualización detallada del comportamiento de los parámetros seleccionados durante el

procesamiento. Facilita la comparación de estos parámetros entre diferentes estaciones o sesiones, lo que resulta invaluable para evaluar la consistencia y la coherencia de los datos. Esta capacidad de comparación ayuda a identificar posibles discrepancias o tendencias inusuales en los resultados, lo que puede llevar a una mejor comprensión de los datos y una toma de decisiones más informada en el procesamiento de VLBI.

- Session analysis: Esta función proporciona al usuario la capacidad de visualizar las estaciones involucradas en el procesamiento de VLBI. Además, permite establecer una línea de base de parámetros, lo que facilita la detección de valores atípicos de manera más efectiva. Además, esta función puede generar una matriz de correlación que amplía las capacidades de análisis del procesamiento. Esto se traduce en una herramienta poderosa para identificar relaciones y patrones en los datos procesados, lo que contribuye a una comprensión más profunda y precisa del proceso VLBI.
 - EOP/BAS out: Esta opción brinda la posibilidad de estimar y analizar los Parámetros de Orientación de la Tierra. Además, permite visualizar estos parámetros de manera efectiva y personalizada, según las necesidades específicas del usuario. Esta herramienta resulta fundamental para obtener una comprensión precisa de los movimientos y variaciones en la rotación de la Tierra, lo que es esencial en aplicaciones geodésicas y astronómicas de alta precisión.
8. Help: Esta herramienta proporciona valiosa asistencia al usuario al ofrecer un enlace directo a la wiki del software. En la wiki, los usuarios pueden acceder a información tanto general como específica sobre el funcionamiento y las características del software. Esto facilita el proceso de aprendizaje y la resolución de problemas, ya que los usuarios pueden consultar recursos detallados y documentación relevante de manera conveniente.

2.2.1. Procesamiento Básico

El procesamiento fundamental del VLBI dentro del programa implica pasos meticulosos utilizados para combinar y analizar datos de múltiples estaciones de radio ubicadas en diferentes lugares geográficos. El objetivo de este proceso es obtener mediciones altamente precisas de la posición y movimiento de objetos astronómicos, como cuásares y radiofuentes.

Aquí, se detallan los pasos esenciales involucrados en el procesamiento VLBI dentro de VieVS:

1. El proceso comienza cargando los archivos comprimidos en formato .tgz en el programa. Esto se logra mediante la herramienta "Browse for VGOS-DB", donde se agrega el elemento específico que se desea procesar.
2. En el módulo "Run", se selecciona la herramienta "Run Options". Esto abrirá un menú que permitirá configurar el procesamiento. Aquí, se asigna un nombre al procesamiento en la opción "Sub-directory for (intermediate) results". Con esta configuración y manteniendo las opciones por defecto, se procede a hacer clic en el botón "Save + Run".
3. Este procedimiento inicia el procesamiento, y se puede seguir su progreso en la ventana de comandos de Matlab. Los comentarios dentro del código proporcionan explicaciones detalladas de las líneas de código utilizadas (estos comentarios se encuentran en el anexo 2).
4. Para revisar los resultados, se navega a la pestaña "plotting". Aquí, se encuentran gráficos que representan los residuales y los parámetros obtenidos durante el procesamiento.
5. Si se desea obtener los resultados en un archivo sinex, se dirige al menú "run" y se selecciona la opción "sinex output", seguida de "write sinex file". Una vez más, con la configuración por defecto, se hace clic en el botón "Save + Run".
6. Los archivos generados se encontrarán en el directorio principal en la carpeta Vievs > VLBI > DATA > SNX.

Este proceso de procesamiento VLBI en VieVS garantiza la obtención de mediciones extremadamente precisas y facilita la generación de resultados gráficos y archivos sinex para su posterior análisis y uso.

2.2.2. Archivos de Parámetros y Listas de Procesos

Si deseas guardar o establecer parámetros específicos que serán necesarios para futuros procesamiento, se debe seguir el siguiente procedimiento:

1. Para comenzar la configuración de los parámetros que se desea guardar. Estos pueden incluir datos que hayas modificado en los menús de Modelos, Estimación, Solución Global y Estructura, el programa almacenará cualquier cambio que se realice en estos elementos.
2. Diríjase al menú "File" y selecciona la herramienta "Parameters file". A continuación, elija la opción "Save parameters as". Aquí, se pedirá que le dé un nombre a estos parámetros que deseas guardar. Asigne un nombre descriptivo y significativo que permita identificar fácilmente estos parámetros en el futuro.
3. Cuando necesite utilizar estos parámetros guardados en un proyecto futuro, vuelva al menú "File". Esta vez, se seleccionará la herramienta "Parameters file" y luego elija la opción "Load Parameters". Al hacerlo,

cargara los datos de los parámetros que previamente se guardaron en el proyecto.

4. Los parámetros que guarde se almacenarán en una ubicación específica. Se encontrarán en la carpeta "WORK" dentro de la sección de parámetros llamada "PARAMETERS". En esta carpeta, además de los parámetros guardados por el usuario, podrá encontrar archivos adicionales utilizados en los procesamientos más comunes de los centros de procesamiento.

Este proceso de guardar y cargar parámetros permitirá conservar configuraciones importantes y reutilizarlas en proyectos futuros. La organización de estos parámetros en la carpeta designada facilitará el acceso y gestión dentro del programa.

Además de guardar parámetros, también es posible almacenar una lista de procesos que contenga los archivos ".tgz" utilizados. Siga este procedimiento para gestionar y reutilizar estas listas de procesos:

1. En el menú "File", seleccione la herramienta "Set input files". Dentro de esta opción, elija "Browse for VGOS-DB" y selecciona los archivos ".tgz" que desee incluir en la lista de procesos. Puedes elegir los archivos de tu elección según sus necesidades o proyectos específicos.
2. A continuación, en el menú "File", seleccione la herramienta "Set input files" nuevamente. Ahora, opte por la opción "Save process list as". En este punto, se le pedirá que asigne un nombre a la lista de procesos que desee guardar. Asegúrese de darle un nombre descriptivo y significativo para poder identificar fácilmente esta lista en el futuro.
3. Para cargar y utilizar la lista de procesos que guardo previamente, diríjase nuevamente al menú "File". Luego, seleccione la herramienta "Set input files" una vez más. Ahora, elija la opción "Browse for process_list". Esto te permitirá cargar la lista de proceso que guardo anteriormente.

La capacidad de guardar y cargar tanto parámetros como listas de procesos, proporciona flexibilidad y eficiencia al trabajar en los proyectos VLBI con VieVS. Esto simplifica la gestión de datos y configuraciones, lo que a su vez puede aumentarla productividad y facilitar el seguimiento de los proyectos anteriores.

2.2.3. Aceleración del Procesamiento

Optimizar el tiempo requerido para obtener resultados precisos en la interferometría de radio de larga línea de base a través de la aceleración del procesamiento de datos VLBI en VieVS (Software de Procesamiento de Datos VLBI y GPS) es una tarea crucial en la investigación científica. A continuación, se presentan estrategias

específicas que pueden ser implementadas para lograr este objetivo de manera eficiente:

1. Para comenzar, es importante destacar que el proceso de preparación para el procesamiento en VieVS debe estar completo. Esto implica seguir los pasos detallados en la sección 5.2.2.1 del programa hasta llegar al paso 2, o bien, contar con una lista de procesamiento previamente guardada de la sección 5.2.2.2.
2. Una vez que se ha completado esta etapa preparatoria, se puede proceder al ajuste de las configuraciones de procesamiento en el módulo "Run" de VieVS. Esto se logra seleccionando la herramienta "Run Options", que abrirá un menú con diversas opciones de configuración. En esta fase, es esencial asignar un nombre descriptivo al procesamiento en la opción "Sub-directory for (intermediate) results". Esto no solo facilita la organización de los resultados intermedios, sino que también ayuda a mantener un registro ordenado de los procesamientos anteriores.
3. En este punto, una estrategia fundamental para acelerar el procesamiento es habilitar la opción "Use parallel process" en la misma sección. Esta función permite que VieVS realice el procesamiento de manera paralela, lo que significa que múltiples tareas pueden ejecutarse simultáneamente. Esta capacidad de procesamiento paralelo aprovecha al máximo la potencia de cómputo disponible, lo que se traduce en una reducción significativa en el tiempo total necesario para obtener resultados precisos.
4. Además, se recomienda desactivar la opción "Stop process list if there is an error", lo que permitirá que el programa continúe el procesamiento incluso si se encuentra con errores en alguna de las etapas. Esto puede ser útil en casos donde los errores no sean críticos o puedan corregirse después, evitando interrupciones innecesarias en el flujo de trabajo y acelerando el proceso global.

Al seguir estas estrategias específicas en VieVS, como la habilitación del procesamiento paralelo y la gestión de errores de manera eficiente, se puede lograr una significativa optimización en el tiempo necesario para obtener resultados precisos en la interferometría de radio de larga línea de base.

2.2.4. Encontrar y Eliminar Valores Atípicos

La identificación y eliminación de valores atípicos en el procesamiento VLBI revisten una importancia crítica para garantizar la precisión y la confiabilidad de las mediciones y resultados obtenidos. Estos valores anómalos tienen el potencial de distorsionar de manera significativa los análisis, introducir errores y sesgos, complicar la interpretación de los datos y poner en riesgo la calidad de la investigación científica. Su exclusión es fundamental para asegurar que los

resultados sean más precisos, coherentes y representativos, lo que a su vez contribuye a la integridad y credibilidad de los hallazgos científicos en el ámbito de la interferometría de radio de larga línea de base.

1. Para llevar a cabo este proceso en el software VieVS, es crucial que se haya completado previamente la preparación necesaria para el procesamiento, siguiendo los pasos detallados en la sección 5.2.2.1 del programa hasta llegar al paso 2. O se puede tener una lista de procesamiento previamente guardada de la sección 5.2.2.2.
2. Una vez que se ha completado la preparación, el siguiente paso implica ajustar las configuraciones de procesamiento en el módulo "Run" de VieVS. Esto se logra seleccionando la herramienta "Run Options", la cual abre un menú con múltiples opciones de configuración. Durante esta fase, es fundamental asignar un nombre descriptivo al procesamiento en la opción "Sub-directory for (intermediate) results". Además, se debe activar únicamente el módulo "Run vie_lsm", que es responsable de la estimación de mínimos cuadrados, y se ajustarán los parámetros relacionados con EOP, coordenadas de estación, compensaciones de reloj, entre otros.
3. En la pestaña "Plotting", en la herramienta "Residuals", se encuentran los residuales generados por el software. Mediante el botón "Load", es posible cargar los procesamientos actuales y pasados, lo que facilita la visualización de los residuales de cada uno de los días procesados utilizando los archivos ".tgz".
4. Para eliminar manualmente los valores atípicos, se puede utilizar la sección "Outliers". Al seleccionar el botón "Select", se pueden elegir los atípicos que se desean eliminar y, a continuación, al presionar "Remove Outliers", se procede a su eliminación. Finalmente, para confirmar esta exclusión, se debe volver a ejecutar el procesamiento utilizando la opción "Save + Run".

Sin embargo, si se requiere realizar un procesamiento sin valores atípicos desde el principio, el procedimiento es ligeramente diferente. Primero, se debe asegurar que el proceso de preparación para el procesamiento en VieVS esté completo siguiendo los pasos mencionados anteriormente.

1. En el menú "File", seleccione la herramienta "Set Input Files".
2. Dentro de esta opción, vaya a la sección "Outliers file" y seleccione "Outliers directory" en la opción "Default", luego opte por "Eliminate outliers". Al ejecutar el procesamiento con esta configuración, los productos generados no incluirán valores atípicos

Es importante destacar que, si se elige este segundo procedimiento, no es necesario configurar el software de acuerdo con los pasos del primer procedimiento.

