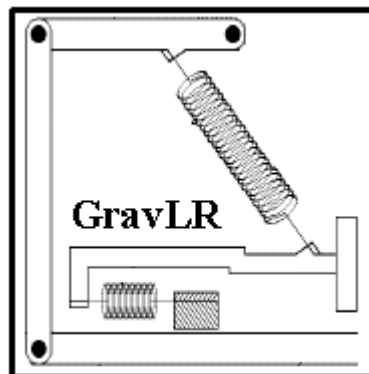


```
#####  
#          PROGRAMA DE PROCESADO DE DATOS GRAVIMÉTRICOS          #  
#                          GravLR v4.07                          #  
#                          Madrid 2004                           #  
#                                                                #  
#                                                                #  
#####
```



INDICE

1.	INTRODUCCIÓN	3
2.	DESCRIPCIÓN GENERAL DE GravLR	3
3.	PROCEDIMIENTO DE OBSERVACIÓN DE GRADIENTE VERTICAL DE GRAVEDAD	6
4.	ARCHIVOS PARA GravLR	7
5.	IMPORTAR FICHEROS DE UN OSCILOSCOPIO	8
6.	CÁLCULO DE GRADIENTE VERTICAL DE LA GRAVEDAD CON GravLR	12
7.	CÁLCULO DE LÍNEA DE GRAVEDAD CON GravLR	15
8.	RESULTADOS	15
9.	UTILIDADES	17
10.	BIBLIOGRAFÍA	19
	ANEXO I. CORRECCION POR MAREA TERRESTRE	20
	ANEXO II. Atajos de teclado	22
	ANEXO III. Rutina de Cálculo de Gradientes Verticales y Líneas de gravedad	23
	ANEXO IV. Tablas de calibración de los equipos	27
	ANEXO V. Diagrama general de flujo	28
	ANEXO VI. Notas de instalación y desarrollo	29
	DESARROLLO INFORMÁTICO	30
	Lista de procedimientos utilizados (Versión Administrador)...	31
	Código de la Aplicación General	45/001...018
	Código de Rutinas Generales	45/015...199
	Código de los procedimientos matemáticos	45/200...207

NOTAS DE INSTALACIÓN

En la versión instalable, el programa se instala lanzando la aplicación Setup.exe. De esta forma se introduce la contraseña de instalación y todos los archivos se graban en el ordenador correctamente.

Por defecto, el programa se distribuye ya instalado, sólo hay que copiar toda la carpeta GravLR en el disco duro.

La ubicación más adecuada para trabajar es que la aplicación GravLR esté bajo un directorio del mismo nombre que cuelgue directamente de C:\. Bajo el directorio de GravLR está la aplicación y dos subdirectorios, uno destinado para datos y otro destinado para ficheros temporales, extensiones del programa y ficheros de tablas de los gravímetros.

1. INTRODUCCIÓN

Este programa nace por la necesidad de automatizar cálculos que van asociados a la determinación del valor absoluto de la gravedad observado, tal y como la determinación de gradientes verticales de la gravedad y cálculo de líneas simples de diferencia de gravedad. Es un programa "basado en la experiencia" de trabajo con gravímetros relativos tipo Lacoste&Romberg.

El programa carga datos observados, genera o carga ficheros de correcciones de marea terrestre para el tiempo de observación y calcula el gradiente vertical y diferencias de gravedad corrigiendo de deriva estática, de deriva dinámica, de marea terrestre, de presión sobre un modelo nominal y por movimiento del polo.

Hay que tener en cuenta que el sistema de referencia utilizado es el GRS80 (Geodetic Reference System), que es en el que se basan las correcciones de Marea Terrestre y en el que el tiempo utilizado es UTC (Universal Time Coordinate).

2. DESCRIPCIÓN GENERAL DE GravLR

Programa diseñado para calcular Gradientes Verticales de la Gravedad utilizando los equipos relativos Lacoste&Romberg™ ModelG, para lo cual el programa necesita un fichero de observaciones y un fichero de corrección de Marea Terrestre.

El programa tiene una interfaz de usuario simple basada en la carga de ficheros de observación y ficheros de correcciones necesarias para el cálculo. El programa permite calcular Gradientes Verticales de Gravedad y Líneas o diferencias de gravedad entre dos o más puntos.

Descripción de las funciones básicas del programa:

Menús:

Archivo->

- [Nuevo]: genera un nuevo fichero de observaciones *.lrd, continua dando la opción de anotar-editar las observaciones.
- [Abrir]: abre un fichero de extensión *.lrd con observaciones.
- [Cerrar]: cierra un fichero *.lrd.
- [Guarda Como]: crea una copia de un fichero de datos abierto.
- [Guarda Resultados]: guarda resultados después de calcular, generando un fichero de resultados.
- [Importar...]: Importa ficheros de datos recogidos automáticamente del Feedback a través de Osciloscopios o multímetros para conversión AC/DC.
- [Editar ficheros de datos]: entra en pantalla de edición de datos de las observaciones.
- [Editar fichero de puntos]: editar para modificar o añadir a un fichero de puntos que se utiliza en diversas aplicaciones del programa (editor de observaciones, parámetros de marea, cálculo de marea, etc)
- [Proyecto]:
 - [[Abrir...]]: abre fichero de configuración de proyecto.
 - [[Guardar...]]: guarda configuración de proyecto a un fichero.
- [Salir]: elimina ficheros temporales y cierra el programa.

Marea Terrestre->

- [Abrir]: abre fichero con correcciones de marea terrestre.
- [Cerrar]: cierra fichero de marea terrestre.
- [Carga corrección...]:
 - carga corrección de marea terrestre con la configuración correspondiente que figura en el archivo /.../ETGTAB.INI, genera automáticamente un fichero con la fecha de los datos.

[Parámetros de entrada]:

accedemos al fichero ETGTAB.INI para configurar la corrección de marea terrestre y posteriormente cargarla en un fichero. Tenemos la posibilidad de generar solo una configuración del fichero ETGTAB.INI o de generar varias cargando un fichero de puntos y añadiendo puntos con la fecha de observación. Esto se utiliza principalmente para calcular diferencias de gravedad entre diferentes puntos observados en diferentes días.

Cálculo ->

[Directorio de Tablas]:

gestiona el directorio de ficheros necesarios para el funcionamiento del programa, como son las tablas de calibración de los gravímetros relativos o extensiones propias del programa.

[Directorio de Datos]:

gestiona el directorio donde almacenamos los ficheros de observaciones y de correcciones de marea terrestre. Es útil definirlo ya que así el programa siempre accederá por defecto a este directorio.

[Parámetros]: configuración de las diferentes constantes de cálculo y observación

[Configuración]: elegimos el modo de agrupar los datos para calcular, en modo Una de Cada (estación) o en modo Agrupadas (las medidas en cada estación se agrupan a un valor medio).

[Cálculo]: procedemos a calcular con los parámetros y la configuración seleccionada.

Utilidades->

[Transformar Coordenadas...]:

programa basado en la proyección UTM para transformar coordenadas UTM en geográficas y viceversa.

[Transferir a DATUM...]: ventana para transferir un valor de gravedad según un gradiente vertical o una línea de gravedad a otra posición o DATUM.

[Calcular Gravedad]:

programa que calcula valores singulares de gravedad utilizando la tabla de calibración definida previamente.

[Calcular Marea Terrestre]:

programa que busca valores de marea terrestre en un fichero de Marea, que ha de ser cargado previamente.

[Cálculos con g(h)]:

calcula reducción a datum para funciones de gradiente calculadas, lineales o parabólicas. Genera un gráfico con los valores de gravedad respecto de la altura de observación.

Ayuda->

[Manual de usuario]:

Manual resumido de este programa de cálculos de gravedad.

[Carga Prog Tcl]:

usuario avanzado que desee cargar una rutina Tcl.

[Muestra incidencias]:

usuario avanzado que desee controlar algunas incidencias ocurridas durante funcionamiento del programa o acceder a la consola intérprete Tcl.

Nota: con el botón derecho sobre la pantalla de texto aparece un menú flotante que nos permite borrar el texto de resultados impreso en pantalla.

UTILIDADES

El programa tiene varias utilidades que sirven para el resto de funciones:

- *Trasformar coordenadas*: ventana para pasar coordenadas UTM a Geográficas y viceversa. Podemos obtener también las coordenadas cartesianas a partir de las geográficas. Este programa cuenta con una ayuda resumida de sus funciones en el menú de Ayuda. (Este es un programa externo propio, por lo que el código no va incluido en este manual.)
- *Transferir a DATUM*: ventana de diálogo donde se puede calcular un valor de gravedad corregido por un gradiente vertical o una diferencia de gravedad a un datum determinado.
- *Edición del Fichero de Puntos*: generamos un archivo de texto nuevo (*.txt) y añadimos los datos correspondientes a una estación: nombre, código, coordenadas, altura ortométrica y elipsoidal y el sistema en el que están las coordenadas. El código es importante ya que es el que utilizamos posteriormente en otras aplicaciones de GravLR™ para definir unívocamente un punto.
- *Calcular gravedad*: podemos introducir las lecturas de Dial y además las lecturas del Feedback (directas del visor del gravímetro o leídas de un multímetro) y calcular la lectura corregida utilizando las tablas de calibración del equipo.
- *Calcular Marea Terrestre*: calcula la corrección de marea terrestre en un momento dado y en un punto, utilizando un fichero previamente cargado (ver ANEXO I).
- *Programas UEGN (solo en versión Administrador)*: serie de programas para transformar observaciones relativas en formato GRA (Programa REDGRA™, IGN) a formato UEGN para compensación de la Red Gravimétrica Europea.
- *Cálculos con $g(h)$* : ventana para calcular diferencias de gravedad y gradientes verticales a diferentes alturas a partir de una función previamente calculada (ver apartado 9).

3. PROCEDIMIENTO DE OBSERVACIÓN DE GRADIENTE VERTICAL DE GRAVEDAD

El gradiente vertical de la gravedad es la variación de la gravedad con respecto a una diferencia de altura. Para determinarlo se mide gravedad a varias alturas, y su diferencia dividida entre la diferencia de altura nos da el gradiente vertical (dg/dh) o variación de la gravedad con respecto a la variación en distancia a lo largo de la línea de la plomada.

Este programa calcula un gradiente medio de todos los tramos implicados en las observaciones. Por la experiencia, se conoce el carácter no lineal de esta función (dg/dh), por lo que cuando tenemos más de un tramo, o diferencia de alturas, podemos calcular una función parabólica que se ajusta más a la respuesta de esta variable física observada.

Procedimiento:

Establecer varias alturas equidistantes sobre la vertical de un punto, por ejemplo, altura estación, altura 30 cms, altura 60 cms, altura 90 cms y altura 120 cms.

Para esto hay que establecer un sistema de centrado forzoso para el equipo utilizado, definiendo el punto de estación y las diferentes alturas centradas en la vertical. Lo más adecuado es construir una torre de centrados forzados a diferentes alturas bien determinadas.

Colocar el gravímetro en la primera posición, desbloquear el sensor, anular la lectura Dial (ver manual del gravímetro) y tomar la lectura Dial (quedará fija en toda la medida), encender y conectar sistema Feedback, esperar 15 minutos (estabilización del sensor, <Gravimetry, Torge>), y tomar lectura del Feedback. Tomaremos de 10 a 20 lecturas separadas entre sí (p.e.: 30 seg, 1 minuto, etc...), o podemos recoger lecturas automáticamente utilizando un conversor analógico-digital y grabar los datos en un ordenador.

Al cambiar de altura desconectamos acción del Feedback, bloqueamos el sensor y estacionamos de nuevo siguiendo los mismo pasos. Y así sucesivamente para cada altura.

Es importante, que el tiempo de espera de estabilización del equipo, sea el mismo en cada estación, ya que de no ser así, aparecerá un offset en las diferencias de gravedad.

Se considera una serie de medida a dos grupos de lecturas en diferentes alturas o posiciones para obtener una diferencia de gravedad, esta serie puede estar compuesta a su vez por un lectura en cada posición o por varias. Si tenemos varias lecturas en una posición, éstas las podemos considerar independientes o podemos agruparlas en un único valor calculando su valor medio y desviación estándar.

Una medida completa terminará en el mismo punto en donde hemos comenzado, con el objetivo de determinar la deriva dinámica del equipo.

Por ejemplo, tenemos las medidas en un punto a tres alturas diferentes: hA, hB y hC. Un medida completa para el caso de gradiente será tomar lecturas en hA, en hB, en hC y en hA de nuevo.

Es recomendable, en función del trabajo a realizar, tener las alturas de estación próximas a puntos característicos como el DATUM donde reducimos nuestros valores de gravedad o los puntos nominales (alturas efectivas) en donde los gravímetros absolutos miden y necesitamos reducir el valor de gravedad a un Datum de referencia.

Por ejemplo, altura 0, para definir reducciones a DATUM, 0.90 m para la altura instrumental de un gravímetro absoluto tipo A10, ó 1.37, altura instrumental de medida de un gravímetro absoluto tipo FG5.

El valor de diferencia de gravedad se pretende obtener con una precisión mejor de 1 microGal. Las unidades del gradiente vertical (dg/dh) son microGal/metro, y la experiencia da una incertidumbre de 3 uGal/metro.

Para completar el procedimiento de observación, se recomienda anotar presión y si se puede también la temperatura. Para la corrección de presión es necesario conocer la altura ortométrica del lugar de observación, ya que corregimos variaciones de presión sobre un modelo de presión nominal basado en la altura de lugar.

Es necesario tener un sistema preciso de tiempo ya que la corrección por marea terrestre depende de él. Se trabaja en Tiempo Universal Coordinado (UTC) para el sistema de tiempo y en el sistema de referencia geodésico GRS80 para el sistema de coordenadas.

4. GENERAR ARCHIVOS PARA GravLR™

Utiliza dos tipos de archivos:

- *.lrd, para datos observados
- *.mtd, para correcciones de marea terrestre

El tipo de archivo de datos que utiliza es LRD (*.lrd); es un fichero ASCII por lo que puede ser leído fácilmente. La estructura del archivo es la siguiente:

CABECERA:

```
LRD4 dd mm aaaa L&R301 [lect_dial??] [temperatura_trabajo] [x_feedback] [x_feedb_ext]
[punto] [latitud] [longitud] [alt_otométrica]
[alt_elipsoidal] [sist_referencia] [anotaciones...]
[cabecera de datos...]
```

DATOS:

```
1ª      0
2ª 001 cod_p Latitud Longitud Hort(m) fecha hh mm ss h(mm) Ldial(LSD) Lfb(LSD) Losc(mV) T(°C) P(mBar) Hr(%)
3ª .....
4ª .....
Ejemplo:
```

```
LRD4 8 12 2002 L&R307 2.7 52.5 +1.1033 -0.1640
VALLE-A +40.6420 -4.1550 1200.000 1200.000 ETRS89
Gradiente en Valle
#cont cod_p Latitud Longitud Hort(m) fecha hh mm ss h(mm) Ldial(LSD) Lfb(LSD) Losc(mV) T(°C) P(mBar) Hr(%)
0
0001 VALLE-A +40.6420 -4.1550 1200.000 20021208 14 48 0 209.0 3535.618 +0.275 -1845.400 15.0 876.40 50.0
0002 VALLE-A +40.6420 -4.1550 1200.000 20021208 14 49 0 209.0 3535.618 +0.275 -1844.900 15.0 876.40 50.0
0003 VALLE-A +40.6420 -4.1550 1200.000 20021208 14 50 0 209.0 3535.618 +0.275 -1843.300 15.0 876.40 50.0
0004 VALLE-A +40.6420 -4.1550 1200.000 20021208 14 51 0 209.0 3535.618 +0.275 -1843.100 15.0 876.40 50.0
0005 VALLE-A +40.6420 -4.1550 1200.000 20021208 14 52 0 209.0 3535.618 +0.274 -1842.200 15.0 876.40 50.0
.....
```

Desde el programa en el Menú -Archivo-, tenemos la posibilidad de generar un archivo nuevo *.lrd, añadir datos, modificar un archivo existente o importar datos recogidos automáticamente de un osciloscopio o multímetro por la salida analógica del Feedback del gravímetro.

El segundo tipo de archivo que se utiliza es *.mtd, archivo ASCII donde se incluye la corrección de marea terrestre ya generada. Se recomienda el programa ETGTAB utilizando el modelo de Potencial de Tamura 87 y una serie de parámetros empíricos para la zona de trabajo.

El formato del archivo que genera GravLR es el siguiente:

```
[cod_p] [Fecha(aaaammdd)] [hora] [minuto] [segundo] [Corr_gravedad]
Ejemplo:
EDU-A 20020114 11 18 00 37.021
EDU-A 20020114 11 19 00 36.927
EDU-A 20020114 11 20 00 36.828
EDU-A 20020114 11 21 00 36.724
.....
```

Existe la posibilidad de Cargar automáticamente el fichero de marea desde el menú [Marea Terrestre], configurando antes los parámetros de entrada. Se utiliza el programa ETGTAB de H.G. Wenzel, 1993. Automáticamente se crea un archivo de marea que es cargado al programa GravLR (ver Anexo I).

5. IMPORTAR DATOS DE UN OSCILOSCOPIO

Herramienta del menú Archivo para importar lecturas de un gravímetro registradas a través de la salida del Feedback con un osciloscopio o un multímetro, que recoge lecturas de forma automática y con más precisión que la salida visual del Feedback del instrumento.

Los formatos que se pueden importar son dos: (ficheros en formato ASCII)

-Flk45, el formato es: <"hh:mm:ss" , #.#E-#> (hora , valor Vdc)

-Flk600, el formato es: <s,sE-# #,#E-#> (segundo en científico y valor Vdc)

(en el formato Flk 600, la fecha va anotada en la línea 4ª y la hora en la línea 5ª)

Estos dos formatos se corresponden con la salida que ofrecen los sistemas de registros de los equipos correspondientes de la marca comercial Fluke. Para considerar otros formatos de importación consultar al autor.

Al abrir esta herramienta nos aparece un cuadro de diálogo con una pantalla en blanco donde se visualizarán los ficheros cargados. Con las flechas de la parte superior derecha, podemos variar el orden en que han sido cargados los ficheros.

Los botones a la derecha de esta ventana, con los que podemos hacer operaciones (cargar fichero, quitar fichero, detectar errores, generar gráfico, remuestreo de datos y cargar a un fichero de datos LRD), selección de formato y en la parte inferior izquierda tenemos un conjunto de parámetros de configuración cuya función es la siguiente:

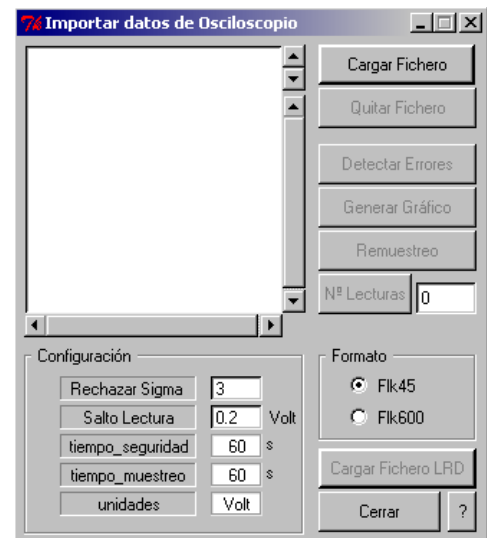
Rechazar Sigma: parámetro de rechazo de un test 3-sigma (valor 1, 2 ó 3).

Salto Lectura: umbral de lectura por el que se estima que hay un cambio de estación del gravímetro sin haber cortado el registro de lectura. (cuando bloqueamos un gravímetro para cambiar de estación, se registra un salto brusco de lecturas hasta que se estabilizan de nuevo). El valor de salto viene dado en Voltios.

Tiempo_seguridad: tiempo limite para procesos. Por ejemplo, si estamos leyendo archivos muy largos y la duración de la carga del fichero y la comprobación es superior a 60 segundos, se dará un aviso de que se ha superado el tiempo. Es posible desactivar este tiempo seleccionando la opción "no".

Tiempo_muestreo: tiempo para re-muestrear los datos importados. Por ejemplo, tenemos unos datos registrados cada segundo y queremos re-muestrearlos una vez importados cada minuto (60 seg).

Unidades: seleccionamos el tipo de unidades del fichero original a importar, Voltios o miliVoltios. Las unidades con las que trabaja GravLR internamente son miliVoltios.



Utilidades del cuadro de diálogo:

Seleccionar archivo de la lista: click botón izquierdo sobre el archivo de la lista. Hay posibilidad de seleccionar varios archivos con los modos tradicionales que ofrece el entorno Windows.

Limpiar selección: click botón central sobre cualquier archivo cargado. Doble click botón izquierdo sobre configuración Sigma o salto lectura.

Quitar archivo: doble click botón derecho sobre archivo seleccionado.

Seleccionar varios archivo de la lista: mantener pulsada tecla Ctrl. y seleccionar con botón izquierdo o arrastrar selección en pantalla.

Vista del archivo cargado: doble click botón izquierdo sobre archivo seleccionado.

Variar el orden de carga de ficheros: seleccionando un fichero y utilizando las flechas de la parte superior derecha de la ventana de lista de ficheros.

Elegir el tipo de formato para importar: selección de tipo Flk45 ó Flk600.

Las herramientas disponibles en este cuadro de diálogo son:

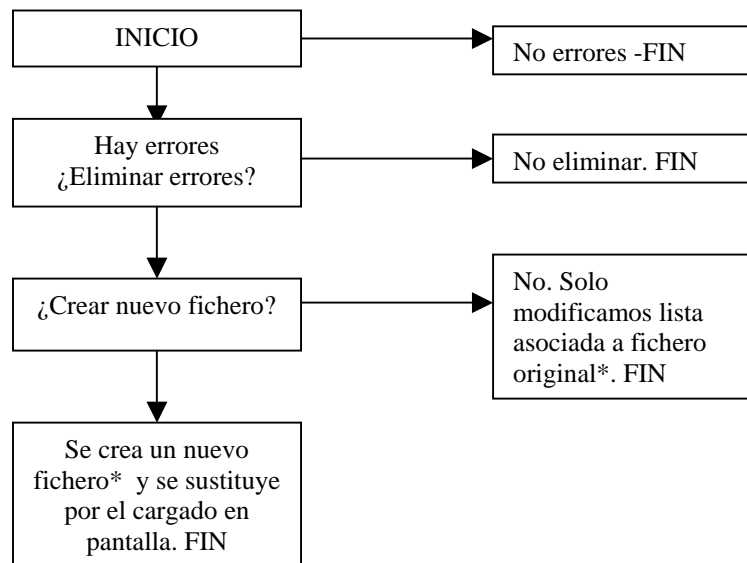
Cargar fichero: cargamos un fichero de osciloscopio o multímetro, lo cual implica una primera comprobación del estado del fichero (se comprueba si hay saltos de lectura). En el caso de tener un salto de lectura se da la opción de cortar el fichero hasta el salto leído con lo cual al fichero se asocian tan sólo los datos hasta este punto y además se da la opción de crear un nuevo fichero físico con los datos importados hasta el corte. También se comprueba el intervalo de muestreo de las lecturas, de forma que si dicho intervalo no corresponde con ninguno de los que incluye el programa (*tiempo_muestreo*), se avisa al usuario de que no se podrá remuestrear el fichero seleccionado.

Quitar fichero: quitamos fichero de la lista.

Detectar errores: herramienta para detectar errores groseros del fichero seleccionado, dando la opción de eliminar los errores. En este procedimiento se realizan dos comprobaciones: se realiza de nuevo una comprobación de salto de lecturas y una segunda comprobación de detección de errores groseros:

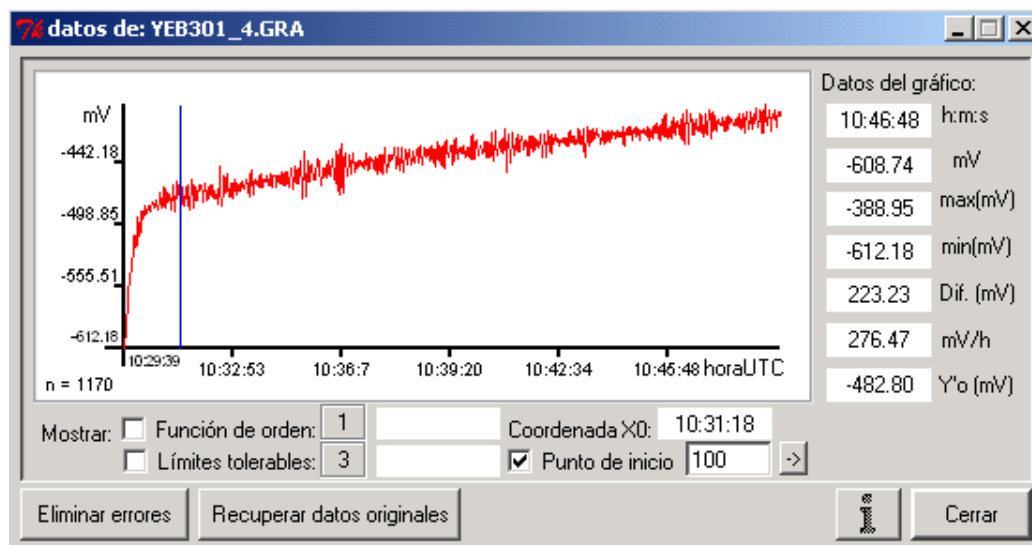
Se sabe que los datos registrados con un gravímetro en un tiempo considerable sin mover el equipo tienen una deriva en el tiempo. Esta deriva es lineal cuando el equipo está estabilizado (después de unos 15 minutos [Torge 1989]).