2.2.5. Generar un Nuevo CRF

En la geodesia espacial, se aplican técnicas muy precisas, como la interferometría de radio de larga línea de base (VLBI), para medir distancias y movimientos tanto en la Tierra como en el espacio. El CRF (Celestial Reference Frame) desempeña un papel crucial al servir como una referencia sólida que vincula las coordenadas de múltiples estaciones de medición y objetos astronómicos en el espacio. Aquí se detallan los pasos necesarios para la creación de un CRF:

1. En el menú "File", seleccione la herramienta "Set Input Files" y cargue el archivo ".tgz" necesario.
2. Una vez que el archivo ".tgz" esté cargado, haga clic derecho sobre él y seleccione la opción "Open/Create OPT File". Esta acción abrirá una ventana donde podrá visualizar los parámetros específicos para el archivo.
3. Ahora, diríjase al menú "Run" y seleccione "Run Options". En la sección "Sub-directory for (intermediate) results", asigne un nombre descriptivo al archivo que se creará como resultado del proceso del CRF. Luego, haga clic en el botón "Save + Run". Asegúrese de que la opción de procesamiento paralelo esté desactivada y que la opción de detener el procesamiento tras un error esté seleccionada.
4. Abra la consola de Matlab y escriba el siguiente código: `check_sources_in_vgosDB_file('nombre_del_archivo.tgz')`, sustituyendo "nombre_del_archivo.tgz" por el nombre real del archivo ".tgz" que cargó previamente. Al ejecutar este comando, se generará una matriz con los datos necesarios para la creación del CRF. Continúe siguiendo las instrucciones que aparezcan en la consola, dando doble enter en los menús solicitados.
5. Regrese a la interfaz gráfica del software y vaya al menú "Models". En la opción "Reference Frame", seleccione la sección "Celestial Reference Frame". En esta sección, encontrará un botón que dice "Create File". Haga clic en él para iniciar la creación del archivo CRF.
6. En el menú de configuración del archivo CRF, deje las opciones por defecto sin cambios y haga clic en el botón "Create".
7. Para finalizar, regrese al menú "File", seleccione la herramienta "Set Input Files", vaya a la sección "Outliers file" y seleccione "Eliminate outliers". Luego, haga clic en "Run + Save" para realizar el procesamiento que eliminará los valores atípicos del archivo CRF.

2.2.6. Generar Sesiones Intensivas

Se refiere a períodos de tiempo en los que se realiza un procesamiento VLBI de manera continua y concentrada. Estas sesiones intensas implican el procesamiento

de datos de observaciones VLBI para obtener resultados científicos precisos. Estas sesiones pueden sincronizarse para coincidir con eventos astronómicos significativos, como eclipses o tránsitos de planetas, o para abordar investigaciones que requieran el análisis eficiente de una gran cantidad de datos. Para gestionar estas sesiones intensivas en el software, se debe seguir el siguiente procedimiento:

1. En el menú "File", seleccione la herramienta "Set Input Files" y cargue el archivo ".tgz" específicamente preparado para la sesión.
2. El software incluye parámetros predeterminados utilizados en diferentes procesamientos. Entre estos parámetros se encuentra un archivo denominado "VIE_int_vgosdb.mat," que contiene los valores necesarios para generar una sesión intensiva. Para acceder a estos parámetros, vaya al menú "File" y seleccione la opción "Parameters Files," lo que mostrará un menú adicional donde podrá elegir "Load Parameters."
3. Luego, diríjase al menú "Run" y seleccione "Run Options." En la sección "Sub-directory for (intermediate) results," asigna un nombre descriptivo para la sesión. Finalmente, haga clic en el botón "Save + Run."

Durante este procesamiento intensivo, se considerarán aspectos relacionados con la estimación de la troposfera, generando un intervalo de tiempo de 360 minutos para la estimación del retraso en el zenit, sin tener en cuenta los gradientes dentro de este intervalo. Además, se estimará el reloj, generando un desplazamiento lineal por partes por reloj en el mismo intervalo de tiempo mencionado. La estimación de los datos de observación de la Tierra se debe realizar en el mismo intervalo de tiempo. Sin embargo, solo se estimará la diferencia entre el Tiempo Solar Medio (UT1) y el Tiempo Atómico Internacional (TAI), llamado dUT1.

En relación con lo anterior, el modelo de los EOP se generará utilizando los EOP finales. Estos pasos garantizan que se lleve a cabo una sesión intensiva de procesamiento VLBI con los parámetros adecuados y los resultados deseados.

2.2.7. Definición del Datum

Se define un datum para asegurar una referencia espacial uniforme que permita la alineación precisa y la comparación de observaciones realizadas en diferentes radiotelescopios distribuidos por todo el mundo. Este datum consiste en un sistema de coordenadas de referencia y una base geodésica que garantizan la coherencia de las mediciones de los radiotelescopios y su capacidad para combinarse y producir resultados precisos. Para configurar esto en el software, siga los siguientes pasos:

1. En el menú "File", seleccione la herramienta "Set Input Files" y cargue el archivo ".tgz" que corresponda.

2. Diríjase al menú "Models" y seleccione la herramienta "Reference Frames". En la sección de "Reference Frames", elija el ITRF bajo el cual desea realizar el procesamiento. Este será el datum de referencia para sus mediciones.
3. Vaya al menú "Estimation" y elija la opción "Least Square". Dentro de esta opción, se abrirá un submenú con varias configuraciones. Seleccione "Station Coordinates". Asegúrese de desactivar la opción que dice "Estimate station coordinates as one offset per session by introducing NNT/NNR condition equation" y seleccione la opción "Apply settings to coordinates of" para las estaciones TRF (Sistema de Referencia Terrestre).
4. En el mismo menú "Estimation" y la opción "Least Square", seleccione ahora "Source Coordinates". Asegúrese de desactivar la opción que dice "Use only ICRF3sx defining".
5. Finalmente, haga clic en el botón "Save + Run" para aplicar la configuración.

Este proceso garantizará que todas las mediciones realizadas en diferentes radiotelescopios se realicen en un sistema de coordenadas de referencia coherente, lo que es esencial para lograr resultados precisos y confiables en la VLBI.

2.2.8. Generación de Simulaciones

Para realizar simulaciones de observaciones de sesiones VLBI, es necesario trabajar con sesiones previamente realizadas o descargadas desde fuentes confiables, como los datos NGS/vgosDB proporcionados por el CDDIS. También es posible generar sesiones de simulación utilizando el programa Viesched++, que es un software relacionado con VieVS. A continuación, se detallan los pasos para llevar a cabo estas simulaciones:

1. En el menú "File", seleccione la herramienta "Set Input Files" y elija la opción "Browse for sessions". Luego, seleccione el archivo NGS correspondiente a las sesiones que desea simular. Estos archivos deben haber sido descargados previamente.
2. Diríjase al menú "Simulation" y seleccione la opción "Parameters".
3. En la sección "Simulation Parameters", puede optar por utilizar un archivo de parámetros predefinido (ubicados en la carpeta VLBI>DAT>TURB) o crear uno nuevo seleccionando la opción "Specify Now". Si elige esta última opción, tendrá la flexibilidad de configurar la simulación según sus requisitos específicos, como definir períodos de tiempo, altitudes, velocidades, y decidir si desea generar archivos NGS o VSO, entre otros parámetros.

4. Una vez configurada la simulación de acuerdo con sus preferencias, vaya al menú "Run" y seleccione "Run Options". En la sección "Sub-directory for (intermediate) results," asigne un nombre descriptivo para la simulación.
5. Active el módulo "Run vie_sim" marcando la casilla correspondiente.
6. Finalmente, haga clic en el botón "Save + Run" para iniciar la simulación. El proceso de simulación se reflejará en el panel de control de Matlab, y se generará un archivo matriz (.mat) que contiene la información en formato CSV. Puede encontrar estos productos en la carpeta "VLBI>OUT".

Siguiendo estos pasos, podrá realizar simulaciones de observaciones de sesiones VLBI de manera eficiente y personalizada, utilizando los datos y parámetros que mejor se adapten a su investigación o proyecto.

2.2.9. Realizar Una Solución Global

Una solución global en el procesamiento VLBI (Interferometría de Radio de Larga Línea de Base) se refiere a la estimación de una serie de parámetros geodésicos y astronómicos que describen la posición y el movimiento de estaciones terrestres, objetos astronómicos y otros elementos relevantes en el sistema de referencia terrestre. Este proceso combina las ecuaciones normales de varias sesiones de observación en una solución unificada y coherente que permite calcular marcos de referencia y parámetros globales de manera precisa y consistente. Para realizar este procedimiento, siga estos pasos detallados:

1. En el menú "File", seleccione la herramienta "Set Input Files" y elija la opción "Browse for process list" (Para obtener más información, consulte la sección 5.2.2.2). Luego, seleccione la lista de procesamiento que desea utilizar para la solución global.
2. Habilite la opción "Use OPT files" y seleccione "VIENNA_VGOSDB" en la lista de opciones.
3. Vaya al menú "Estimation" y elija la opción "Least Square". Dentro de esta opción, se abrirá un submenú con varias configuraciones. Seleccione "EOP". Dado que es una solución global, desactive las nutaciones del polo tanto para el eje x como para el eje y. Configure los demás parámetros según las necesidades del procesamiento.
4. En el mismo menú "Estimation" y la opción "Least Square", seleccione ahora "Source Coordinates" y desactive la opción que dice "estimate coordinate of all source with NNR Condition".
5. En el menú "Estimation" y la opción "Global Parameters", active la opción "Prepare N_global and b_global for global solution".

6. Ahora, en el menú "Global Solution" y en la opción "Select Parameters", seleccione que los parámetros "xpol", "ypol" y dUT1 sean estimados (ESTIMATE), mientras que las nutaciones dX y dY y las velocidades de la antena deben marcarse como parámetros de arreglo (FIX).
7. En el menú "Global Solution", seleccione la opción "TRF/CRF Parameterization". En la sección "Terrestrial reference frame", elija el datum de su preferencia.
8. Vaya al menú "Run" y seleccione "Run Options". En la sección "Sub-directory for (intermediate) results", asigne un nombre descriptivo para la solución. Además, en la sección "VIE_GLOB directory settings", cambie el nombre por defecto por el nombre de la lista de procesamiento.
9. Active el módulo "Run vie_glob" marcando la casilla correspondiente.
10. Finalmente, haga clic en el botón "Save + Run" para iniciar la simulación de la solución global.

3. Bernese GNSS Software

El software Bernese GPS es una herramienta altamente sofisticada diseñada para procesar y analizar datos geodésicos y de posicionamiento obtenidos a través de sistemas globales de navegación por satélite (GNSS). Este software es compatible con los dos principales sistemas GNSS en funcionamiento en ese momento: el Sistema de Posicionamiento Global (GPS) de los Estados Unidos y el Sistema de Navegación Global por Satélite (GLONASS) de Rusia para su procesamiento directo, sin embargo, el software permite experimentar con demás sistemas de posicionamiento como el VLBI mediante procesamientos combinados.

El propósito de este software es permitir a los usuarios procesar con precisión los datos GNSS, incluyendo determinar coordenadas geodésicas y otros parámetros de posicionamiento. Está diseñado para satisfacer las necesidades de una variedad de usuarios, incluyendo científicos, agencias de relevamiento responsables de redes GNSS de alta precisión, y usuarios comerciales que requieren un alto nivel de precisión y confiabilidad en sus aplicaciones.