Detección de errores (ajuste mmcc a una recta y comprobación de que cada lectura no se separa de esta recta +- [Rechazar Sigma] veces la dispersión media de todas las lecturas)



* Al crear un nuevo fichero o modificar la lista asociada, el original no se modifica. Esta herramienta también se puede utilizar gráficamente, dando la opción de ajustar una ecuación polinómica de diferentes grados de aproximación.

Generar Gráfico: generamos gráfico con el fichero seleccionado de la lista. Se abre un cuadro de diálogo junto con la gráfica con información de los datos y podemos realizar el proceso de detección y eliminación de errores visualmente, de forma que aquí podemos elegir el orden del polinomio de ajuste y ver los límites tolerables de error para los distintos niveles de rechazar sigma.



En este gráfico, tenemos la hora y valor de Voltaje para cualquier dato (pasando con el ratón por encima), los valores máximos y mínimos, la diferencia entre ellos, la pendiente de la recta que mejor se adapta a los datos representados (mV/h) y el valor de Voltaje de corte con el momento inicial del fichero importado (Y'o). En esta pantalla podemos eliminar gráficamente los datos fuera de tolerancia: determinar el punto de inicio de datos y eliminar errores groseros detectados mediante un test basado en la desviación típica de los datos.

Remuestreo: opción para muestrear los datos de un fichero. Tenemos la opción de generar un nuevo fichero con uno de los dos formatos posibles. Las variables utilizadas en esta herramienta son el número de lecturas que queremos remuestrear (entre 1 y las que tenga el archivo seleccionado) y el tiempo de muestreo nuevo (*tiempo_muestreo*). Si no generamos un nuevo archivo, el nuevo muestreo efectuado en los datos permanece asociado al fichero correspondiente de la lista, durante la sesión activa de Importar.

Nº Lecturas: botón dual (Nº Lecturas / NºL. Estac) En modo Nº Lecturas, nos informa del número de lecturas que contiene el fichero seleccionado. En el mismo cuadro de inserción donde nos informa, podemos insertar el número de observaciones que posteriormente serán cargadas en un fichero de datos LR. En modo NºL. Estac el cuadro de inserción se desactiva porque ya no se utiliza el número insertado sino que cada fichero que cargemos o remuestremos pasa con todas sus observaciones.

Cargar Fichero LRD: cargar los datos de los archivos seleccionados a un fichero de datos LRD. Aquí debemos seleccionar todos los ficheros que deseamos incluir en el fichero de datos. Importante: el orden en pantalla es el orden de carga. El número de lecturas cargado de cada fichero puede ser el mismo para cada fichero cargado en la lista, para esto utilizamos la herramienta anterior de <Nº Lecturas>. Debemos adoptar como número de lecturas el menor de los ficheros cargados, así nos aseguramos que todas las estaciones contarán con el mismo número de lecturas (coherencia de datos para calcular). De otra manera, podemos utilizar <NºL Estac> y cada fichero pasará con todas sus lecturas.

Si no hay fichero cargado previamente se da la opción de crear uno nuevo o de abrir uno existente. Si ya tenemos un fichero abierto o abrimos uno y contienen datos, se da la opción de añadir lecturas o de sustituir las que existan. Cuidado al sustituir datos ya que se sustituyen por orden, es decir, si tenemos un fichero con 20 observaciones y vamos a sustituir por uno de 10, solo se sustituyen las 10 primeras observaciones, quedando las 10 restantes también en el fichero.

Al cargar el fichero de datos LR, antes de cada fichero se abre un cuadro de diálogo para que el usuario introduzca los *Datos de estación* correspondientes a cada fichero: código de punto, coordenadas GRS80, altura ortométrica, fecha de observación, altura de estación, lectura de dial, temperatura, presión (si no conocemos la presión del momento de observación podemos pulsar la flecha a la derecha de presión para obtener la presión nominal), y humedad relativa.

Datos de estación	
Fichero Estación	BENABA01.GRA
Código Punto	IGN-A
Latitud	42.445
Longitud	-3.71
Altura Ortométrica(m)	690.341
Fecha (aaaammdd)	20030101
Altura Est.(mm)	200.0
Lectura Dial	0.0
Temp. Obs.(°C)	20
Presión Obs.(mbar)	933.02
Humedad Obs.%	50

Para cada fichero importado, aparece esta ventana donde el usuario configura los parámetros de estación/posición correspondientes. (si no se conoce la presión observada, con la flecha situada a la derecha de Presión calculamos la nominal.)

6. CÁLCULO DE GRADIENTE VERTICAL DE LA GRAVEDAD CON GravLR

Para poder calcular gradientes verticales de la gravedad es necesario cargar dos archivos como ya se ha mencionado:

- datos observados del gravímetro para diferentes alturas
- corrección de marea terrestre para el tiempo y lugar de observación.

Los datos observados y las correcciones por marea terrestre se cargan con el formato ya descrito.

IMPORTANTE: El formato de los datos observados debe ser de la siguiente manera:

En función del tipo de cálculo empleado los datos deben cumplir unas reglas de coherencia. Por defecto, el programa utiliza el modo secuencial de cálculo y observaciones agrupadas, por lo que cada estación puede tener distinto número de observaciones.

En el caso de observaciones no agrupadas, cada estación debe tener el mismo número de lecturas, ya que la gravedad medida se calcula haciendo diferencias entre una lectura de cada estación con otra lectura de la estación siguiente.

Ejemplo: de tres observaciones para un único valor de gradiente, tenemos dos datos en cada estación (3 est):

```

0
001 EDU-A +40.6420 -4.1550 1200.000 20020114 11 18 00 0209.5 3497.811 +0.069 -0343.00 20.0 000.00 50.0
002 EDU-A +40.6420 -4.1550 1200.000 20020114 11 19 00 0209.5 3497.811 +0.068 -0342.00 20.0 000.00 50.0
003 EDU-A +40.6420 -4.1550 1200.000 20020114 12 00 00 1834.5 3497.811 -0.358 +1808.00 20.0 000.00 50.0
004 EDU-A +40.6420 -4.1550 1200.000 20020114 12 01 00 1834.5 3497.811 -0.357 +1806.00 20.0 000.00 50.0
005 EDU-A +40.6420 -4.1550 1200.000 20020114 12 17 00 0208.5 3497.811 +0.070 -0345.00 20.0 000.00 50.0
006 EDU-A +40.6420 -4.1550 1200.000 20020114 12 17 00 0208.5 3497.811 +0.071 -0346.47 20.0 000.00 50.0
    
```

Antes de proceder a calcular hay que asegurarse que los parámetros y la configuración del cálculo es correcta:

Parámetros de Configuración del cálculo

El programa, a través del cuadro de diálogo de configuración, en el menú Cálculo -> Parámetros, establece las correcciones a aplicar en cada cálculo y los factores internos de cálculo. De esta manera, tenemos posibilidad de aplicar o no las siguientes correcciones:

- por marea terrestre: utilizar modelo de potencial y factores empíricos para corrección por efecto de marea terrestre y por carga oceánica (ver ANEXO I. Corrección por Marea Terrestre)
- por variación de presión: Corrección de -0.3 mGal /mbar (valor que podemos modificar) para variaciones de presión sobre un modelo estándar en función de la altura del lugar.

$$dg_{ATM} = A * dp \quad [10^{-8} \text{ m s}^{-2}]$$

donde A , es el factor barométrico (toma valores entre 0.3 y 0.42),

$dp = (p_a - p_n)$ [Pa] (mBar); p_a presión del aire observada [Pa], p_n presión nominal.

$$p_n = 1.01325 * 10^5 * 1 - (0.0065 * H / 288.15)^{5.2559} \quad [\text{Pa}]$$

donde H ortométrica, es la altura del lugar.

- por movimiento del polo: $dg_{MP} = -1.164 * 10^8 * w^2 * a * 2 \sin j \cos j (x \cos l - y \sin l)$ $[10^{-8} \text{ ms}^{-2}]$
donde:

dg = corrección por movimiento polar (uGal).

w = velocidad angular de rotación de la Tierra (rad/s).

a = radio ecuatorial (semi-eje mayor) del elipsoide de referencia (m).

j = latitud geodésica de la estación de observación. (rad)

l = longitud geodésica de la estación de observación. (rad)

x, y = coordenadas del polo en el sistema IERS (rad). (valores que podemos introducir en la misma ventana de configuración)

- por deriva estática: deriva que sufre el gravímetro sin mover del lugar de observación.
- por deriva dinámica: deriva continua que sufre el gravímetro con el tiempo, observada al repetir observaciones en un mismo punto en instantes diferentes.
- deriva dinámica externa: no es una corrección sino que utilizamos esta opción cuando el punto de inicio y cierre son diferentes al punto donde se mide gravedad, por lo que solo es utilizado para deducir la corrección por Deriva estática en el resto de las observaciones.

Podemos elegir, para el caso de cálculo de gradiente vertical, entre una función de ajuste $g(h)$ de tipo lineal $\langle g(h)=a \cdot h+b \rangle$ o una función de tipo parabólica $\langle g(h)=a \cdot h^2+b \cdot h+c \rangle$ de segundo orden. Para esta segunda función necesitamos al menos tener lecturas en tres posiciones diferentes, es decir, tres medidas de gravedad a diferentes alturas más el cierre de deriva.

Como parámetros internos figuran el *factor de altura*; es la localización del sensor del equipo, medida desde la base superior hasta el lugar donde se estima se sitúa el sensor de medida, para determinar la altura efectiva del gravímetro.

La *tolerancia de altura* es aquella por la que determina GravLR™ que dos alturas son consideradas como iguales. En el cálculo de gradiente se buscan automáticamente las distintas estaciones en base a las diferentes alturas de estación. Si tenemos varias series de medidas con repeticiones de estaciones podemos tener diferentes medidas de alturas para una misma estación, este valor de tolerancia indica que dos alturas medidas con una diferencia menor a la tolerancia son consideradas como iguales.

Por último, en cuanto a las incertidumbres instrumentales, la principal es la del equipo ligada al tipo de medida que hacemos. En este caso, la incertidumbre para el gradiente vertical es de 3 uGal/metro, deducida de la experiencia.

Al entrar en incertidumbre, podemos modelar este valor modificando las diferentes componentes de error implicadas en el cálculo.

Configuración del Cálculo

```

*****
# Tipo de Cálculo: - Secuencial -> Uno de una posición con otro correlativo de otra posición      #
#                 - Combinación -> Uno de una posición contra todos los de otra posición         #
#                 #                                                                              #
# Tipo de Datos:   - sin Feedback                                                                #
#                 - lecturas directas del FeedBack L&R (Feedback L&R)                          #
#                 - lecturas externas del Feedback L&R (feedback OSC)                       #
#                 #                                                                              #
# Modo de Cálculo: - Una lectura de cada: utiliza las lecturas individuales                    #
#                 - Lecturas agrupadas: agrupar lecturas en un valor único, por estación      #
#                 #                                                                              #
*****
    
```

Tipo de Cálculo:

-Secuencial: indica que para calcular un valor de gradiente, tomamos lecturas secuenciales; uno de la altura 1, uno de la altura 2 y así sucesivamente para todos los datos observados en cada altura. Es necesario que el nº observaciones sea el mismo en cada altura.

-Combinación: indica que tomamos un dato de la altura 1 y calculamos gradiente contra todos los de la altura 2. Aquí no es necesario que el nº de observaciones sea igual.

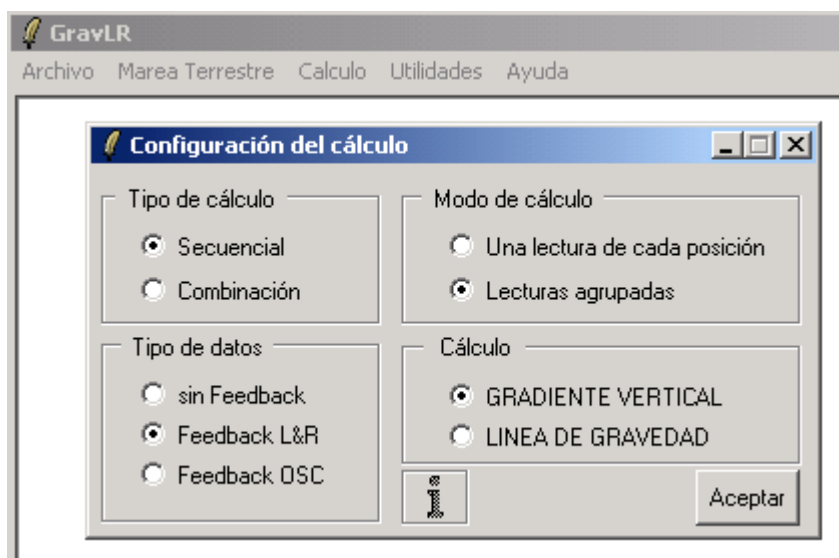
Tipo de Datos:

-sin Feedback: se utiliza sólo los datos de lectura del Dial.

-lecturas directas del Feedback: utiliza los datos anotados del visor del Feedback

-lecturas externas del Feedback: utiliza los datos anotados o grabados a través de multímetro conectado a salida Voltaje del Feedback.

A parte de estos tipos de datos y cálculos, el programa da la opción de calcular las medidas en cada altura UNA DE CADA, de forma que utiliza cada lectura independientemente o AGRUPADAS, de forma que si tenemos 20 medidas en una posición, estas son reducidas a una única medida con su respectiva precisión. Estas opciones las podemos modificar en el menú Cálculo -> Configuración.



7. CÁLCULO DE LÍNEA DE GRAVEDAD CON GravLR™

Se realiza el mismo procedimiento que para el gradiente pero en este caso el resultado no depende de la altura de observación.

Para este caso seleccionamos en el menú Cálculo -> Configuración la opción Línea de Gravedad. El fichero de datos utilizado es similar que para el gradiente vertical, la única diferencia está en que para este caso no se tiene en cuenta la altura de la estación para el cálculo, ya que únicamente lo deseado es la diferencia de gravedad entre dos puntos. Por ello, el datum de las medidas se considera como Datum del gravímetro a la altura efectiva de cada estación.

En cuanto a la configuración del cálculo, es igual que para el gradiente excepto que no se calcula ninguna función de ajuste y los parámetros internos no se tienen en cuenta, ya que en este caso las alturas no se utilizan en el cálculo.

A diferencia que en el gradiente, que las medidas se toman en un mismo punto o a lo sumo se utilizan puntos cercanos para cerrar la deriva, las líneas de gravedad se suelen calcular entre puntos lejanos con lo que en este apartado toma más sentido la corrección por variación de presión y la correcta definición de unos factores empíricos de corrección al modelo de potencial utilizado para la corrección por Marea Terrestre.

En cuanto a la incertidumbre instrumental, en este caso la estimada es de 5 uGal.

8. RESULTADOS

Conociendo ya los tipos de cálculo que se dan, los resultados de gradiente o línea de gravedad se dan como un valor medio (gradiente lineal en función de la variación de altura) de cada tramo calculado con su desviación típica correspondiente y el resultado final calculado, de la media ponderada de los valores por tramo, tomando de estos el valor correspondiente y el error, resultado de dividir la desviación típica entre el número de medidas implicadas en el resultado.

De esta manera, con medidas suficientes tendremos para el caso de gradiente:

```
Tramo <215 - 1800> = -285.100 microGal/metro
Desv.Tramo = +-0.500 microGal/metro
.....
Gradiente = -285.000 microGal/metro
Desv.     = +-0.600 microGal/metro
```

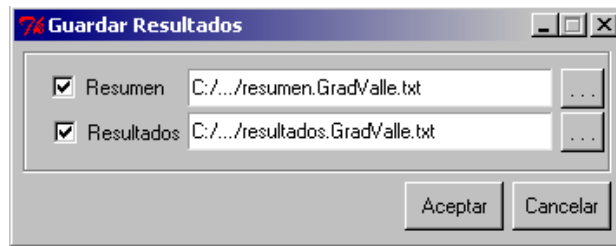
junto con la función g(h) calculada:

$$g(h) = -0.28511 h + 3811345.11 (+- 0.545 n=15)$$

y para el caso de línea de gravedad:

```
Línea <Punto_A - Punto_B> = 3550.020 microGal
Desv.Línea = 2.000 microGal
.....
Línea de gravedad = 3550.020 microGal
Desv.              = +-1.800 microGal
```

Esto es para el caso de la salida de resultados en pantalla. Existe la posibilidad de generar unos ficheros de resultados, uno de resultados y uno de resumen, eligiendo *Guardar resultados* del menú Archivo.



También, como opción, al tener los ficheros cargados y el tipo de cálculo configurado, podemos guardar esta configuración actual en un fichero de proyecto, de manera que al cargar este fichero podemos realizar el cálculo directamente. Esto lo hacemos en Proyecto, Guarda... del menú Archivo.

9. UTILIDADES

TRANSFORMAR COORDENADAS

Esta es una herramienta propia desarrollada con otro propósito del de este programa pero que he incluido pues a veces es útil tenerla a mano. Es una calculadora sencilla para el paso entre coordenadas UTM y Geográficas (éstas pueden estar en modo decimal o en modo g m s). También permite el cambio de Datum si está localizado en la carpeta \xgrad\ el fichero sped2et.gsb (fichero rejilla generado por el IGN-España para transformación entre Ed50 y ETRS89). Este fichero se puede descargar en http://www.cnig.es/descargas/HE/grid_file.zip.

TRANSFERIR GRAVEDAD A DATUM

Esta es una utilidad incluida para transferir la gravedad absoluta a un DATUM determinado en función del gradiente que se ha calculado con el programa o con uno que introducimos a mano. La primera opción de transferencia es la que aparece en pantalla, en donde se utiliza el gradiente medio obtenido de todos los tramos o el valor de la diferencia media obtenida de la línea observada (pantalla general del programa).

g observada =	979795570.4	microGal
altura obs =	1.37	m
dg/dh =	-309.783	microGal/m
DATUM =	0	m
g =	9797956133.40	microGal

Cálculo con gradiente vertical Transferir

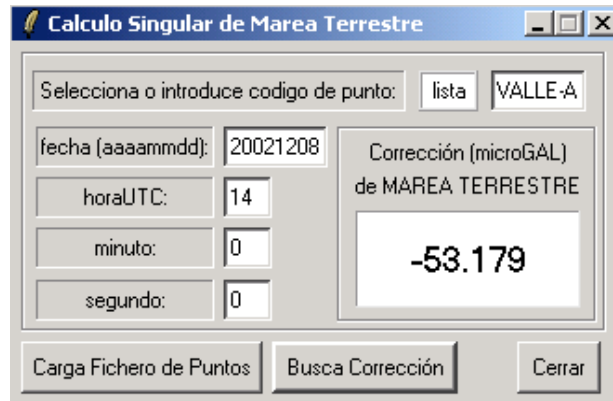
CALCULAR GRAVEDAD

Una utilidad que sirve para calcular (sin cargar ficheros), valores de gravedad a partir de la lectura de Dial de un gravímetro Lacoste&Romberg o la lectura de Dial más la lectura de feedback obtenida directamente del gravímetro o por la salida a un multímetro u osciloscopio. El resultado de gravedad calculado es en microGales. (Se necesita tener el fichero de calibración del gravímetro.)

Calculo de gravedad en microGales	
Número de Gravímetro:	301
Lectura de Dial:	3499.325
Lect_FB L&R:	0.256
Lect_FB OSC (mV):	0
CALCULAR	3709397.041

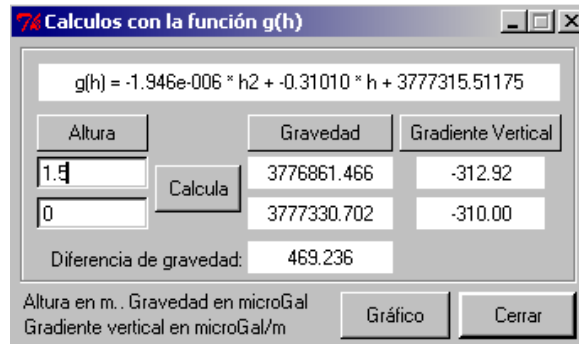
CALCULAR MAREA TERRESTRE

Otra utilidad del programa GravLR es buscar valores de la corrección de marea en un fichero previamente cargado.

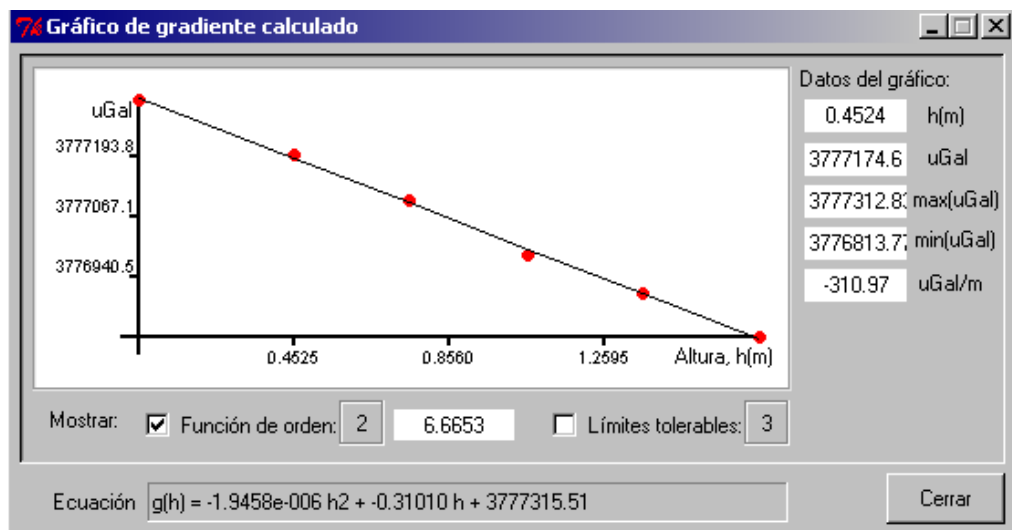


CALCULOS DE GRAVEDAD Y GRADIENTE CON LOS RESULTADOS DEL GRADIENTE

Para el caso del gradiente vertical calculado también existe una herramienta, en el menú utilidades, para utilizar la función $g(h)$ calculada. Con esta herramienta podemos calcular la diferencia de gravedad entre dos puntos a diferentes alturas y obtener el gradiente vertical de cada altura, que para el caso de una función lineal el gradiente será el mismo en cualquier punto e igual al gradiente medio calculado mostrado en la pantalla de texto y para la función de segundo orden, el gradiente variará en función de la altura.



En este cuadro de diálogo tenemos también la opción de ver los resultados gráficamente con la posibilidad de ver el ajuste a una recta o a una función de segundo orden.



10. BIBLIOGRAFÍA

- [1] **Boedecker G.** , "International Absolute Gravity Basestation Network (IAGBN)...", GEO E 465/01.
- [2] **Sevilla M.J.**, "Análisis de observaciones gravimétricas y cálculo de anomalías", Instituto de Astronomía y Geodesia (Centro mixto CSIC UCM) Madrid 1994.
- [3] **Torge W.**, Gravimetry. Walter de Gruyter. Berlin – New York, 1989.
- [4] **Vieira R. y González Camacho A.**: Corrección de las medidas gravimétricas, por el efecto de marea, obtenida a partir de las observaciones efectuadas en la red Ibérica de mareas gravimétricas. Rev. De Geofísica 44, 119-128, 1988.
- [5] **Welch B.B.**, Practical Programming in Tcl / tk. Second Edition. New Jersey, 1997.
- [6] **Wenzel H.G.**, Program ETGTAB v 3.0. Karlsruhe, Germany, 1993.

ANEXOS

ANEXO I. CORRECCIÓN POR MAREA TERRESTRE

Para el cálculo de valores de gravedad, es necesario corregir por el efecto de Marea Terrestre. Sin esta corrección podemos obtener diferencias de gravedad medidas en el mismo punto de hasta 250 microGales. La corrección por Marea Terrestre se basa en la influencia del Sol y la Luna principalmente, sobre un modelo de Tierra elástica que es deformada modificando su distribución de masa. También afecta, en menor medida, la carga por marea oceánica.

Esta corrección se basa en un modelo semiempírico: el modelo teórico aconsejado es el de Tamura87 y la parte empírica se basa en añadir correcciones a este modelo. Estas correcciones (Amplitudes y desfases de las diferentes ondas) se deducen de observaciones de gravedad continuas.

Para el caso de España, existen unos parámetros empíricos determinados por la Universidad Complutense (Vieira R., 1988).

Este programa utiliza una rutina desarrollada por Wenzell, el programa ETGTAB. Esta rutina utiliza, entre otros, el modelo de Tamura87 al que se le pueden añadir parámetros empíricos en el fichero de configuración ETGTAB.INP.