El software Bernese ha experimentado varias versiones a lo largo del tiempo, con cada versión introduciendo mejoras y características adicionales. Las últimas versiones incluyen una interfaz de usuario gráfica fácil de usar, un sistema de ayuda integrado y capacidades avanzadas de procesamiento y análisis. Este software se ha convertido en una herramienta muy utilizada en la comunidad de la geodesia y el posicionamiento por su capacidad para manejar muchas aplicaciones y su flexibilidad y precisión. (Astronomical Institute, University of Bern, 2007)

Es importante recalcar que, para efectos prácticos de la metodología, se usa el software Bernese 5.2 en el sistema operativo Windows 10, en el programa base y las siguientes herramientas principales:

La pestaña "Help" (Ayuda) en un software proporciona una valiosa fuente de información para los usuarios al ofrecer guías prácticas sobre cómo utilizar las diversas herramientas disponibles en el programa. En la opción "General" de esta pestaña, los usuarios pueden acceder a una introducción general que les brinda una visión global de las herramientas que estarán disponibles y que podrán utilizar en el software. Esta sección suele ser el punto de partida para aquellos que desean familiarizarse con el programa y entender sus capacidades antes de profundizar en herramientas específicas.

Desde la pestaña "Conversión" en la interfaz gráfica del software encontrara una serie de herramientas que sirven para la extracción de información de archivos base y conversión de formatos los cuales Bernese utiliza para sus procesamiento, la herramienta de esta sección la cual se maneja tiene el nombre identificador SNX2NQ0. Este es una herramienta del software que se utiliza para convertir archivos SINEX en archivos binarios de ecuaciones normales (NEQ). Esta conversión es fundamental en el procesamiento de datos GNSS para estimar las soluciones de posición y otros parámetros geodésicos. Este programa es versátil y puede manejar diferentes versiones de archivos SINEX, además de poder reconstruir información de ecuaciones normales a partir de archivos SINEX creados por el software Bernese GNSS o de fuentes externas.

La herramienta consta de tres secciones principales. En la primera sección, titulada "File name", el usuario puede seleccionar el archivo SINEX de entrada y asignar un nombre al proceso. Además, tiene la opción de generar dos tipos de archivos adicionales: uno que registra los pasos del procesamiento y otro que documenta los errores que puedan ocurrir durante el proceso, lo que facilita el seguimiento detallado del flujo de trabajo y la identificación de posibles problemas durante la conversión de archivos SINEX.

En la segunda sección, denominada "General files", se pueden seleccionar archivos relacionados con la información del satélite y el datum. Esta sección permite configurar aspectos importantes del procesamiento geodésico, como los datos de referencia espacial y temporal. Por último, en la sección "Options", los usuarios pueden elegir configuraciones específicas, como la extracción de coordenadas de estaciones y herramientas relacionadas con el trabajo en ecuaciones normales. Estas opciones permiten personalizar el procesamiento según las necesidades y preferencias del usuario.

El software incluye una poderosa herramienta llamada "Combinar sistema de ecuaciones normales (ADDNEQ2)", diseñada específicamente para el

procesamiento geodésico avanzado. Esta herramienta tiene la capacidad de combinar los resultados derivados de ejecuciones previas del programa. Esta poderosa utilidad se basa en archivos de ecuaciones normales (NEQ) generados durante el proceso de estimación y proporciona una solución integral para la fusión de datos geodésicos y de posicionamiento provenientes de diversas fuentes. Con la capacidad de manejar una amplia gama de parámetros, desde coordenadas de estaciones y parámetros atmosféricos hasta modelos ionosféricos globales y sesgos diferenciales de código, ADDNEQ2 se convierte en una herramienta esencial para proyectos geodésicos de gran envergadura, permitiendo la combinación efectiva de información precisa y para un análisis geoespacial más completo.

La combinación de soluciones se lleva a cabo mediante el uso de ecuaciones normales, que funcionan como un almacén para secuenciar soluciones relacionadas con una variedad de parámetros, como coordenadas, troposfera y parámetros de órbita. Esto establece la base para un análisis detallado y preciso de las observaciones geodésicas.

Este pasaje también presenta el concepto de técnicas secuenciales de Estimación de Mínimos Cuadrados (LSE), resaltando su capacidad para ofrecer resultados equiparables a los ajustes de un solo paso, siempre y cuando las soluciones individuales se mantengan independientes. Además, se exploran diversas manipulaciones aplicadas a las ecuaciones normales, como el reescalamiento, las transformaciones de parámetros, el apilamiento de parámetros, la reducción de parámetros, la introducción de parámetros adicionales y la restricción de parámetros. Estas técnicas permiten un control preciso y una adaptación efectiva de los datos geodésicos, garantizando la robustez y la confiabilidad del proceso de análisis. En última instancia, se subraya la flexibilidad y la importancia de estas operaciones en el contexto del procesamiento de datos geodésicos GPS. (Astronomical Institute, University of Bern, 2007)

Ilustración 2. Esquema guía Software Bernese GNSS



Fuente: elaboración propia, 2023

3.1. Manual de Manejo de Datos

La instalación del software Bernese GNSS puede variar según la versión específica en uso y el sistema operativo del equipo. No obstante, es crucial destacar que este software está sujeto a restricciones de licencia y distribución establecidas por la Universidad. Por lo tanto, este manual de instalación se enfoca en la adquisición de datos y la configuración del software Bernese GNSS para cada etapa de procesamiento. Este proceso implica la obtención de información geodésica y de posicionamiento a partir de observaciones de sistemas globales de navegación por satélite (GNSS), como el Sistema de Posicionamiento Global (GPS) y sistemas similares. Por lo tanto, en primera medida se debe seguir los siguientes pasos:

1. Crear una carpeta en el disco local D (Bajo cualquier nombre).
2. En esta carpeta crear las siguientes subcarpetas con los respectivos nombres indicados.
 - a) ATM
 - b) GRD
 - c) ORB
 - d) RAW
 - e) SOL
 - f) STA

g) PPP

3. En el anexo 2 del documento están los scripts generales, que facilitan el orden de los archivos, cada referenciado para las carpetas creadas en el paso anterior.
4. Se copia el archivo de nombre “wget” en cada una de las carpetas anteriormente descargadas.
5. En la carpeta ATM se encontrará el archivo “ION UNIBE”, este se procede abrirlo con un editor de texto. (Dado el tamaño de los archivos y la estructura de los datos, se recomienda a usar el editor TEXTPAD)
6. Se configura los FTP dependiendo los datos de la fecha a usar mediante el comando “wget”.
7. Se ejecuta el “wget”, iniciando la descarga de los archivos requeridos. Ya terminada se descomprimen los archivos descargados.
8. Se procede abriendo la carpeta GRD y el archivo DB_GRID_VMF con el editor de texto.
9. Dentro del archivo se debe cambiar el mes dentro del link por la fecha tomada en el calendario normal.
 - a) Por defecto está programado el mes 07, por lo que lo idea es usar las herramientas del editor del texto tales como “Modo de selección de bloque” ya que facilita el manejo de los datos y “Buscar y Reemplazar”.
 - b) Importante recordar que se debe guardar los cambios.
10. Ejecutar el archivo DB_GRID_VMF.
11. Abrir el archivo GRD_CONCATENAR con el editor de texto
12. En este se configurará los FTP remplazando el mes y los días, seleccionados para el procesamiento.
13. Finalmente se estandariza el nombre de salida (Encontrado en la parte final de cada script) con el número de la semana GPS.
 - a) Guardar el Archivo y ejecutar.
14. En la carpeta ORB se colocarán las órbitas precisas tanto IGS como IGL.
 - a) Importante resaltar que el nombre de los archivos debe estar en mayúsculas dado que el software solo acepta los nombres de archivos en mayúscula
15. Abrir el archivo P1C1BIAS_CODE con el editor de texto.
16. El archivo está conformado por una serie de líneas independientes al procesamiento por lo que se deben eliminar todas las líneas exceptuando, las 4 líneas anteriores a la línea “PAUSE”.
17. De estas 4 líneas se deben editar las primeras dos, modificando la primera línea por “P1C12201” y la segunda línea por “P1C12202”.
 - a) Guardar el Archivo y ejecutar.

18. En la carpeta SOL se añadirán los archivos SINEX a utilizar.
19. En la carpeta STA se encuentra el archivo SIRGAS_CRD_HISTORICO, se procede a abrir con el editor de texto.
20. En este se editará el archivo colocando al principio de cada una de las líneas (exceptuado la última), el carácter “#” junto con la semana GPS usada.
 - a) Guardar el Archivo y ejecutar.
21. En la carpeta PPP, se debe copiar el archivo “P1C1BIAS_CODE” anteriormente modificado y el archivo “wget”.
22. Se debe modificar la primera línea en la parte “P1C12201” y modificar el archivo por COD seguido de la semana GPS y por último el día, finalizando el comando con la extensión “. EPH.Z” , a manera de ejemplo asumiendo una semana GPS 2193, el comando quedará como “COD21930.EPH.Z”
23. Al igual que el paso anterior la segunda línea debe ser modificada de la misma manera, pero esta vez con las extensiones “. ERP.Z” y “. CLK.Z”, igualmente a manera de ejemplo los comandos serían “COD21930.ERP.Z” Y “COD21930.CLK.Z” respectivamente.
24. Copiar y pegar estas dos líneas 6 veces más y en las cuales se van a modificar el día de la semana.
 - a) Guardar y ejecutar.
 - b) Si no se descargan exactamente el número de archivos predispuestos, es recomendable eliminar los archivos descargados y ejecutar el proceso de nuevo hasta tener el total de archivos.
25. Descomprimir la carpeta de la semana GPS obtenida en la carpeta RAW
 - a) Esta carpeta contendrá los datos de Magna y del servicio geológico colombiano.
 - b) Debido a que el software solo acepta los archivos MAYUSCULAS se debe editar los nombres de estos, igualmente junto al editor de texto el nombre en los archivos debe ser modificado y colocado en mayúsculas.
 - c) Guardamos cambios y lo ejecutamos.
26. En la carpeta RAW se debe abrir con el editor de texto el archivo DOMES_SGC
27. Se modificará el archivo dependiendo de los caracteres que aparezcan en las columnas si aparece 215 debe ser reemplazado por 017, igualmente 216 por 018, 217 por 019, 218 por 020, 219 por 021, 220 por 022 y así como una secuencia.

28. Existe la posibilidad que cree archivos de 0 kb y archivos antiguos, estos no se usarán en el procesamiento por lo cual deben ser filtrados
- a) Ordenamos los archivos por orden de modificación y deben ser borrados los archivos con nombre en minúscula
 - b) Ordenamos los archivos por peso y eliminamos los que pesen 0 Kb
 - c) La forma del archivo a manera de ejemplo debe ser "AMCR0160.22O"

3.1.1. Añadir Coordenadas de Referencia (CRD)

El Cálculo de Coordenadas de Referencia (CRD) se refiere al proceso de determinar las coordenadas geodésicas (latitud, longitud y altura) de puntos específicos en la superficie de la Tierra con respecto a un sistema de referencia geodésico establecido. Estos puntos de referencia pueden ser estaciones geodésicas, puntos de control terrestre o cualquier otro lugar cuya ubicación precisa sea de interés.

El CRD es esencial en la geodesia y en muchas aplicaciones que requieren información de ubicación precisa, como cartografía, ingeniería civil, monitoreo de deformaciones, estudios tectónicos y planificación de infraestructura. El proceso implica la utilización de técnicas y tecnologías de observación, como sistemas GNSS (Sistema de Posicionamiento Global), estaciones totales, nivelación y métodos de posicionamiento satelital de alta precisión, como la interferometría de línea de base muy larga (VLBI) en astronomía y geodesia.

El resultado del cálculo de coordenadas de referencia proporciona la posición geodésica exacta del punto en el sistema de coordenadas elegido, que suele estar relacionado con un datum geodésico específico. Estos datos son fundamentales para establecer redes de control geodésico, cartografiar áreas extensas, monitorear movimientos de la corteza terrestre, realizar mediciones de deformación y realizar estudios geodésicos y geofísicos en general.

Para su adición se seguirá el siguiente procedimiento:

1. Se necesita tener usuario en "Precise Point Positioning Canadá".
2. Dado que el programa va a requerir el archivo RINEX, se debe seleccionar con anterioridad que estaciones GNSS se van a usar a la hora del procesamiento.
3. Al escoger un correo y enviar, se recibirá dentro del correo un "Summary" que contiene los datos principales de la estación o estaciones escogidas.
4. Este "Summary" debe ser pasado tal cual a un archivo en formato ".txt" y guardado bajo el nombre de la estación.
5. El archivo ".txt" debe ser guardado en la carpeta raíz de la cual fue creada en el disco local D.

- a. Se debe generar un archivo “.txt” para cada una de las estaciones.

3.1.2. Añadir Cargas Atmosféricas

Referente al proceso de estimar y modelar los efectos de la atmósfera terrestre en las mediciones geodésicas y de navegación por satélite, en particular en el VLBI y en los sistemas GNSS. La atmósfera terrestre introduce retrasos en las señales electromagnéticas que viajan desde los satélites hasta los receptores en la Tierra.

Los retrasos mencionados resultan de la interacción de diversos factores atmosféricos, como la densidad, la temperatura y la humedad del aire. Los cálculos relacionados con las cargas atmosféricas pretenden modelar estos efectos para corregir las mediciones y obtener estimaciones altamente precisas de la ubicación de los receptores.

El proceso de cálculo de las cargas atmosféricas implica usar modelos matemáticos diseñados para considerar estos factores atmosféricos específicos y evaluar los retrasos introducidos en las señales. Estos modelos pueden requerir datos procedentes de estaciones meteorológicas cercanas, lo que permite obtener información precisa sobre las condiciones atmosféricas en la región de medición. La corrección de las cargas atmosféricas es fundamental para lograr mediciones de posicionamiento geodésico y navegación por satélite de alta precisión y fiabilidad.

Los sistemas actuales de VLBI y GNSS, así como los programas de procesamiento de datos geodésicos, incorporan algoritmos y técnicas avanzadas que permiten realizar estas correcciones de manera efectiva. Este enfoque mejorado contribuye a mejorar la exactitud de las mediciones en presencia de los efectos atmosféricos, asegurando resultados más confiables en aplicaciones geodésicas y de navegación.

Para la incorporación de estas se sigue los siguientes pasos:

1. Para este proceso se va requerir del sitio web “Geophy” en su sección “Method 1: Online Calculator - Global Geophysical Fluids Center”, en el cual se van a descargar los datos de las cargas atmosféricas correspondiente a cada una de las antenas.
2. Dentro del recuadro de la página con el nombre “¿Where are your stations located?”, se van a agregar los datos de la estación bajo el siguiente orden:
 - a. Nombre
 - b. Longitud (360 menos la latitud enmarcada en el archivo .txt creado anteriormente de las estaciones de las Coordenadas de referencia)
 - c. Latitud

3. Se debe procesar el archivo y guardar los resultados en el archivo “.txt”, debajo de las Coordenadas de referencia.

3.1.3. Añadir Cargas Oceánicas

Las Cargas Oceánicas se refieren a las fuerzas ejercidas por los océanos sobre la superficie de la Tierra debido a la distribución de agua y masas en movimiento en los océanos. Estas cargas tienen un efecto medible en la forma y la gravedad de la Tierra, y son consideradas en estudios geodésicos y geofísicos para comprender la dinámica de los océanos y su influencia en la geodesia.

Las Cargas Oceánicas se generan debido a varios factores, como las mareas, las corrientes oceánicas, las variaciones en la temperatura y la salinidad, y la circulación atmosférica. Estos fenómenos ocasionan variaciones en la distribución de masas de agua, lo que a su vez produce deformaciones en la corteza terrestre y afecta el campo gravitacional de la Tierra.

En aplicaciones geodésicas, las mediciones precisas de las Cargas Oceánicas pueden ser utilizadas para monitorear el nivel del mar, estudiar el comportamiento de las corrientes oceánicas y evaluar los efectos del cambio climático en los océanos. Además, estas mediciones también son relevantes para la corrección y el análisis de observaciones GNSS y VLBI (Interferometría de Línea de Base Muy Larga) en la geodesia espacial.

Para su adición se debe seguir los siguientes pasos:

1. Para este proceso se va a requerir del sitio web “holt.oso” en su sección “Ocean tide loading provider”, en el cual se van a descargar los datos de las cargas atmosféricas correspondiente a cada una de las antenas.
2. Dentro de esta se modificarán los siguientes recuadros:
 - a. " Select ocean tide model", en este se seleccionará el modelo más reciente referente al “FES2014b”
 - b. “Where are your stations?”, se escribirán las coordenadas XYZ de la estación (geocéntrica) siguiendo el esquema presente en la página
 - c. " What is your e-mail address?", escribir el correo donde se desea que llegue la información
3. En el disco local C, se debe descargar la carpeta GPSPDATA encontrada en el Anexo 2.
4. En la carpeta REF52 (GPSPDATA>DATAPOOL), se van a ubicar los datos que tomara como referencia el software, los documentos con la extensión mostrada a continuación, se abrirán con el editor de texto
 - a. ABB

- i. La totalidad de la información (Exceptuando la primera columna) del documento debe ser pasada a un Archivo .xlsx.
- ii. En el archivo .xlsx deben eliminarse los datos duplicados, además de agregar un código y un identificador único para las nuevas estaciones (Estos pueden ser inventados por el usuario).
- iii. En el archivo base ABB (en formato “.txt”), se deben agregar las estaciones anteriormente editadas (en el formato “.xlsx”) en orden alfabético. Como recomendación procurar no usar el comando de tabulación del PC, usar únicamente el carácter Espacio, además de seguir el formato del documento conservando sus separaciones.
- iv. Finalmente repetir el proceso para cada una de las estaciones.
- b. ATL
 - i. Se van a colocar los códigos anteriormente seleccionados en el Archivo ABB, correspondientes a cada estación.
 - ii. Siguiendo el formato del archivo, se cambiarán los nombres de las estaciones a mayúsculas y se agregarán los datos del Archivo .txt descargados en la información de las estaciones.
- c. BLQ
 - i. Siguiendo el formato del archivo, se cambiarán los nombres de las estaciones a mayúsculas y se agregarán los datos del Archivo .txt descargados en la información de las estaciones.
- d. CLU
 - i. Se van a colocar los códigos anteriormente seleccionados y se asignara además un numero aleatorio entre 1 y 4, a cada uno de estas.
- e. CRD
 - i. Se van a colocar los códigos anteriormente seleccionados para cada estación.
 - ii. Dado el formato del archivo se modificará el encabezado de este por la fecha de la semana del procesamiento.
 - iii. Se agregarán los datos obtenidos en el archivo ABB junto con sus coordenadas XYZ.
 - iv. Se agregará en la última columna el carácter w.
 - v. Como recomendación se debe cambiar los decimales de los datos por cero (0) con el objetivo que los datos queden con el mismo peso.
- f. STA
 - i. Usando un archivo RINEX de la estación, se agregarán los datos correspondientes al formato, igual que en los anteriores

- pasos Se van a colocar los códigos anteriormente seleccionados para cada estación.
- ii. Las fechas las reemplazarán las mencionadas en cada estación, si no se tienen se colocará por defecto las fechas desde 1/1/2000 a las 0:00 hasta 31/12/2099 a las 00:00.
 - iii. Se buscan los datos que concuerdan con el archivo RINEX y se remplazara en el archivo.
 - iv. Los datos no mencionados se deben llenar según como indique el formato.
- g. VEL
- i. Se van a colocar los códigos anteriormente seleccionados para cada estación, para las filas que contengan velocidades iguales a 0 y que en su última columna PPP.
 - ii. La primera Columna debe se ordenada según la sucesión que lleva la lista.

3.1.4. Añadir Archivos SINEX

1. Dentro de las carpetas del Software, se buscará la carpeta GPSPDATA en este se encuentra la carpeta de la campaña la cual es el objetivo a abrir
2. Aquí se abrirá la carpeta SOL
3. Dentro de la carpeta SOL se añadirá los archivos SINEX requeridos para el procesamiento.

3.2. Manual de Uso

El software Bernese GNSS se aplica en la geodesia y la navegación por satélite, donde se usa para procesar y analizar observaciones de sistemas globales de navegación por satélite (GNSS), como el Sistema de Posicionamiento Global (GPS), GLONASS, Galileo y otros sistemas similares. Este software ofrece funciones y herramientas para analizar de alta precisión, lo que permite determinar ubicaciones exactas en la superficie terrestre.

No obstante, es importante mencionar que el software no incluye herramientas propias para el procesamiento VLBI. Se introdujo un nuevo enfoque que involucra la combinación de VLBI con los sistemas GNSS como estrategia avanzada para obtener mediciones de alta precisión en la astronomía y la geodesia. Esta combinación aprovecha las ventajas inherentes de ambas técnicas para lograr resultados aún más precisos y completos. Dentro de este enfoque de combinación, destacan diversas aplicaciones que demuestran la utilidad y potencial de la estrategia VLBI-GNSS:

- **Determinación Precisa de Órbitas Satelitales:** Al combinar mediciones VLBI y GNSS, se logra una mayor precisión en la determinación de las órbitas de los satélites. Las mediciones GNSS proporcionan información en tiempo real sobre la posición y velocidad de los satélites, mientras que las mediciones VLBI refinan aún más estas órbitas.
- **Mejora de la Resolución de Imágenes Astronómicas:** La combinación de observaciones VLBI y mediciones GNSS permite una localización más precisa de fuentes astronómicas. Esto es valioso para obtener imágenes detalladas de objetos distantes en el espacio, como quásares.
- **Estudios de Movimientos Tectónicos y Deformación de la Corteza Terrestre:** La integración de mediciones VLBI y GNSS facilita la realización de estudios geodésicos exhaustivos sobre el movimiento de las placas tectónicas y la deformación de la corteza terrestre, mejorando la comprensión de la actividad sísmica y geodinámica.
- **Estudios de Cambio del Nivel del Mar y Efectos del Hielo:** La combinación de mediciones VLBI y GNSS se aplica para analizar cambios en el nivel del mar y evaluar el impacto del derretimiento de glaciares y capas de hielo en las regiones polares.
- **Posicionamiento Geodésico de Alta Precisión:** Integrar mediciones VLBI y GNSS en aplicaciones de posicionamiento geodésico permite obtener coordenadas de puntos de referencia terrestres, esenciales en áreas como cartografía y estudios de deformación.
- **Monitoreo de Movimientos Tectónicos y Volcánicos:** La combinación de ambas técnicas proporciona información valiosa sobre el movimiento de fallas tectónicas y la actividad volcánica al combinar mediciones de movimiento horizontal y vertical con alta precisión.
- **Mejora en la Calibración de Instrumentos VLBI:** Las mediciones GNSS pueden emplearse para calibrar y corregir las mediciones realizadas por instrumentos VLBI, lo que contribuye a mediciones astronómicas aún más precisas.

La fusión de VLBI y GNSS resulta en una mayor precisión y capacidades mejoradas para estudiar una amplia gama de fenómenos astronómicos y geodésicos. Esta sinergia entre ambas técnicas conduce a resultados más sólidos y contribuye significativamente al avance científico en diversas áreas de investigación.