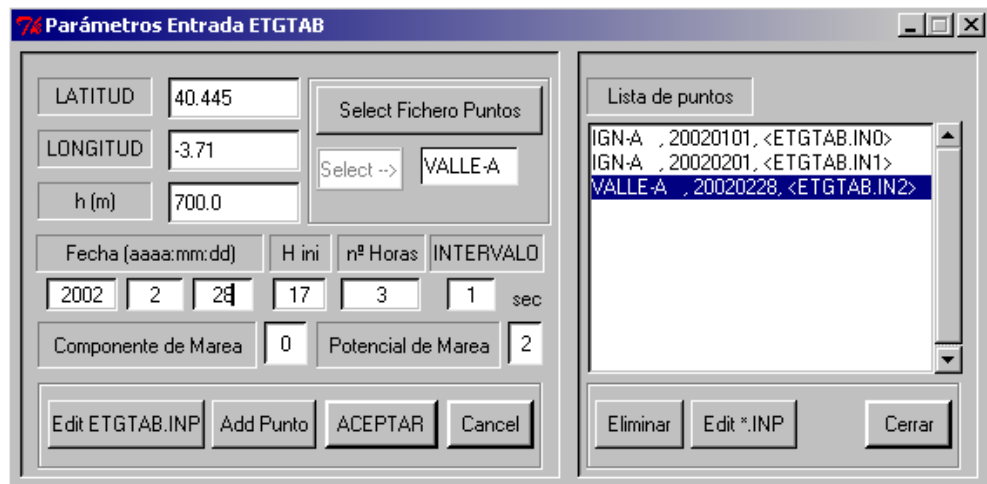
Para cargar la corrección de marea terrestre primero abrir la ventana de "Parámetros de entrada" (Menú Marea Terrestre) y configurar la posición del sitio, el código del punto, la fecha y hora de observación, el número de horas necesarias para corregir, el intervalo entre correcciones y por último, la Componente de Marea a calcular (por defecto la componente vertical) y el modelo a utilizar (por defecto el de Tamura87). En segundo lugar, una vez configurado los parámetros, elegimos del menú Marea Terrestre, Cargar corrección..., para cargar el fichero de corrección de Marea Terrestre.

Parámetros de entrada: en esta ventana debemos configurar el cálculo para la corrección de marea terrestre. En el cuadro de diálogo aparecen por defecto los datos que figuran en el fichero ETGTAB.INP, que serán los últimos editados. Podemos editar manualmente este fichero, de manera que podemos acceder a los parámetros empíricos utilizados para determinar la corrección.

Es útil tener un fichero de puntos y cargar y seleccionar el punto para así obtener las coordenadas (Sistema GRS80, ETRS89,...).

El fichero generado contiene correcciones para la *fecha y hora de inicio* (hora UTC) hasta la hora de inicio más el *número de horas*. El *intervalo* indica la frecuencia horaria de las correcciones calculadas.

Otra utilidad es poder añadir varios puntos al cálculo de la corrección. Con el botón [Add Punto] podemos generar una lista de estaciones con sus fechas correspondientes y así generar correcciones para todas las combinaciones necesarias en un solo fichero de marea terrestre. Al crear esta lista de estaciones-fechas se crearán unos ficheros temporales que después de calcular y cargar el fichero de corrección de marea terrestre desaparecerán. Una vez configurados los "Parámetros de entrada", Aceptamos y en el mismo menú utilizamos la opción "Cargar Marea Terrestre", de esta manera se carga un fichero de corrección de marea.



Al añadir el primer punto (Add Punto), se amplía la ventana de Parámetros Entrada ETGTAB para mostrar la lista de puntos donde queremos corrección de marea. En la lista de puntos editamos individualmente cada uno de los ficheros de parámetros, de manera que podemos introducir en cada caso unos factores empíricos (*Factor Delta* del modelo de Potencial de Marea).

Una vez configurados y cargados los puntos necesarios para la corrección de marea, aceptamos este cuadro de diálogo y vamos a Cargar corrección... del menú Marea Terrestre.

ANEXO II. ATAJOS DE TECLADO

Nuevo	-> Ctrl+N
Abrir	-> Ctrl+A
Guardar Como..	-> Ctrl+S
Guardar Resultados	-> Ctrl+G
Importar OSC	-> Ctrl+I
Editar Datos	-> Ctrl+E
Salir	-> Ctrl+Q

ANEXO III. Rutina de Cálculo de Gradientes Verticales y Líneas de Gravedad

Este apartado es la ampliación detallada del apartado 6 y 7.

La rutina <calculo {}> (ver Desarrollo Informático #025) es la utilizada para calcular Gradientes verticales de la gravedad y diferencias de gravedad entre estaciones.

El código de esta rutina lo podemos ver en el archivo <xgrad.tcx> en el localizador #025.

El proceso de la rutina es el siguiente:

#025, PROCESO SECUENCIAL	ERRORES CONOCIDOS
1 n= nº de observaciones del fichero (determinado por la matriz <datos>)	Si n=0 salimos, no hay datos. Si n>9999 salimos.
2 abrimos <datosLR> (ruta de fichero de datos)	Loc (-1) → error al abrir fich Loc (-2) → error formato fich
3 Paso de lecturas a valores de gravedad Utilizamos la rutina <busca_CR>, tabla calibración equipo. <u>Corr por var Presión. Corr por mov Polo.</u> * ___Generamos matriz <i>observ()</i> <i>*dg(pres)=0.3·10⁻¹⁰ dp [ms⁻²]; dp=(p_a-p_n) [Pa]</i> <i>dg(polo)=1.164·10⁸ w² a 2 sin cos (x cosλ- y sinλ)</i>	Loc (-3) → error formato dato Si error → stop Loc (-4) → error en cálculos
4 Corrección por Marea Terrestre Utilizamos la rutina <busca_MT1>: busca corrección en un fichero que hemos generado previamente. ___Generamos matriz <i>observTC()</i>	Si no encuentra corrección o la rutina genera error → stop
5 Si tenemos lecturas sin Feedback, tenemos sólo 2 lecturas por estación. Se realiza la media de éstas y se rescribe la matriz. ___Generamos matriz <i>observ1()</i>	

#025, PROCESO SECUENCIAL	ERRORES CONOCIDOS
<p>6 Generación de matriz de alturas. Cada elemento contará con las observaciones realizadas en una estación.</p> <p>Para distinguir entre alturas diferentes se establece una tolerancia (caso de gradiente); por debajo de ella se consideran alturas iguales. (En líneas de gravedad utiliza el código de estación).</p>	Loc (-5) → error
<p>___ Generamos matriz <i>altura()</i></p> <p>Coherencia de datos (<u>en secuencial no agrupadas</u>):</p> <p>-2 observaciones / estación (lecturas sin Feedback)</p> <p>-n° de observaciones / estación deben ser igual</p>	Se da opción de salir si existe incoherencia de datos.
<p>7 N° estaciones (cada punto-estación observado)</p> <p>N° de repeticiones de la misma posición o estación: cuando repetimos lecturas en la misma posición (para eliminar deriva dinámica). Aquí también aplicamos la tolerancia de alturas. (Ver configuración del menú Opciones)</p> <p>N° de alturas=n° de estaciones de diferente altura</p>	
<p>8 <u>Corrección de Deriva Estática</u>: deriva de las medidas repetidas consecutivas sin mover el gravímetro.</p> <p><i>n1, n2, n3,.. n_N números de las N estaciones</i></p> <p><i>l1, l2, l3,..l_N medidas efectuadas</i></p> <p><i>t1, t2, t3,..,t_N tiempos correspondientes de las medidas.</i></p> <p><i>(En cada estación, determinamos la recta de tendencia media para eliminar ruido en las medidas. Con lo cual las medidas utilizadas para corregir la deriva estática son estimaciones sobre la recta [$l' = at+b$].)</i></p> <p><i>Para cada n_i, calculamos la deriva estática $sE = l'_n - l'_1$ y el tiempo correspondiente $uE = t_n - t_1$ y corregimos las lecturas de la misma estación:</i></p> <p><i>$lce_i = l_i + (sE/uE) * (t_i - t_1)$</i>; función lineal del tiempo</p> <p>___ Generamos matriz <i>altura1()</i></p>	Loc (-6) → error al dividir por cero

#025, PROCESO SECUENCIAL

ERRORES CONOCIDOS

- 9 Corrección de Deriva Dinámica: deriva de las medidas repetidas no consecutivas.

Por cada repetición de estación se genera una ecuación de Deriva dinámica: cuando $n_j = n_i$:

$$sD_k = I_j - I_i; \quad uD_k = t_j - t_i, \text{ para } k \text{ repeticiones}$$

establecemos un modelo de ajuste lineal con la ec.:

$$uD_k D - sD_k = v_k \rightarrow \text{que de forma: } A D - d = v$$

resolvemos por mmcc [Sevilla, 1994], resultando:

$$D = [\text{Sum}(sD_k \ uD_k)] / [uD_k^2], \text{ luego:}$$

$$Icd_j = I_j + D * (t_j - t_i), \text{ para cada estación } j.$$

Las lecturas de cada estación tendrán una corrección cte.

___ Generamos matriz *altura2()*

[consultar Sevilla, 1994]

- 10 En caso de tener activada la Opción "Deriva Dinámica Externa", la matriz *altura2()* se redefine sin la primera y la última estación. Para que no implique estas estaciones en el cálculo de Gradiente o de Diferencia de gravedad.

En cualquier caso, al final de esta corrección, se redefine un nuevo array *altura3()*, para no modificar los datos corregidos o no de deriva dinámica.

- 11 Control del nº de observaciones / estación:

-si nº observ / estación > 1, calculamos.

-sino; cálculo directo sin desviaciones, errores en las series.

Revisamos coherencia de datos otra vez: mismo nº de observaciones / estación (en secuencial y datos no agrupados).

- 12 Para el caso:

Una de Cada: (*caso secuencial*)

($i \rightarrow$ observaciones, $j \rightarrow$ estaciones, $k \rightarrow$ series)

$$Grad_i = (Grav_{(j+1,i)} - Grav_{(j,i)}) / (alt_{(j+1,i)} - alt_{(j,i)})$$

$$Grad_k = \text{Sum}(Grad_i) / n$$

$$Var_k = \text{Sum}(Grad_j - Grad_k)^2 / (n-1)$$

Si el nº de repeticiones de estaciones es <1, entonces avisa de que la deriva no se puede corregir y da opción de salir del cálculo.

Puede ser que la deriva calculada sea 0. Esto solo se anota sin aviso a través de Muestra Incidencias del menú Ayuda.

Se da opción de salir si existe incoherencia de datos.

#025, PROCESO SECUENCIAL

12 Agrupadas: (caso secuencial)

$$Grav_j = \text{Sum}(Grav_i)/n; \text{ Hora}_j = \text{hora}_1$$

$$Var_j = \text{Sum}(Grav_i - Grav_j)^2 / (n-1)$$

$$Grad_i = (Grav_{(j+1)} - Grav_{(j)}) / (alt_{(j+1)} - alt_{(j)})$$

$$Grad_k = \text{Sum}(Grad_j)/n$$

$$Var_{j_k} = Var_{j+1}^2 + Var_j^2$$

Para ambos casos, se sigue con:

Cálculo resultados de series:

$$Desv_k = \text{sqrt}(Var_k); \text{ Error}_k = Desv_k / \text{sqrt}(n)$$

Cálculo resultados finales:

$$\text{Peso}_k = 1 / \text{Error}_k$$

$$\text{GradienteV} = \text{Sum}(Grad_k \cdot \text{Peso}_k) / \text{Sum}(\text{Peso}_k)$$

$$\text{Var} = \text{Sum}(Grad_k - \text{GradienteV})^2 / (n-1)$$

$$\text{Desv} = \text{sqrt}(\text{Var})$$

$$\text{Incertidumbre} = \text{sqrt}(\text{Sum}(Var_k) + \text{incertidumbre}_{CM}^2)$$

$$\text{incertidumbre}_{CM^*} =$$

$$\text{sqrt}(eMT^2 + eMe^2 + ePr^2 + eMP^2 + eRb^2 + eL\&R^2)$$

MT -> Marea Terrestre

Me -> Marea Empírica

Pr -> Presión atmosférica

MP -> Movimiento del polo

Rb -> Tiempo, reloj

L\&R -> equipo(en gradiente o diferencias)

**[CM] ->(cada medida de gravedad)*

Para el Caso Combinación de datos, los cálculos son iguales a excepción que para cada observación de una estación se calculan todos los gradientes con las observaciones de la estación siguiente, con lo cual el número de gradientes calculados es más numeroso.

El procedimiento de cálculo es similar para el caso de una línea de gravedad, únicamente, al calcular, no se divide entre la diferencia de alturas, de esta manera conseguimos únicamente diferencia de gravedad.

FINAL DE PROCESO DE CÁLCULO

ERRORES CONOCIDOS

Loc (-7) → error al dividir por cero en valores de gravedad.

Loc (-8) → error al dividir por cero en valores de hora.

Loc (-9-18) → error al dividir por cero al calcular gradiente por combinación a matriz *res()*.

Loc (-10) → error en cálculo gradiente por combinación.

Loc (-11-19) → error al dividir por cero al calcular gradiente secuencial a matriz *res()*.

Loc (-12) → error en cálculo gradiente secuencial.

Loc (-12.5-20) → error en cálculo gradiente de cada serie.

Loc (-13-21) → error en cálculo estadísticos de cada serie en medidas no agrupadas.

Loc (-14-22) → error en cálculo estadísticos de cada serie en medidas agrupadas.

Loc (-15-23) → error en cálculo peso de cada serie.

Loc (-16-24) → error en cálculo gradiente final.

Loc (-17-25) → error en cálculo estadístico final.

ANEXO IV. Tablas de calibración de los gravímetros

Para determinar el valor de gravedad observada con un gravímetro hace falta aplicar los factores de calibración correspondientes a cada equipo utilizado.

La versión 4.07 de GravLR™ está pensada inicialmente para trabajar con equipos Lacoste&Romberg™ por lo que en este caso se presentan las tablas generadas para estos equipos.

En los equipos L&R™ hay que distinguir entre los que tienen Feedback y los que no. Para los equipos que incorporan el sistema de realimentación electrónica para obtener una mayor precisión en las medidas hacen falta, además de los factores de calibración de las lecturas del Dial, unos factores de conversión de las salidas del display y de la salida a un convertor AC/DC.

Los ficheros correspondientes a las tablas de calibración, son ficheros ASCII en los cuales en cada fila se incluye el valor del Dial y su correspondiente corrección a aplicar al valor observado (consultar manual del gravímetro).

En los equipos con Feedback, la primera fila, indexada con el número 9900, incluye el valor de conversión de la lectura de Voltaje del display a valor de gravedad y el valor de conversión de la lectura de voltaje a valor de gravedad a través de la salida AC/DC.

Un ejemplo del fichero de calibración para el caso de un gravímetro L&R™ con feedback:

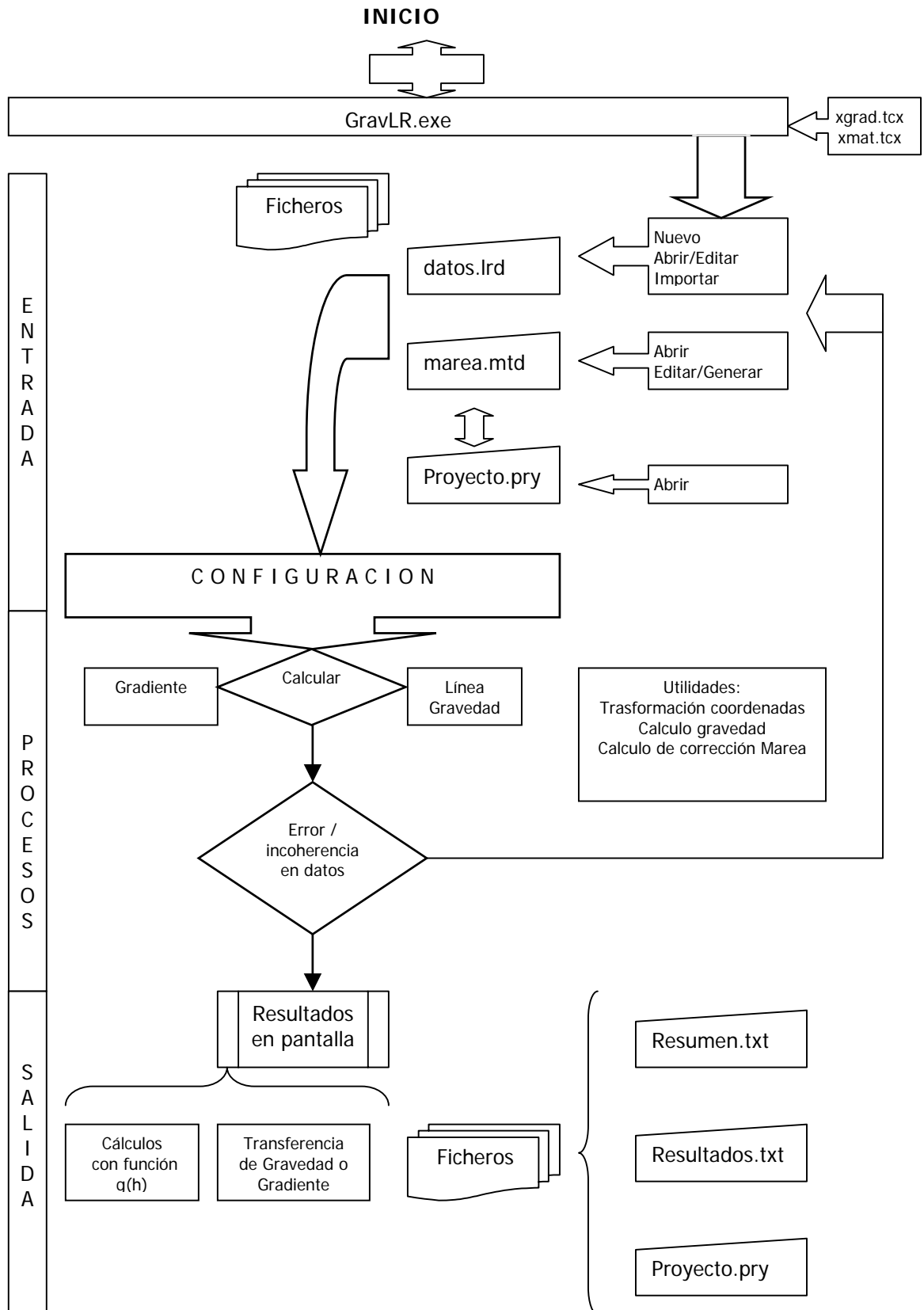
9900	1.0278	-0.2037
0000	000.00	1.06025
0100	106.03	1.06016
0200	212.04	1.06007
0300	318.05	1.05999
0400	424.05	1.05992
0500	530.04	1.05984
0600	636.02	1.05977
0700	742.00	1.05970
0800	847.97	1.05965
0900	953.94	1.05960
1000	1059.90	1.05956

.....

Para generar un nuevo fichero de calibración, abrimos un fichero de texto, escribimos todos los datos de la tabla de calibración organizados en tres columnas, como en el ejemplo, siendo la primera fila la 9900 con los factores del Feedback (si tiene). El fichero ha de estar en la carpeta /xgrad y debe nombrarse de la siguiente manera:

L&R<número de serie>.tbl
Ejemplos: L&R301.tbl ó L&R1100.tbl

ANEXO V. Diagrama general de flujo



ANEXO VI. Notas de instalación y desarrollo

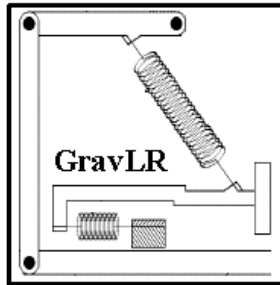
El desarrollo del programa ha sido bajo Tcl-tk™ v8.4 (J. Ousterhout), generando ficheros de texto con el código fuente compatibles con Mac, Pc y Unix que tengan instalados el intérprete Tcl/tk™.

La plataforma de desarrollo ha sido un Pc Pentium IV 1700Mhz con Windows 2000 Pro y 130 Mb RAM, y un portátil Toshiba AMD-k6 con 32 Mb RAM y Windows 98.

El ejecutable principal del programa ha sido compilado mediante la aplicación FreeWrap™ (D. LaBelle) consiguiendo una versión ejecutable GravLR.exe en cualquier Pc, con lo cual esta versión sólo funcionará en un Pc con Windows, para utilizar el programa en otra plataforma diferente ponerse en contacto con el autor.

Únicamente la aplicación principal está codificada, el resto de los procedimientos de cálculo se pueden ver abriendo (el código fuente) los archivos correspondientes en el carpeta /xgrad/ con el editor Block de notas (Notepad.exe). Si los ficheros no aparecen en esta ruta es que se han incluido en el fichero de compilación de forma que si se cambia la extensión del ejecutable a .zip y abrimos este fichero comprimido, encontraremos una serie de ficheros .txt que contienen los procedimientos utilizados. Una vez hecho esto, volveremos a cambiar la extensión .zip a .exe para seguir utilizando la aplicación.

El programa se distribuye de forma que no hay que instalarlo, sólo copiarlo en una ubicación física del ordenador, se recomienda bajo el C:\ de Windows.



```
#####  
#          PROGRAMA DE PROCESADO DE DATOS GRAVIMÉTRICOS          #  
#                                                                #  
#                          Madrid, Julio 2004                      #  
#          Eduardo Núñez Maderal, Ingeniero en Geodesia y Cartografía #  
#                                                                #  
#                          enmaderal@fomento.es                          #  
#                                                                #  
#####
```

*****DESARROLLO INFORMÁTICO*****

Lenguaje de programación: Tcl-tk v 8.4

Compilador a plataforma Windows: Freewrap 5.5

Plataforma de desarrollo: Windows2000 Pro

Madrid Julio de 2004. versión GravLR v.4.07

LISTA DE PROCEDIMIENTOS UTILIZADOS

#001

abrir {name mensaje types}
#*****PROC ABRIR ARCHIVO LRD
#utiliza >control(1open,2vacio), dir y ext< como global
#return1

#002

add_data {nombre id}
#*****PROC ABRIR ARCHIVO LRD para añadir datos
#utiliza >control(1open,2vacio)< como global
#return0(error) ó 1(correcto)

#003

addeq {vent_padre}
#*****PROC AÑADIR EQUIPO L&R
#globales: nuevoequipo, widget, ruta1, listaeq, crear_equipo, TP, FeOSC, RL,mLR,
menuEquipos
#return0(error), 1(correcto)

#004

elimieq {vent_padre}
#*****PROC ELIMINAR EQUIPO L&R
#globales: nuevoequipo, widget, ruta1, listaeq, mLR, menuEquipos
#return0(error), 1(correcto)

#005

eqxdefecto {vent_padre}
#*****PROC EQUIPO X DEFECTO L&R
#globales: widget, ruta1, listaeq, crear_equipo, TP, FeOSC, RL,menuEquipos
#return0(error), 1(correcto)

#006

busca_CR {LD mGal Fe vent_padre}
#*****PROC BUSCAR VALORES EN TABLA L&R
#globales: ruta1, tabla
#return0(error acceso tabla), -1 (error), 1 (correcto)

#007

busca_MT {cad_búsqueda pos_fichero mg}
#*****PROC BUSCAR VALORES DE MAREA TERRESTRE
#Tipo búsqueda secuencial
#global: datosMT
#return0 (sin resultado), -1(error), 1(con resultado)
#no se utiliza

#007-1

busca_MT1 {cad_búsqueda pos_fichero mg}
#*****PROC BUSCAR VALORES DE MAREA TERRESTRE
#búsqueda secuencial-rápida
#globales : datosMT
#return0 (sin resultado), -1,-2,-3(error), lista_res(con resultado grav y pos_bytes)