Con la premisa mencionada, procederemos a detallar la manera en que se llevan a cabo las combinaciones y sus respectivas configuraciones:

3.2.1. Configuración y Creación de Campaña

Este implica varios pasos que permiten definir los parámetros de observación, estaciones, intervalos de tiempo y otros aspectos necesarios para procesar y analizar los datos GNSS, cabe destacar que el proceso puede variar ligeramente según la versión específica. Aquí se presenta una descripción general de cómo llevar a cabo este proceso:

1. Dentro del software se abrirá el menú "Campaign", la cual desplegará una lista en la que se seleccionará la opción "edit list of campaigns".
2. Este desplegará un listado en el cual se escogerá la opción "a+", en este se escribirá el nombre de la semana GPS usada en la configuración y se guarda, creando así la campaña.
3. En el menú "Campaign", se seleccionará la opción "select campaign active" y en la cual se escogerá la campaña creada anteriormente. (Si salen errores dentro de este proceso dar "OK" a cada uno de ellos).
4. Con esto se abrirá una pestaña donde mostrará las carpetas creadas, al finalizar esto se debe dar la opción "RUN". (Si se configuro bien el nombre de la campaña debe aparecer en la parte inferior del programa)
5. En el menú "Configure", se seleccionará la opción "session / computer Day", en el cuadro de dialogo habrá una opción llamada "GPS week , Day of week (WWWW D)", bajo ese formato se colocará la semana GPS y el día de la semana que se quiere procesar.
6. Dentro de la carpeta DATAPOOL se deben insertar los datos descargados anteriormente en sus respectivas carpetas.
 - a. ATM correspondiente a los datos de las cargas ionosféricas a la carpeta BSW52.
 - b. ORB correspondiente a los datos de ruido a la carpeta BSW52.
 - c. Los archivos resumen de la semana PPP a la carpeta COD.
 - d. ORB correspondiente a los datos de ruido igualmente deben estar en la carpeta COD.
 - e. Los archivos RAW/MAGNA ECO deben ser pasados a la carpeta RINEX.
 - f. Los archivos en REF52 que contengan la palabra MAGNA debe ser cambiado a cualquier nombre de libre elección.}
7. En el menú "BPE", se seleccionará la opción "reset CPU file", en este habrá una opción llamada "CPU", esta se escogerá y dará OK
8. Igualmente, en el menú "BPE", se seleccionará la opción "Start BPE processing" y se dará "next" hasta RUNBPE 4.
9. En RUNBPE 4 se cambiarán el nombre de los archivos MAGNA por el nombre seleccionado anteriormente en el numera 6 sección f (No incluyendo los archivos con Nombre IGS14).

10. Finalmente se da correr, si llega a saltar error revisar el proceso en la carpeta BPE e igualmente si una estación no está en la lista se puede eliminar o agregarla con el proceso anterior.

En la carpeta 2193 de CAMPAIGN52 se inicia el proceso de llenado de información. En esta ubicación, creamos una subcarpeta denominada OUT0, la cual contendrá los registros de errores. Es importante señalar que el programa únicamente aceptará antenas autorizadas por el IGS. En caso de requerir modificaciones, se sigue el siguiente procedimiento: accedemos a la carpeta GPS/GEN y editamos el archivo "receiver" para lograr la aceptación de las antenas.

Asimismo, se genera un archivo individual para cada estación que contempla la estimación de valores relacionados con la ionosfera y la troposfera, bajo los modelos ION y el mapa INX. Esta información se posteriormente transforma en partición de formato Bernese. En el directorio "out" se genera un resumen que detalla el proceso de procesamiento, y se obtiene información como las coordenadas de los puntos PPP (Posicionamiento Preciso Punto a Punto). Este proceso se realiza con el uso del lenguaje de programación PERL.

3.2.2. Procesamiento Con Combinación VLBI/GNSS

En el contexto del procesamiento de datos geodésicos GNSS/VLBI mediante el uso del software Bernese GPS, se adentra en un terreno de manipulaciones y operaciones en ecuaciones normales que desempeñan un papel fundamental en el análisis exhaustivo de observaciones geodésicas.

A medida que el número de estaciones GNSS/VLBI se ha ido expandiendo a nivel global, junto con la creciente cantidad de observaciones recopiladas, surge la imperiosa necesidad de emplear métodos de procesamiento secuencial. Esta aproximación se vuelve esencial para gestionar la inmensa cantidad de datos geodésicos recopilados. En este contexto, el software Bernese GPS ofrece herramientas fundamentales, como ADDNQ0 y SNX2NQ0, que facilitan la manipulación y combinación de ecuaciones normales, permitiendo un procesamiento eficiente y preciso de los datos.

Siguiendo con estos avances en la técnica de procesamiento secuencial, se desglosan los siguientes pasos para llevar a cabo la combinación de datos geodésicos GNSS/VLBI:

1. En primer lugar, debe dirigirse a la pestaña "Conversion". Al hacerlo, se desplegará un menú secundario en el que deberá seleccionar la herramienta denominada "SINEX to normal equation". Una vez seleccionada esta herramienta, se abrirá una nueva ventana de

configuración en la que el usuario podrá ajustar los archivos SINEX según sus necesidades.

2. En el primer panel, denominado "GENERAL FILES", se recomienda desactivar esta opción, ya que no será necesaria para la conversión.
3. Luego, en el panel siguiente llamado "INPUT FILES", el usuario debe incluir el archivo SINEX que se encuentra en la carpeta SOL, de las cuales se necesita obtener las ecuaciones normales.
4. Continuando con el siguiente panel, "GENERAL OUTPUT FILE", es importante activar las opciones "Program Output" y "Error Messages".
5. En la opción "TITLE", el usuario debe proporcionar un nombre para el archivo de salida que se generará.
6. Posteriormente, el usuario debe dirigirse al submenú de la parte inferior de la ventana de configuración y seleccionar "Next".
7. En este nuevo menú desplegado, el usuario encontrará las opciones necesarias para la conversión. Debe activar la opción "Generate CRD and VEL" para generar coordenadas y velocidades.
8. Además, en la opción "Generate FIX FILE", se debe seleccionar "YES" para generar un archivo de corrección.
9. Las demás opciones en este menú pueden dejarse en su configuración por defecto.
10. Finalmente, en el submenú de la parte inferior, el usuario debe hacer clic en la opción "RUN" para iniciar el proceso de conversión.

El proceso de conversión de archivos SINEX a ecuaciones normales generará tres archivos cruciales para el análisis y procesamiento de datos geodésicos de alta precisión. Estos archivos se ubican en diferentes carpetas para una organización eficiente de la información.

En primer lugar, en la carpeta "SOL", se generará un archivo que contendrá la ecuación normal derivada del archivo SINEX original. Este archivo es esencial para el cálculo de posiciones y movimientos precisos y llevará la extensión ".NQ0".

En segundo lugar, en la carpeta "STA", se creará un archivo que albergará los parámetros reducidos resultantes del proceso. Estos parámetros son cruciales en el procesamiento geodésico y se guardarán bajo la extensión ".FIX".

Por último, en la carpeta "OUT", se generará un archivo que contendrá el registro de la ejecución del programa. Este archivo es útil para el seguimiento y la revisión de la conversión y tendrá la extensión ".L".

Es esencial resaltar la importancia de estos archivos en el proceso de combinación de técnicas GNSS/VLBI, ya que desempeñan un rol fundamental en la mejora de la precisión en la determinación de posiciones y movimientos geodésicos.

Siguiendo con el proceso de procesamiento, ahora es necesario tener en cuenta lo siguiente:

1. En primer lugar, el usuario debe dirigirse a la opción "Processing" en el menú principal. Esto desplegará un submenú en el que deberá seleccionar la opción "Combine normal equation systems".
2. Esto lo llevará a un nuevo menú donde configurará la combinación. En primer lugar, debe activar la opción "Show all general files".
3. En el panel "NORMAL EQUATIONS", el usuario deberá seleccionar el archivo NQ0 generado previamente. Además, debe añadir el archivo de varianza de los factores de escala de la campaña, que se encuentra en la carpeta "OUT". En este mismo menú, debe incorporar los datos de las estaciones, incluyendo archivos de velocidad (ubicados en la carpeta "STA" con la extensión ".VEL"), coordenadas (en la carpeta "STA" con la extensión ".CRD") y la información de la estación (en la carpeta "STA" con la extensión ".STA").
4. Luego, el usuario debe hacer clic en "Next" en el submenú de la parte inferior de la interfaz gráfica, lo que abrirá un nuevo menú donde seleccionará los nuevos valores a estimar. Aquí puede ingresar datos relacionados con la troposfera, ionosfera, los EOP (Parámetros de Orientación de la Tierra), coordenadas geocéntricas, correcciones y archivos de reloj, sesgos de sistemas y códigos diferenciales, así como la lista de parámetros. Cada uno de estos se encuentra en las carpetas correspondientes mostradas por defecto en el software.
5. En la sección 3, lo que abrirá un nuevo menú donde nombrará los archivos seleccionados en el paso 4.
6. Nuevamente, debe seleccionar "Next" y encontrará un menú donde puede nombrar los resultados adicionales del procesamiento y los archivos auxiliares.
7. Una vez más, el usuario debe elegir "Next" y llegará a un menú con opciones de procesamiento. Aquí, puede configurar el nombre del procesamiento, así como opciones generales para las ecuaciones normales y los parámetros a utilizar.
8. A continuación, el usuario debe seleccionar "Next" y accederá a un menú para remover parámetros de la estación del sistema y configurar los archivos de entrada y salida del procesamiento.
9. En la sección 4 el usuario debe personalizar los archivos SINEX resultantes en una nueva pestaña de configuración.
10. Continúe con "Next" y se abrirá una nueva sección que permitirá realizar la pre eliminación de parámetros, seguida de las secciones 5.2 y 5.3, que permiten procesar de manera similar.

11. En la sección 5, podrá definir el Datum a utilizar para las coordenadas de la estación junto con sus configuraciones, que se detallarán en la sección 5.1.
12. En la sección 7, el usuario puede configurar la comparación de las soluciones individuales, permitiendo elegir la máxima tolerancia de error y de los residuales.
13. Al dar "Next" nuevamente, desde la sección 8 hasta la sección 22, el usuario encontrará configuraciones mucho más específicas para la combinación. Si necesita realizar alguna de estas configuraciones, puede consultarlas en el Submenú "General", ubicado en el menú "Help". Si no es necesario, puede dejar estas opciones en su configuración predeterminada.
14. Finalmente, el usuario debe seleccionar la opción "RUN" en el submenú de la parte inferior de la interfaz gráfica.

Después de haber seguido cuidadosamente este proceso detallado de configuración y combinación de sistemas de ecuaciones normales, el usuario podrá obtener valiosos resultados que se almacenarán de manera organizada en una carpeta designada específicamente para ello, como se indica en la sección 2.1 del software, titulada "OUTPUT FILES".

Estos archivos resultantes son el producto de la cuidadosa manipulación y combinación de datos geodésicos, y su ubicación en la carpeta designada tiene un propósito fundamental. Esta organización garantiza que los resultados estén fácilmente accesibles y estructurados de manera lógica para su posterior análisis y uso en diversas aplicaciones geoespaciales y científicas.

4. GAMIT/GLOBK

GAMIT, GLOBK y TRACK conforman un conjunto integral de programas diseñados para analizar mediciones de sistemas de navegación por satélite (GNSS), Interferometría de Radio Muy Longitudinal Baseline (VLBI) y Ranging Láser (SLR), con un enfoque principal en el estudio de la deformación de la corteza terrestre. Este conjunto de software ha sido desarrollado en colaboración por el Instituto de Tecnología de Massachusetts (MIT), la Institución de Oceanografía Scripps y la Universidad de Harvard, con el apoyo financiero de la Fundación Nacional de Ciencias de los Estados Unidos.

Estos programas son el resultado del esfuerzo conjunto de un equipo multidisciplinario de científicos y expertos en geodesia que pertenecen al Observatorio Geodésico del MIT, dentro del Departamento de Ciencias Terrestres, Atmosféricas y Planetarias (EAPS). Han sido creados con el propósito de proporcionar herramientas de procesamiento y análisis de alta precisión para datos

GNSS, VLBI y SLR, lo que es esencial en los campos de la geodesia y la geodinámica. Estos programas se han convertido en un estándar en la comunidad científica para llevar a cabo análisis geodésicos y geodinámicos de alta calidad, contribuyendo significativamente a la comprensión de la dinámica de la Tierra. (GAMIT/GLOBK, s. f.)

El conjunto de programas consta de tres componentes principales, cada uno especializado en áreas específicas:

1. GAMIT ("GNSS at MIT") es una suite de programas diseñada para procesar datos de fase y estimar posiciones relativas tridimensionales de estaciones terrestres y órbitas de satélite. Además, calcula retrasos atmosféricos en la dirección cenital y parámetros de orientación de la Tierra. Este software está diseñado para funcionar en cualquier sistema operativo UNIX. (GAMIT/GLOBK, s. f.)
2. GLOBK ("Global Kalman filter") es un filtro de Kalman global cuyo objetivo principal es combinar diversas soluciones geodésicas obtenidas de experimentos como GPS, VLBI y SLR. Utiliza estimaciones y matrices de covarianza de las coordenadas de estaciones, parámetros de orientación de la Tierra, parámetros orbitales y posiciones de fuentes generadas a partir del análisis de observaciones primarias. Esta herramienta es esencial para la integración de soluciones geodésicas en un marco global, permitiendo la aplicación uniforme de restricciones en la solución combinada. (GAMIT/GLOBK, s. f.)
3. TRACK es un programa especializado en analizar y predecir las órbitas de satélites artificiales, incluyendo aquellos utilizados en sistemas GNSS y VLBI. Proporciona estimaciones precisas de las órbitas, velocidades y relojes de los satélites, lo que es fundamental para calcular correcciones precisas en las observaciones geodésicas. Esto, a su vez, contribuye a mejorar la precisión en la determinación de posiciones y otros parámetros geodésicos, siendo un componente esencial en el estudio de la dinámica terrestre. (GAMIT/GLOBK, s. f.)

Ilustración 3. Esquema guía Software Gamit Globk



Fuente: elaboración propia, 2023

4.1. Manual de Instalación

Estos programas son compatibles con sistemas operativos, permitiendo su uso en entornos de computación. En cuanto a la compatibilidad con sistemas operativos, estos programas están diseñados para funcionar en sistemas operativos UNIX o Linux, lo que incluye distribuciones como Ubuntu, CentOS y otras basadas en UNIX. También pueden ejecutarse en plataformas Mac OS X, que está basada en UNIX. Debido a su enfoque en el procesamiento de datos geodésicos y la necesidad de librerías y herramientas específicas, estos programas no son nativos de sistemas operativos Windows, aunque es posible ejecutarlos en un entorno Windows mediante herramientas de emulación o máquinas virtuales que admitan sistemas UNIX.

Es importante destacar que la instalación y configuración de GAMIT, GLOBK y TRACK en un sistema operativo específico puede requerir un conocimiento técnico sólido y una comprensión de las dependencias y librerías necesarias. Además, la comunidad de usuarios y desarrolladores de estos programas suele proporcionar documentación y recursos para guiar la instalación y el uso efectivo en diferentes sistemas operativos.

Para su correcto funcionamiento, se requiere la instalación de librerías especiales que proporcionan las funcionalidades necesarias para el procesamiento y análisis de los datos GNSS y VLBI. Estas librerías son esenciales para garantizar la precisión y confiabilidad de los resultados obtenidos a partir de las observaciones, esto es un paso crítico en el proceso de configuración del software ya que permiten que las rutinas de procesamiento utilicen algoritmos y funciones avanzadas para llevar a cabo cálculos geodésicos de alta calidad. Se recomienda instalarlas directamente en el sistema operativo utilizando el compilador de la consola de comandos.

Algunas de las librerías necesarias para el funcionamiento del software pueden incluir bibliotecas matemáticas, librerías de álgebra lineal y librerías para el procesamiento de datos geodésicos específicos. Las librerías necesarias para garantizar que el software pueda funcionar de manera óptima y producir resultados precisos y confiables son:

- Compilador Fortran
- Compilador C
- Librerías y cabeceras X11, específicamente: librería (X11 libX11.a, libX11.so, libX11.dylib, libX11.la o libX11.dll.a)
- Archivo de cabecera X11 (Xlib.h)

Para llevar a cabo la instalación de estos programas, se empleará un proceso que involucra la utilización del comando (CTRL+ALT+T), el cual habilitará la apertura de la consola de comandos del sistema operativo. Esta consola, a menudo llamada "Terminal" en sistemas basados en UNIX o Linux, es una interfaz fundamental que permite interactuar directamente con el sistema operativo a través de comandos de texto. Esta metodología brinda un control detallado y gran flexibilidad durante el proceso de instalación y configuración de programas, como GAMIT, GLOBK y TRACK.

Al ejecutar el comando (CTRL+ALT+T), se abrirá la consola de comandos, proporcionando un entorno donde se pueden ingresar instrucciones y comandos específicos para instalar, configurar y ejecutar estos programas. A través de la consola, los usuarios pueden acceder a directorios, transferir archivos, ejecutar programas y realizar diversas tareas relacionadas con la gestión del sistema operativo y el software.

Una vez abierto la consola se procede a instalar los prerequisites mediante el comando:

1. `sudo apt install gfortran make libx11-dev csh tcsh bc`

Antes de proceder con los siguientes pasos, es esencial realizar una verificación cuidadosa para garantizar que los archivos y directorios críticos `/usr/lib/x86_64-linux-gnu` y `/usr/include` estén presentes en el sistema operativo. Estos componentes son fundamentales para el funcionamiento adecuado de diversos programas y aplicaciones, incluyendo GAMIT, GLOBK y TRACK.

Para realizar esta verificación, se pueden utilizar los siguientes códigos en la terminal:/

2. `usr/lib/x86_64-linux-gnu`
3. `/usr/include`

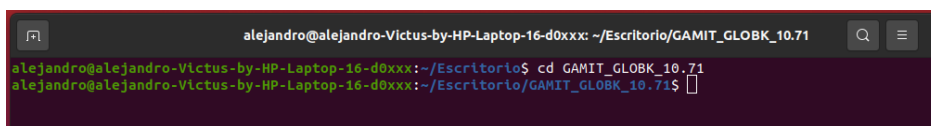
La ejecución de estos códigos en la terminal arrojará un resultado que refleja si los directorios están presentes o no. Si ambos directorios están presentes, se mostrará una lista de archivos y subdirectorios en cada uno de ellos. Esta indicación confirma que los componentes esenciales para la instalación y el funcionamiento de los programas se encuentran en su lugar.

Es importante mencionar que la presencia de estos directorios es crucial para la instalación exitosa y el funcionamiento de muchos programas y bibliotecas en el sistema operativo. Si alguno de los directorios está ausente, podría indicar un problema potencial que debe ser abordado antes de continuar con la instalación de GAMIT, GLOBK y TRACK. En tal caso, se pueden buscar soluciones en línea o consultar la documentación correspondiente para resolver cualquier problema de dependencia faltante.

Tras asegurarse de que los prerequisites del software estén descargados y listos para instalarlos, el siguiente paso es crear una carpeta específica en el directorio principal del sistema. Esta carpeta llevará el nombre de "GAMIT-GLOBK" y servirá como el directorio principal para organizar todos los archivos y componentes relacionados con los programas GAMIT y GLOBK.

4. Para llevar a cabo este proceso, se puede emplear el comando "mkdir", el cual es una abreviatura de "make directory", en la terminal. Este comando se utiliza para crear nuevos directorios en el sistema. Siguiendo la convención, el comando para crear la carpeta "GAMIT-GLOBK"
5. Una vez ejecutado el comando, la carpeta "GAMIT-GLOBK" se generará en el directorio principal del sistema. Para confirmar que la carpeta se ha creado correctamente y verificar su existencia, se puede usar el comando "ls", que muestra el contenido del directorio actual.

Ilustración 4. Terminal con configuración del software Gamit Globk

A screenshot of a terminal window with a dark background. The prompt shows the user is 'alejandro' on a machine named 'alejandro-Victus-by-HP-Laptop-16-d0xxx' in the directory '~/Escritorio/GAMIT_GLOBK_10.71'. The user enters the command 'cd GAMIT_GLOBK_10.71' and the terminal shows the directory has been changed to it.

```
alejandro@alejandro-Victus-by-HP-Laptop-16-d0xxx: ~/Escritorio/GAMIT_GLOBK_10.71
alejandro@alejandro-Victus-by-HP-Laptop-16-d0xxx:~/Escritorio$ cd GAMIT_GLOBK_10.71
alejandro@alejandro-Victus-by-HP-Laptop-16-d0xxx:~/Escritorio/GAMIT_GLOBK_10.71$
```

Fuente: elaboración propia, 2023

La terminal mostrará una lista de los archivos y carpetas presentes en el directorio actual, incluida la carpeta recién creada, "GAMIT-GLOBK". Esto asegura que la creación de la carpeta se ha realizado de manera exitosa.

La creación de esta carpeta específica es un paso organizativo esencial, ya que permitirá tener todos los archivos y componentes necesarios para la instalación y configuración de GAMIT y GLOBK en un lugar centralizado y fácil de acceder.

Además, proporciona una estructura ordenada para el proceso de instalación y configuración de los programas.

Luego de asegurarse de que los prerrequisitos estén en orden, el siguiente paso en el proceso de instalación implica la descarga del archivo comprimido ".rar" que contiene los programas GAMIT y GLOBK. Este archivo es proporcionado desde la fuente de datos oficial junto con la correspondiente licencia de uso. La licencia es esencial para garantizar el uso legal y adecuado de los programas.

Una vez descargado el archivo ".rar", se moverá a la carpeta, llamada "GAMIT-GLOBK". Esto se hace para mantener todos los archivos y componentes relacionados en un solo lugar, lo que facilita su organización y acceso durante el proceso de instalación.

6. Para llevar a cabo esta operación, primero se debe navegar al directorio donde se descargó el archivo ".rar". Esto se puede hacer utilizando la terminal y el comando "cd" (change directory). Después de ubicarse en el directorio correcto, el archivo ".rar" se puede mover a la carpeta "GAMIT-GLOBK" utilizando el comando "mv", generando un comando conjunto tipo `mv archivo.rar~/GAMIT-GLOBK`
7. Una vez que el archivo se ha movido exitosamente a la carpeta deseada, se procede a abrir una terminal en el lugar donde se descargó el archivo. Esto se logra utilizando el comando "cd" junto con el nombre de la carpeta generando un comando conjunto `cd GAMIT-GLOBK`
Este comando permite abrir la carpeta "GAMIT-GLOBK" en la terminal, lo que facilita el acceso a los archivos y directorios que contiene. A partir de este punto, el proceso de instalación y configuración de los programas GAMIT y GLOBK puede continuar dentro de esta carpeta.
8. Una vez que el archivo ".rar" que contiene los programas GAMIT y GLOBK ha sido movido con éxito a la carpeta "GAMIT-GLOBK", el siguiente paso es descomprimirlo para acceder a los archivos y componentes internos. Esto se logra utilizando el comando "unrar" en la terminal, seguido del nombre del archivo .rar que se desea descomprimir. En este caso, el comando será "unrar x GAMIT_GLOBK_10.71.rar".