#008

CargarDatos {MatDatos mensaje}
#*****PROC CARGAR DATOS L&R
#globales: vdatosLR, ctr_datosMT, ctr_datosLR, datosLR, cabec(1,2,3), coments, vLRD
#return0(error),1 (correcto)

```

#009
AbrirMT {mensaje}
#*****PROC  Abrir DATOS MAREA TERRESTRE
#globales: vdatosMT, ctr_datosMT, ctr_datosLR, datosMT, listadatosMT, listacorrMT,controlMT
#return0(error),1 (correcto)

#010
CargarDatos_aut {filedata MatDatos}
#*****PROC  CARGAR DATOS AUTOMAT L&R
#globales: vdatosLR, ctr_datosMT, ctr_datosLR, datosLR, cabec(1,2,3), coments, vLRD
#return0(error),1 (correcto)

#011
AbrirMT_aut {fichero}
#*****PROC Abrir DATOS MAREA TERRESTRE AUTOM
#globales: vdatosMT, ctr_datosMT, ctr_datosLR, datosMT, listadatosMT, listacorrMT,controlMT
#return0(error),1 (correcto)

#012
proc procesMT1 {}
#*****PROC  VENTANA1 PROCESO DE MAREA
#ya no se utiliza, era para indicar proceso de carga

#013
proc nuevo_lrd {}
#*****PROC  CARGAR NUEVO FICHERO DE DATOS
#global; cmd, datosLR, vdatosLR, dir, filedata. nodato, unode, total, add_datos,
#vLRD, lat, long, Hort, helip, dd, mes, aa, FeFB, FeOSC, RL, fecha_obs, hh, mm,ss
#alt, LD, LFB, LOSC, T, Hr, Pr, pt, serf, coments, equipo,
#return0(error), 1 (correcto)

#014
proc param_etgtab {} {
#*****PROC  CARGAR PARAM ETGTAB
#VENTANA PARA INTRODUCIR PARÁMETROS A LA CORRECCIÓN DE MAREA
#Antes de comenzar rutina, se copian los archivos de ETGTAB
#en el directorio de la aplicación GravLR desde la carpeta /ETGTAB
#Globales: dir0;ruta1;lat_etgtab;lon_etgtab; h_etgtab; ano_etgtab;dia_etgtab;mes_etgtab;
# sec_etgtab;hora_ini;numhoras_etgtab;CM_etgtab;TP_etgtab; mPTMT; cod_p; add_punto;
#lista_puntos_etgtab;lista_check;fila13;fila14; fila15;
#return0(error), 1 (correcto)
#graba_etgtabINP {etgtabINP}; #suproc para grabar fichero INP

#015
single_calc {GRAVbase}
#*****PROC  CALCULAR SINGULARES DE GRAVEDAD
#procedimiento para calcular valores singulares de gravedad con L&R
#global tabla;lecturaDIAL; lecturaLR; lecturaOSC; numero_LR;
#return0(parada), -1(error), 1 (correcto)

#016
guardacomo {inputfile}
#*****PROC  GUARDAR COMO
#globales: dir, datosLR, vdatosLR
#return 0(error), 1 (correcto)

```



```
#017
cargapuntos {menu nombre punto lat long Hort helip sref}
#*****PROC CARGAR PUNTOS EST
#global dir;ruta1;pREGA;latp;lonp;Hp;hp;SRp;punto_REGA;cont_num_puntos;t_seguridad;
#lista_puntos
#return0(parada), -1,-2,-3(error), lista_puntos (correcto)

#018
editar puntos {}
#*****PROC EDITAR PUNTOS EST
#global mEST; ruta1; punto_REGA
#return0(error),1 (correcto)

#019
comprobar_fechas {}
#*****PROC COMPROBAR FECHAS DATOS MT
#global datosLR;datosMT; vdatosMT; ctr_datosLR; ctr_datosMT; listadatosMT;
#return0(error),1 (correcto)
#return0(parada), -1(error), 1(correcto)

#020
proc carga_MT_ETGTAB {}
#*****PROC CARGAR MAREA DE ETGTAB
#global ctr_datosLR;corta_ext; dir0; dir; datosLR; tiempo_carga;lista_puntos_etgtab;
#return0(parada), -1,...,-6 (error), 1 (correcto)

#021
lista_pt_CargaMT {}
#*****PROC LISTA DE PUNTOS PARA ETGTAB
#global texto
#return1(correcto)

#022
salir_gravLR {}
#*****PROC PARA SALIR DEL PROG GRAVLR
#global ruta1, dir0, lista_puntos_etgtab
#return1

#023
lee_etgtabINP {}
#*****PROC LEER FICHERO ETGTAB.INP
#global dir0 ruta1 lat_etgtab lon_etgtab h_etgtab CM_etgtab label_CM ano_etgtab
#mes_etgtab dia_etgtab hora_ini numhoras_etgtab sec_etgtab TP_etgtab label_TP
#fila13 fila14 fila15
#return -1(error), 1 (correcto)
```

#024

```
fich_resultados {file}
#*****PROC GRABAR FICHERO RESULTADOS
global dir; ruta1; vers;
#variables de fichero de datos
global datosLR; cabec1; cabec2; cabec3; datosMT; tabla;
#variables de configuración de marea
global label_TP label_CM fila13 fila14 fila15
#Variable de datos de entrada
global datos; #array de datos originales del fichero
#variables de cálculo
global calculo; #tipo secuencial o combinación
global usaFB; #tipo Feedback utilizado
global tipo_calculo; #gradiente o linea gravedad
global modo_calc; #etiqueta texto de elige_calc
global elige_calc; #medidas Una de Cada o agrupadas
#variables de configuración
global factorbarom; #factor de corrección a la presión observada
global alt_sensor; #para deducir altura efectiva del gravímetro
global polarx; #x del boletín IERS para corr Mov Polo
global polary; #y del boletín IERS para corr Mov Polo
global actDDin; #indica si tenemos deriva de puntos externos
global corr_MT; #si corregimos de MT
global corr_ATM; #si corregimos de ATM
global corr_MP; #si corregimos de MP
global corr_Dest; #si corregimos de Dest
global corr_Ddin; #si corregimos de Ddin
global grad_polin; #si calculamos función lineal o polinómica en gradiente
global tolerancia_alt; #tolerancia para dos alturas consideradas iguales
global incertid_grad; #incertidumbre instrumental para gradiente
global incertid_grav; #incertidumbre instrumental para valores de gravedad
#arrays internos de datos que se utilizan dentro
global observ; #array Observaciones calculadas y corregidas de ATM y MP
global observTC; #array Observaciones corregidas de MT, ATM y MP
global altura3; #array estaciones corregido de Dest y Ddin, agrupadas o no
global altura2; #array estaciones corregido de Dest y Ddin
global altura1; #array estaciones corregido de Dest
global altura; #array por estaciones corr de MT,ATM y MP
global res; #array de gradientes o lineas calculadas
global tramo; #array de tramos consecutivos
global gradiente; #array de resultados de gradiente/gravedad
global var_serie; #array de varianza de series
global errorG; #array con errores asociados a lecturas agrupadas
global err_combinado; #incertidumbre final de la medida
global linea; #
global n_series; #nº de series
global n_medidas; #nº de medidas de gradiente o linea realizadas
global n_tramos; #nº de tramos de diferencias
global grad; #resultado final en pantalla
global desv_final; #array desviación final del resultado
global listaFunc; #lista con valores de hora, altura y gravedad para g(h).
global coefFunc; #coeficientes de la función g(h)
global emcFunc; #emc del ajuste de regresión mmcc
global desvFunc; #desv tip. de la regresión mmcc
global incertidumbre; #incertidumbre instrumental a priori
#return0 (parada), 1 (correcto)
```

```

#024/1
fich_resumen {file}
#*****PROC GRABAR FICHERO RESULTADOS
#mismas var globales que en 024

#024/2
guarda_res {}
#*****PROC GUARDA RESULTADOS
#ABRIMOS CUADRO DE DIÁLOGO DE OPCIONES
global opc_resultado
global opc_resumen
global aceptar_opc
global file_proy;      #fichero de resumen resultados
global file_res;      #fichero completo de resultados

#025
calcula {}
#*****PROC DE CALCULO DE GRADIENTE Y LINEAS DE GRAVEDAD

#####
#      RUTINA DE CÁLCULO PARA GRADIENTE VERTICAL DE LA GRAVEDAD      #
#      Programada en Tcl v8.4                                          #
#      SERVICIO DE GRAVIMETRÍA DEL IGN, Madrid 2002                    #
#      Eduardo Núñez Maderal, Ingeniero en Geodesia y Cartografía      #
#      Cuerpo de Ing. T en Topografía                                  #
#      #                                                                 #
#####
#Vertical Gradient of Gravity#####
# Calculate Modes: - Secuencial -> One of a position with one of another position #
# - Combination -> One of a position against all of another position #
# #                                                                 #
# Data Types: - without Feedback #
# - direct readings from L&R FeedBack #
# - Oscilloscope readings from L&R Feedback #
# #                                                                 #
# #FB L&R, OSC o sin FB. en modo secuencial o combinación #
#####
#Gravity Line#####
# Calculate Modes: - Secuencial -> One of a position with one of another position #
# - Combination -> One of a position against all of another position #
# #                                                                 #
# Data Types: - without Feedback #
# - direct readings from L&R FeedBack #
# - Oscilloscope readings from L&R Feedback #
# #                                                                 #
# #FB L&R, OSC o sin FB. en modo secuencial o combinación #
#####
#variables globales del sistema
global a
global dir;      #directorio de datos
global tabla;    #nombre de la tabla del equipo utilizado
global datosLR;  #nombre del fichero de datos cargado

#variables de seguridad
global t_seguridad; #tiempo de seguridad en bucles de riesgo
global porc_parcial; #muestra porcentaje al usuario el estado de avance del cálculo

```

```
global porc_total;      #muestra porcentaje al usuario el estado de avance del cálculo

#variables para escribir en pantalla
global n_calc;          #nº de cálculo en pantalla
global nosumes;        #para no sumar nº de cálculo
global texto;          #escribir texto en pantalla GravLR

#variables de configuración
global factorbarom;    #factor de corrección a la presión observada
global alt_sensor;     #para deducir altura efectiva del gravímetro
global polarx;         #x del boletín IERS para corr Mov Polo
global polary;         #y del boletín IERS para corr Mov Polo
global actDDin;        #indica si tenemos deriva de puntos externos
global corr_MT;        #si corregimos de MT
global corr_ATM;       #si corregimos de ATM
global corr_MP;        #si corregimos de MP
global corr_Dest;      #si corregimos de Dest
global corr_Ddin;      #si corregimos de Ddin
global grad_polin;     #si calculamos función lineal o polinómica en gradiente
global tolerancia_alt; #tolerancia para dos alturas consideradas iguales
global incertid_grad;  #incertidumbre instrumental para gradiente
global incertid_grav;  #incertidumbre instrumental para valores de gravedad

#variables de cálculo
global calculo;        #tipo secuencial o combinación
global usaFB;          #tipo Feedback utilizado
global tipo_calculo;   #gradiente o linea gravedad
global modo_calc;      #etiqueta texto de elige_calc
global elige_calc;     #medidas Una de Cada o agrupadas

#variables de fichero, para salvar resultados
global cabec1
global cabec2
global cabec3

#Variable de datos de entrada
global datos;          #array de datos originales del fichero

#arrays internos de datos que se utilizan dentro
global observ;         #array Observaciones calculadas y corregidas de ATM y MP
global observTC;       #array Observaciones corregidas de MT, ATM y MP
global observ1;        #array para reducir obs sin Feedback, corregidas de MT ATM y MP
global altura3;        #array estaciones corregido de Dest y Ddin
global altura2;        #array estaciones corregido de Dest y Ddin
global altura1;        #array estaciones corregido de Dest
global altura;         #array por estaciones corr de MT,ATM y MP
global res;            #array de gradientes o lineas calculadas
global tramo;          #array de tramos consecutivos
global gradiente;      #array de resultados de gradiente/gravedad
global var_serie;      #array de varianza de series
global errorG;         #array con error en medidas agrupadas
global err_combinado;  #incertidumbre final de la medida
global linea;          #
global n_series;       #nº de series
global n_medidas;      #nº de medidas de gradiente o linea realizadas
global n_tramos;       #nº de tramos de diferencias
```

```

global grad;           #resultado final en pantalla
global desv_final;    #desviación final del resultado
global listaFunc;     #lista con valores hora, alt y gravedad para g(h)
global coefFunc;      #coeficientes de la función g(h)
global corrFunc;      #correlación(x,y) del ajuste de regresión mmcc
global desvFunc;      #desv tip. de la regresión mmcc

```

```

#Procedimiento organizado en 10 pasos
#return0(parada), -1,...,-25(errores, consul incidencias), return 1(correcto)

```

#026

```

cargapuntos_auto {inputfile menu nombre punto lat long Hort helip sref}
#*****PROC CARGAR PUNTOS EST
#global dir;ruta1;pREGA;latp; lonp; Hp; hp; SRp; punto_REGA; cont_num_puntos;lista_puntos
#return0(parada) -1,...,-4 (error), lista_puntos(correcto)

```

#027

```

configuracion {}
#*****PROC PARA CONFIGURAR GravLR
#cuadro de dialogo para configurar cálculos
#variables globales
#variables globales
global polarx;           global polarx1
global polary;           global polary1
global factorbarom;      global factorbarom1
global alt_sensor;       global alt_sensor1
global tolerancia_alt;   global tolerancia_alt1
global incertid_grav;     global incertid_grav1
global incertid_grad;     global incertid_grad1
global incertidumbre;
global actDDin;           global actDDin1
global corr_MT;
global corr_MP;
global corr_ATM;
global corr_Dest;
global corr_Ddin;
global datosLR;          #fichero de datos
global ctr_datosLR;      #control de fichero de datos
global ruta1
global dir
global nombre
global cod
global lat
global long
global Hort
global sref
global pres_nominal
global aplicar; set aplicar 0; #para saber si se ha usado el botón aplicar
#return0(parada), 1 (correcto)

```

#027/1

```

mod_xgrad {pos_id datonuevo}
#*****PROC MODIFICA PARÁMETROS CABECERA DE XGRAD.TCX
#global ruta1
#return -1(error), 1 (correcto)