Una vez completada la descompresión, se procede a abrir la carpeta "source", la cual contiene los archivos fuente y componentes necesarios para el proceso de instalación y configuración de los programas. Para acceder a esta carpeta, se deben seguir los siguientes pasos utilizando comandos en la terminal:

- a. `cd GAMIT_GLOBK_10.71`
- b. `cd updates`

c. `cd source`

Al ejecutar estos comandos, la terminal navegará a través de los directorios hasta llegar a la carpeta "source". Dentro de esta carpeta, se encontrarán varias subcarpetas, cada una de las cuales contiene archivos y componentes específicos relacionados con el software. Estas subcarpetas incluyen:

- `com.10.71.tar.gz`
- `gamit.10.71.tar.gz`
- `help.10.71.tar.gz`
- `kf.10.71.tar.gz`
- `libraries.10.71.tar.gz`
- `tables.10.71.tar.gz`
- `test_install.10.71.tar.gz`
- `incremental_updates.YYYYMMDD.tar.gz` (donde YYYYMMDD representa la fecha de la última actualización).

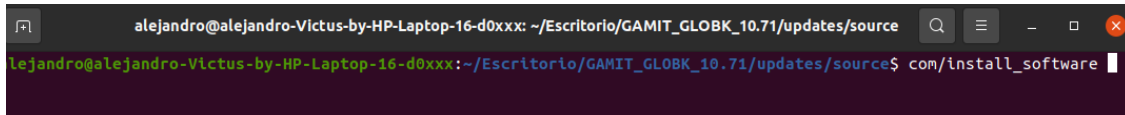
Cada una de estas subcarpetas contiene elementos esenciales para la instalación y funcionamiento adecuado de los programas GAMIT y GLOBK. Por ejemplo, las subcarpetas "gamit" y "kf" contienen los archivos fuente y componentes relacionados con GAMIT y GLOBK respectivamente.

9. Una vez que se ha accedido a la carpeta "source" y se encuentran disponibles los archivos comprimidos ".tar" necesarios para la instalación de los programas GAMIT y GLOBK, el siguiente paso implica descomprimir dichos archivos. Para lograrlo, se utiliza el comando "tar" seguido de opciones específicas. El código que se empleará para descomprimir los archivos en conjunto es `"tar xfv com.10.71.tar.gz com/install_software"`.

Este comando ejecutado en la terminal descomprimirá el archivo "com.10.71.tar.gz" y extraerá los contenidos dentro de la subcarpeta "install_software".

10. Posteriormente, es fundamental compilar el programa para prepararlo para su uso. Este proceso de compilación es esencial para transformar el código fuente en ejecutables que pueden ser utilizados por el sistema operativo. La compilación se lleva a cabo mediante el uso de comandos específicos en la terminal. Es importante realizar esta acción desde la carpeta "source" para asegurarse de que todos los componentes necesarios estén presentes y se configuren correctamente. Para compilar el programa, se ejecuta el comando `"com/install_software"`.

Ilustración 5. Terminal con comando de instalación del software Gamit Globk

A screenshot of a terminal window. The title bar at the top reads 'alejandro@alejandro-Victus-by-HP-Laptop-16-d0xxx: ~/Escritorio/GAMIT_GLOBK_10.71/updates/source'. The terminal content shows the prompt 'alejandro@alejandro-Victus-by-HP-Laptop-16-d0xxx:~/Escritorio/GAMIT_GLOBK_10.71/updates/source\$' followed by the command 'com/install_software' which has been entered and is followed by a cursor. The terminal background is dark purple.

Fuente: elaboración propia, 2023

Este comando instruye al sistema operativo para llevar a cabo el proceso de compilación y preparación del software GAMIT y GLOBK. La terminal mostrará información sobre el proceso de compilación, que puede tomar algún tiempo dependiendo del sistema y la velocidad de la computadora.

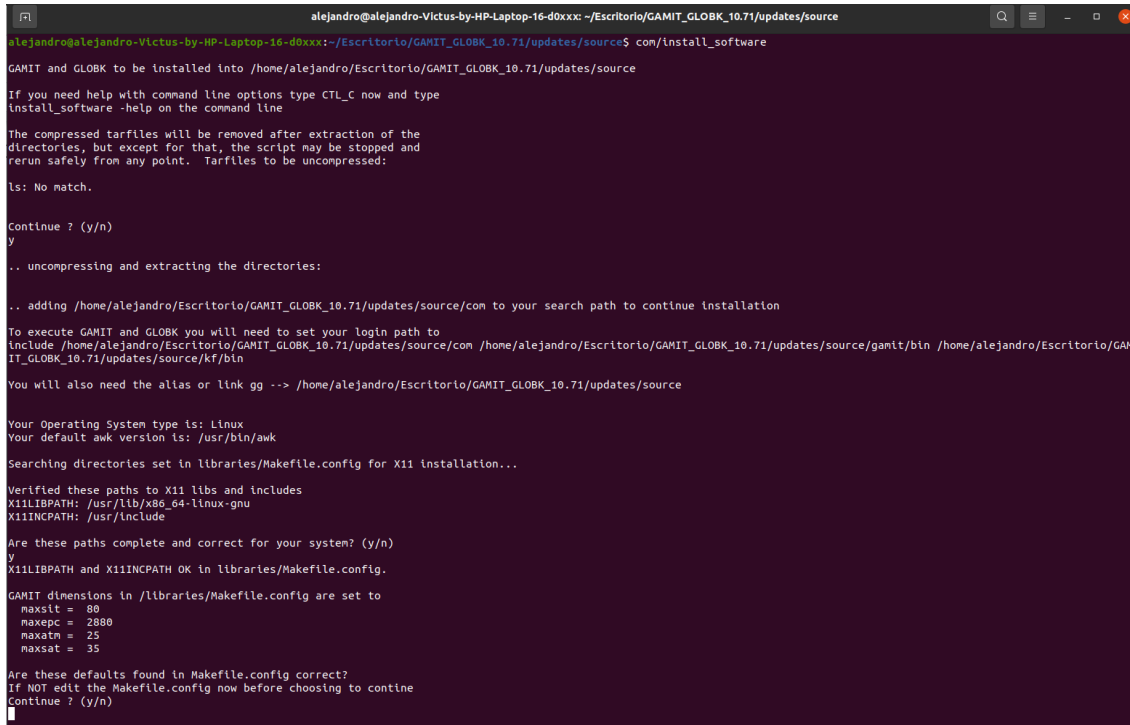
La compilación es un paso crítico, ya que asegura que el software esté listo para ser utilizado en el sistema operativo. Una vez completada la compilación, los ejecutables estarán disponibles para su uso en la carpeta "install_software".

Al ejecutar el comando "com/install_software", se desencadenará una serie de interacciones en la terminal que requerirán intervención por parte del usuario. Estas interacciones consisten en una serie de preguntas o mensajes que el usuario debe responder para avanzar en el proceso de instalación. En la mayoría de los casos, las respuestas requeridas son proporcionadas seleccionando la opción "Y" (de "Yes" en inglés) para confirmar que se desea realizar la acción.

Las líneas de diálogo que aparecerán en la terminal podrían incluir cuestionamientos como la confirmación para instalar componentes específicos, sobrescribir archivos existentes o aceptar términos y condiciones de uso. Algunos ejemplos de estas interacciones son:

- a) ¿Desea instalar los componentes necesarios? [Y/N]
- b) ¿Desea sobrescribir el archivo existente? [Y/N]
- c) Acepte los términos y condiciones de uso. ¿Está de acuerdo? [Y/N]

Ilustración 6. Terminal con términos y condiciones del software Gamit Globk



```
alejandro@alejandro-Victus-by-HP-Laptop-16-d0xxx: ~/Escritorio/GAMIT_GLOBK_10.71/updates/source
alejandro@alejandro-Victus-by-HP-Laptop-16-d0xxx:~/Escritorio/GAMIT_GLOBK_10.71/updates/source$ con/install_software
GAMIT and GLOBK to be installed into /home/alejandro/Escritorio/GAMIT_GLOBK_10.71/updates/source
If you need help with command line options type CTL_C now and type
install_software -help on the command line

The compressed tarfiles will be removed after extraction of the
directories, but except for that, the script may be stopped and
rerun safely from any point.  Tarfiles to be uncompressed:

ls: No match.

Continue ? (y/n)
y
.. uncompressing and extracting the directories:

.. adding /home/alejandro/Escritorio/GAMIT_GLOBK_10.71/updates/source/com to your search path to continue installation

To execute GAMIT and GLOBK you will need to set your login path to
include /home/alejandro/Escritorio/GAMIT_GLOBK_10.71/updates/source/com /home/alejandro/Escritorio/GAMIT_GLOBK_10.71/updates/source/gamit/bin /home/alejandro/Escritorio/GAMIT_GLOBK_10.71/updates/source/kf/bin
You will also need the alias or link gg --> /home/alejandro/Escritorio/GAMIT_GLOBK_10.71/updates/source

Your Operating System type is: Linux
Your default awk version is: /usr/bin/awk

Searching directories set in libraries/Makefile.config for X11 installation...
Verified these paths to X11 libs and includes
X11LIBPATH: /usr/lib/x86_64-linux-gnu
X11INCPATH: /usr/include

Are these paths complete and correct for your system? (y/n)
y
X11LIBPATH and X11INCPATH OK in libraries/Makefile.config.

GAMIT dimensions in /libraries/Makefile.config are set to
maxsit = 80
maxepc = 2880
maxath = 25
maxsat = 35

Are these defaults found in Makefile.config correct?
If NOT edit the Makefile.config now before choosing to continue
Continue ? (y/n)
y
```

Fuente: elaboración propia, 2023

En cada uno de estos casos, y en otros similares, el usuario debe responder ingresando la letra "Y" seguida de presionar la tecla "Enter" para confirmar su elección. Esto le indicará al sistema que desea proceder con la acción indicada.

Es importante leer cuidadosamente cada pregunta o mensaje para asegurarse de que la respuesta seleccionada sea la correcta. Si en algún momento no se está seguro de cómo responder, es recomendable consultar la documentación o guía de instalación proporcionada por el software para obtener instrucciones detalladas sobre cómo abordar estas interacciones.

Al concluir exitosamente la instalación de los programas GAMIT y GLOBK, se presentará un paso crucial en el proceso de configuración: la configuración de la partición. Para llevar a cabo esta configuración, se debe responder con la letra "Y" (de "Yes") para indicar que se desea realizar la configuración.

Una vez finalizada la instalación, se debe prestar atención a la ruta que se muestra al final del proceso. Esta ruta está relacionada con la ubicación de los archivos y componentes recién instalados. Para recordar estos datos y asegurarse de no perderlos, se recomienda copiar la línea que contiene la información:

11. PATH=; export PATH

Además, se debe copiar la línea que se relaciona con la ubicación del directorio de ayuda:

12. `HELP_DIR=; export HELP_DIR`

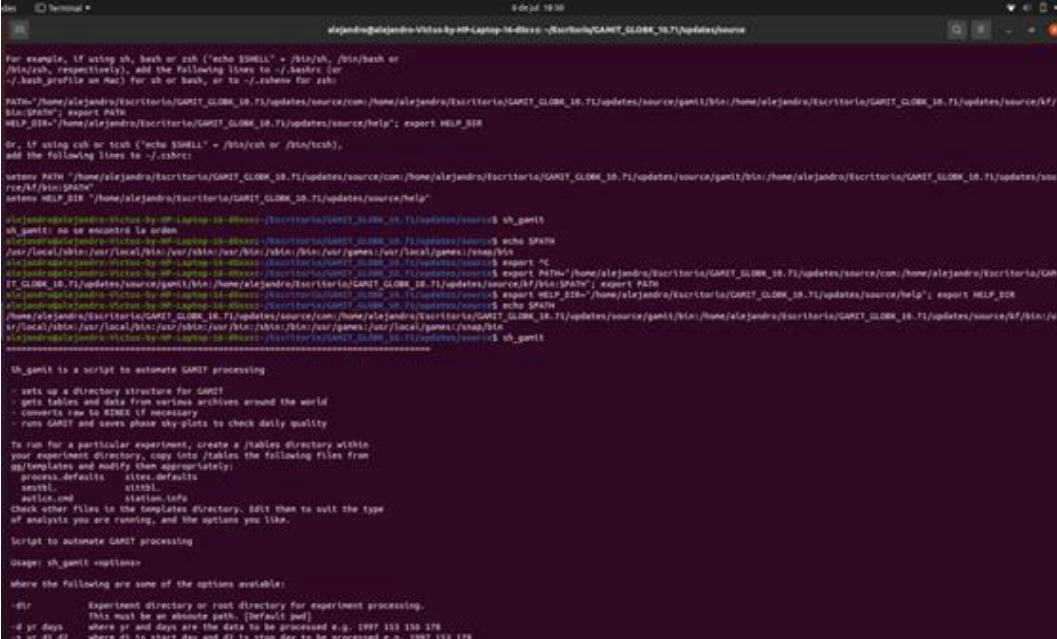
Estos datos se pueden guardar en un archivo de texto, como un bloc de notas, para tenerlos disponibles en futuros pasos del proceso.

13. La siguiente etapa implica la configuración del PATH, que es una variable de entorno que especifica las rutas en las que el sistema operativo debe buscar los ejecutables cuando se ingresan comandos en la terminal. Para realizar esta configuración, se utilizará el comando "echo \$PATH" en la terminal. Esto mostrará la ruta actual del PATH. A continuación, se debe ejecutar el comando "export" seguido de la ruta del PATH copiada previamente y también la ruta del directorio de ayuda. La estructura del comando sería similar a `export PATH= ...; export HELP_DIR= ...`

Una vez realizada esta configuración, se podrá acceder a los programas GAMIT y GLOBK desde cualquier ubicación en la terminal, ya que el sistema sabrá dónde encontrar los ejecutables.

Finalmente, para verificar que el software ha sido instalado correctamente y que las configuraciones se han realizado de manera adecuada, se ejecuta el comando "sh_gamit" en la terminal. Este comando verificará si los programas están funcionando correctamente y si todas las configuraciones han sido implementadas de manera exitosa.

Ilustración 7. Terminal con finalización de instalación del software Gamit Globk



```
alejandro@alejandro-VirtualBox: ~/alejandro/Escritorio/GAMIT_GLOBK_10.71/updates/source

For example, if using sh, bash or zsh ("echo $SHELL" = /bin/sh, /bin/bash or
/bin/zsh, respectively), add the following lines to ~/.bashrc (or
~/.bash_profile on Mac) for sh or bash, or to ~/.zshrc for zsh:

PATH="/home/alejandro/Escritorio/GAMIT_GLOBK_10.71/updates/source:/home/alejandro/Escritorio/GAMIT_GLOBK_10.71/updates/source/bin:/home/alejandro/Escritorio/GAMIT_GLOBK_10.71/updates/source/kf/
bin:$PATH": export PATH
HELP_DIR="/home/alejandro/Escritorio/GAMIT_GLOBK_10.71/updates/source/help": export HELP_DIR

or, if using csh or tcsh ("echo $SHELL" = /bin/csh or /bin/tcsh),
add the following lines to ~/.cshrc:

setenv PATH "/home/alejandro/Escritorio/GAMIT_GLOBK_10.71/updates/source:/home/alejandro/Escritorio/GAMIT_GLOBK_10.71/updates/source/bin:/home/alejandro/Escritorio/GAMIT_GLOBK_10.71/updates/sou
rc/kf/bin:$PATH"
setenv HELP_DIR "/home/alejandro/Escritorio/GAMIT_GLOBK_10.71/updates/source/help"

alejandro@alejandro-VirtualBox: ~/alejandro/Escritorio/GAMIT_GLOBK_10.71/updates/source$ sh_gamit
sh_gamit: no se encontró la orden
alejandro@alejandro-VirtualBox: ~/alejandro/Escritorio/GAMIT_GLOBK_10.71/updates/source$ echo $PATH
/home/alejandro/Escritorio/GAMIT_GLOBK_10.71/updates/source:/home/alejandro/Escritorio/GAMIT_GLOBK_10.71/updates/source/bin:/home/alejandro/Escritorio/GAMIT_GLOBK_10.71/updates/source/kf/bin:/home/alejandro/Escritorio/GAMIT_GLOBK_10.71/updates/source:/home/alejandro/Escritorio/GAMIT_GLOBK_10.71/updates/source/bin:/home/alejandro/Escritorio/GAMIT_GLOBK_10.71/updates/source/kf/bin
alejandro@alejandro-VirtualBox: ~/alejandro/Escritorio/GAMIT_GLOBK_10.71/updates/source$ export PATH="/home/alejandro/Escritorio/GAMIT_GLOBK_10.71/updates/source:/home/alejandro/Escritorio/GAMIT_GLOBK_10.71/updates/source/bin:/home/alejandro/Escritorio/GAMIT_GLOBK_10.71/updates/source/kf/bin:$PATH": export PATH
alejandro@alejandro-VirtualBox: ~/alejandro/Escritorio/GAMIT_GLOBK_10.71/updates/source$ export HELP_DIR="/home/alejandro/Escritorio/GAMIT_GLOBK_10.71/updates/source/help": export HELP_DIR
alejandro@alejandro-VirtualBox: ~/alejandro/Escritorio/GAMIT_GLOBK_10.71/updates/source$ echo $PATH
/home/alejandro/Escritorio/GAMIT_GLOBK_10.71/updates/source:/home/alejandro/Escritorio/GAMIT_GLOBK_10.71/updates/source/bin:/home/alejandro/Escritorio/GAMIT_GLOBK_10.71/updates/source/kf/bin:/home/alejandro/Escritorio/GAMIT_GLOBK_10.71/updates/source:/home/alejandro/Escritorio/GAMIT_GLOBK_10.71/updates/source/bin:/home/alejandro/Escritorio/GAMIT_GLOBK_10.71/updates/source/kf/bin
alejandro@alejandro-VirtualBox: ~/alejandro/Escritorio/GAMIT_GLOBK_10.71/updates/source$ sh_gamit

sh_gamit is a script to automate GAMIT processing
- sets up a directory structure for GAMIT
- gets tables and data from various archives around the world
- converts raw to RINEX if necessary
- runs GAMIT and saves phase sky-plots to check daily quality

To run for a particular experiment, create a /tables directory within
your experiment directory, copy into /tables the following files from
$GAMIT/templates and modify them appropriately:
  process.defaults  sites.defaults
  serial            station.info
Check other files in the templates directory, edit them to suit the type
of analysis you are running, and the options you like.

Script to automate GAMIT processing
Usage: sh_gamit <options>

where the following are some of the options available:
-dir          Experiment directory or root directory for experiment processing.
              [This must be an absolute path. (Default: pwd)]
-d pr days    where pr and days are the data to be processed e.g. 1997 115 110 170
-a pr d1 d2   where d1 is start day and d2 is stop day to be processed e.g. 1997 115 170
```

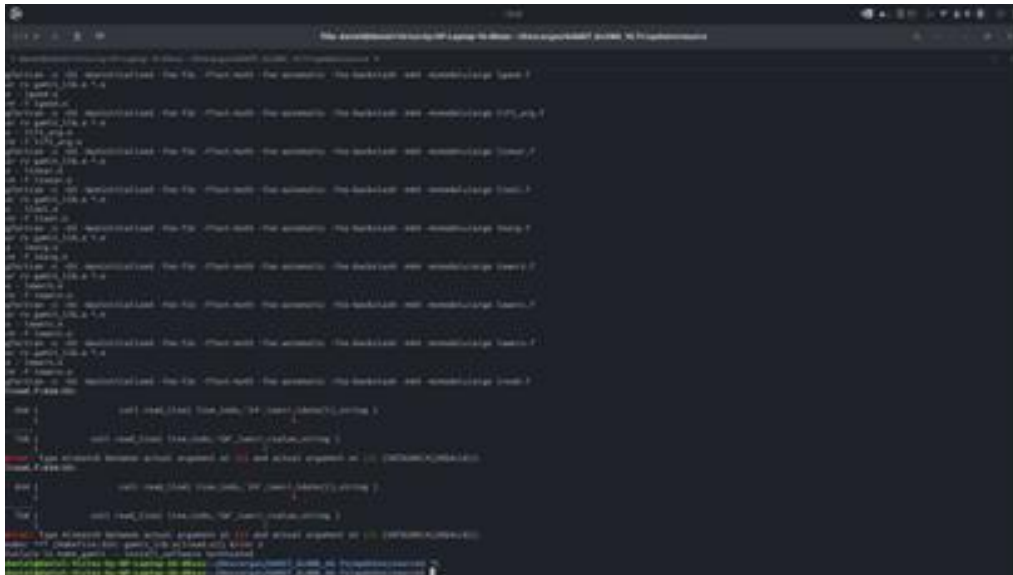
Fuente: elaboración propia, 2023

4.2. Errores

Durante el proceso de instalación del software GAMIT-GLOBK, es posible encontrarse con ciertos errores que pueden dificultar o impedir la continuación del proceso que hemos detallado hasta ahora. Estos errores pueden surgir debido a diversas razones, como incompatibilidades entre la versión del compilador de la distribución de LINUX y la versión de GAMIT, o conflictos con el sistema operativo en uso. A continuación, se describirán algunos errores comunes y las posibles soluciones para abordarlos.

Uno de los errores recurrentes es aquel que se presenta cuando el compilador de la distribución de LINUX no es compatible con la versión específica de GAMIT que se está intentando instalar. Ante esta situación, es importante considerar dos posibles soluciones. En primer lugar, se puede explorar la opción de buscar y utilizar un compilador compatible que funcione tanto con la distribución de LINUX como con la versión de GAMIT en cuestión. No obstante, esta solución no siempre garantiza la resolución del problema, ya que la compatibilidad puede ser compleja de lograr.

Ilustración 8. Terminal con errores del software Gamit Globk

A screenshot of a terminal window with a dark background. The terminal displays a series of error messages in a light-colored font. The errors appear to be related to the installation or execution of Gamit Globk, with messages indicating issues with file permissions, missing files, and failed operations. The text is somewhat small and dense, but the overall pattern suggests a sequence of failed attempts or warnings during a software process.

Fuente: elaboración propia, 2023

La segunda alternativa, que puede ser más efectiva, implica considerar la instalación de una distribución de LINUX que sea compatible con la versión de GAMIT y que haya sido recomendada para su uso. Optar por una distribución recomendada puede reducir la probabilidad de enfrentar incompatibilidades y errores durante la instalación y el uso del software. Esta solución puede requerir la evaluación de las versiones de LINUX que se han probado con éxito en relación con GAMIT y seleccionar una que se ajuste a esas recomendaciones.

Es esencial recordar que los errores pueden ser diversos y sus soluciones dependerán de la naturaleza y el contexto de cada problema específico. Ante cualquier error durante la instalación, es recomendable consultar la documentación oficial del software, foros de usuarios y otros recursos disponibles para obtener asistencia técnica y recomendaciones específicas para abordar los problemas.