```

#028

```
incertid {}
#*****PROC INCERTIDUMBRES
#cuadro de diálogo para introudir incertidumbres instrumentales
#global error_MT; error_DFF; error_BAR;error_POLO;error_RELOJ; error_LR;
#error_GRA;error_TS;error_NF;error_NM;incertid_grav;incertid_grad;
#return0 (parada), 1 (correcto)
```

#029

```
lee_proyecto {f_proyecto}
#*****PROC DE LECTURA DE PROYECTO
#global, datos, ctr_pry
#return0(parada), 1(correcto)
```

#030

```
single_MT {MTbase}
#*****PROC CALCULO SIMPLE DE CORR MAREA TERRESTRE
#cuadro diálogo para calcular gravedad
#globales;cod_p;fecha_MT;hh_MT; mm_MT;ss_MT;res_MT;datosMT;
#ctr_datosMT; m_MT;
#return0(parada), 1(correcto)
```

#031

```
guarda_proyecto {}
#*****PROC DE LECTURA DE PROYECTO
#recoger variables globales
global datosLR;#fichero de datos
global datosMT;#fichero de marea
global ctr_datosLR;#control datos abierto
global ctr_datosMT;#control marea abierto
global ctr_pry;#control proyecto abierto
global tipo_calculo;      #para gradiente o linea
global usaFB;             #tipo de feddback
global calculo;           #combinación o secuencial
global elige_calc;        #una de cada o agrupadas
global nombre;
global cod
global lat
global long
global Hort
#variables de configuración
global factorbarom;      #factor de corrección a la presión observada
global alt_sensor;      #para deducir altura efectiva del gravímetro
global polarx;          #x del boletín IERS para corr Mov Polo
global polary;          #y del boletín IERS para corr Mov Polo
global actDDin;         #indica si tenemos deriva de puntos externos
global corr_MT;         #si corregimos de MT
global corr_ATM;        #si corregimos de ATM
global corr_MP;         #si corregimos de MP
global corr_Dest;       #si corregimos de Dest
global corr_Ddin;       #si corregimos de Ddin
global grad_polin;      #si calculamos función lineal o polinómica en gradiente
global tolerancia_alt;  #tolernacia para dos alturas consideradas iguales
global incertid_grad;   #incertidumbre instrumental para gradiente
global incertid_grav;   #incertidumbre instrumental para valores de gravedad
```

```
#variables de directorios
global dir
global ruta1
global f_proyecto

#return0(parada por error), 1 (correcto)

#032
CortaProc {}
#***PROC PARA CORTAR PROCESO CALCULO
#no se utiliza

#033
focalizar_w {w_padre w_hijo}
#*****PROC FOCALIZAR VENTANAS
#no se utiliza

#034
edit_datos1 {}
#*****PROC PARA EDITAR CABECERA FICH DATOS
#VARIABLES GLOBALES
#global ruta1; dir; datosLR; equipo; mLR;mPT; menuEquipos;cabecera; listaeq;
#add_datos; vLRD; pt; lat; long; Hort; helip; dd; mes; aa; equipo; RL; TP;
#FeFB;FeOSC;sref; coments;
#return0(error, parada), 1 (correcto)

#035
edit_datos2 {}
#*****PROC EDITAR OBSERVACIONES (cuadro dialogo)
#Variables globales
global datosLR;
global cabecera;set cabecera 1
global nodato;set nodato 0
global unode;set unode 0
global total;set total 0
global add_datos;      #indica que añadimos datos desde esta rutina
                       #esta variable se inicia en rutinas externas para indicar
                       #si añadimos datos a un fichero vacío

global cont1;set cont1 0; #controla en qué dato estamos
global cont2;set cont2 0; #controla el último dato
global pos;      #posicion al editar datos
global mPT;     #menu con lista de puntos
global mADDSS;  #menu para incremento de segundos
global addss; set addss 30;
global act_add; set act_add normal
global act_adel;set act_adel normal
global act_atras;set act_atras disabled
global act_mod;set act_mod normal
global act_elim; set act_elim normal
global linea_datos;
global pt;set pt IGN-A
global cont;
global cod_p; set cod_p IGN-A
global fecha_obs; set fecha_obs 20020101
global ddd_obs;set ddd_obs 1
global mes_obs;set mes_obs 1
```

```
global ano_obs;set ano_obs 2002
global hh;set hh 0
global mm;set mm 0
global ss;set ss 0
global alt;set alt 0.0
global LD;set LD 0.0
global LFB;set LFB 0.0
global LOSC;set LOSC 0.0
global T;set T 20.0
global Pr;set Pr 933.0
global Hr;set Hr 50.0
```

```
#return0(parada, error), 1 (correcto)
```

```
#036
```

```
espera {title}
  #***PROC PROCESO EN MARCHA
```

```
#037
```

```
esperaCALCdouble {info}
  #*****PROC DE VISUALIZACIÓN DE PROCESO EN MARCHA (2 barras)
```

```
#038
```

```
esperaCALC {info}
  #*****PROC MUESTRA AVANCE PROCESO(1 barra estado)
```

```
#038/1
```

```
esperaCALC2 {cont_i n_parcial n_paso total_pasos}
  #****PROC VISUALIZA INCR PROCESO en esperaCALC
```

```
#039
```

```
opc_resultados {}
  #*****PROC VENT OPC RESULTADOS
  #global dir; datosLR; opc_resumen; opc_resultado; labelfile1 labelfile2 aceptar_opc
  #dirfich; file_res file_proy file_res0 file_proy0
```

```
#040
```

```
impOSC {}
  #cuadro de diálogo para importar ficheros a GravLR
  #global ctr_datosLR; corta_ext; dir0; dir; datosLR; tiempo_carga; lista_puntos_etgtab;
  #return0(parada), -1(error), 1(correcto)
```

```
#040/1
```

```
check_dato1 {lista_inicial pos_origen pos_elemento lista_nueva lista_errores}
```

```
#Entrada: lista de datos importados con posición del eleme origen.
#proc para comprobar que no existen errores groseros en los datos
#se basa en los datos agrupados entorno a una recta de regresión lineal
#calcula ecuación polinómica y desviación de los datos
  #(los datos gravimétricos en el tiempo sufren una deriva)
#si detecta errores, los elimina de la lista y añade a lista de errores
#mismo procedimiento que check_dato pero comprobando los datos a una recta
#de tendencia
```



```
#040/2
lee_OSCFlk45 {fichero_e fichero_s lista}
    #Lee fichero de OSCFlk45 y los datos los inserta en una lista
    #Si hay salto de lecturas da opción de cortar fichero y generar un nuevo archivo

#040/3
proc lee_OSCFlk600 {fichero_e fichero_s lista}
    #Lee fichero de OSC fLK600 y los datos los inserta en una lista
    #IMPORTANTE: LOS DATOS LEIDOS ESTÁN EN VOLTIOS, EL PROGRAMA UTILIZA mV.
    #Si hay salto de lecturas da opción de cortar fichero y generar un nuevo archivo

#040/in1
fich_fila {lista_datos}
    #proc interno, para utilizarlo:
    #1.- abrir consola-> "Muestra incidencias"
    #2.- importar un fichero
    #3.- utilizamos la consola para escribir a mano:
    #4.- set lista [lindex $metalista_datos 0]; fich_fila $lista
    #5.- la rutina da la opción de guardar el archivo en una ruta elegida

#040/4
help_impOSC {}
    #crea una ventana de ayuda, para informar al usuario

#040/5
intro_datos {fichero}
    #cuadro de diálogo para insertar datos al cargar a un fichero LRD

#040/6
guardaFlk45 {inputfile lista}
    #guarda una lista en formato Flk45

#040/7
guardaFlk600 {inputfile lista}
    #guarda una lista en formato Flk600

#040/8
ver_fich {lista_datos fichero}
    #visualiza el fichero importado en una ventana

#PROC DE DIBUJO DE GRAFICA DE DATOS IMPORTADOS
#040/9
graf_impOSC {}
    #cuadro de diálogo con ventana gráfica para representar datos importados

#040/10
proc crea_grafica {lista_e pos_x pos_y canvas x0 y0 xn yn rotX rotY} {
    #Entrada: lista original con posx posy, canvas de dibujo y rótulos x e y
    #Salida: dibuja gráfica entre x0y0,xnyn y rótulos
    #Devuelve valores de escX, escY, menorX, menorY

#040/11
trans_dibuja {lista_e pos_x pos_y x0 y0 xn yn} {
    #Entrada: lista con coordObj/Elemnt (h:m:s,hora,mV),... sin origen 0
    #Salida: lista coordObjt/elemnt de datos (x1,y1),...
    #factores de transformación Bidimensional a origen definido por
```

```
#el elemento pos_elemento, hace el origenX global
#crea bind a mov de ratón
#los valores de transformación están referidos al origen del elemento pos_origen
#de la lista de entrada
#devuelve variables globales: escX, escY, mayorX, menorX, mayorY, menorY
```

```
#040/11/1
```

```
maxmin {lista_e pos_x pos_y}
#devuelve en var globales, max y min de coordenadas x y de una lista
```

```
#040/12
```

```
dibuja {lista_e pos_x pos_y color ident tag} {
#Entrada: lista con coor.Obj/elemento (x1,y1),...
#Salida: dibujar elementos en la gráfica
#valor del origen(se suele utilizar el primer dato de la lista)
#parámetros de transformación entre objeto e imagen
#color de las líneas dibujadas
#canvas; ventana para dibujar
#identificadores; id de cada elemento dibujado
#tag; objetos del gráfico
```

```
#040/13
```

```
dib_limites {lista_e id_up id_down tag_up tag_dw} {
#Entrada: lista con coor.Obj/elemento= (xup,yup;xdw,ydw),...
#Salida: dibujo de limites, etiquetas con ids repectivos
```

```
#040/14
```

```
coor_func {lista_e pos_origen pos_x pos_y orden lista_coor desv}
#Entrada: lista original sin referir a origen: coorObj/elemento(h:m:s, hora, mV),...
#Salida: coordObj/elem (x1,y1),... referidas al origenX
#devuelve una lista con la función polinómica ajustada y la desviación
#Toma una lista inicial con la posición del origen y las pos de x e y
#utiliza un orden de ajuste de 1 a 10, definido en la GUI
```

```
#040/15
```

```
coor_limites {lista_e pos_origen pos_x pos_y orden lista_limit} {
#Entrada: lista original del fichero importado
#Salida: lista con punto que definen limites de tolerancia, coorObj/elem (xu,yu;xd,yd)
#Utiliza la rutina <coor_func> que devuelve una lista_func con las
#coor(obj. referidas a origen)
```

```
#040/15bis
```

```
proc dib_limitesX0 {coorX x0 y0 xn yn menorX menorY escX escY tag_limitX0} {
#Entrada: Coordenada X del elemento, para representar una recta con esta abcisa
#La coord X debe estar en formato decimal en coor originales
#Salida: dibujo de limites, etiquetas con ids repectivos
```

```
#040/16
```

```
elimina_error {lista_inicial pos_origen ind vent_padre}
#BUSCA Y ELIMINA ERRORES ENTORNO A UNA FUNCIÓN POLINÓMICA DE REGRESIÓN
#Y UNOS LÍMITES DEFINIDOS POR LA DESVIACIÓN DE LOS DATOS Y EL TEST 3SIGMA

#Utiliza la variable global orden_polin como orden del polinomio a utilizar
#listainicial: #lista de entrada de datos
#pos_origen #elemento de la lista tomado como origen
#ind #posición de la lista dentro de la metalista de datos
#vent_padre #ventana padre, para focalizar al salir
```

```

#040/17
remuestreo {ind vent_padre}
    #remuestrea un fichero importado siempre que los datos
    #tengan un incremento de tiempo similar
    #los valores de remuestreo son establecidos en la GUI
#041
ver_datos {fichero}
    #*****PROC PARA VER ARCHIVO EN PANTALLA

#042
calc_gh {}
    #*****PROC PARA CALCULOS CON FUNCIÓN G(H)
    #global listaFunc;      #lista con valores hora, alt y gravedad para g(h)
    global coefFunc;      #coeficientes de la función g(h)
    global emcFunc;      #emc del ajuste de regresión mmcc
    global desvFunc;      #desv tip. de la regresión mmcc
    global grad_polin;     #grados de polinomio de ajuste de gradiente
    global grav1;          set grav1 0
    global grav2;          set grav2 0
    global grad1;          set grad1 0
    global grad2;          set grad2 0
    global dif_grav;      set dif_grav 0
    global aFunc
    global bFunc
    global cFunc

#043
ctr_fecha {fecha}
    #*****Control de existencia De fecha*****

#044
graf_gradiente {}
    #****PROC CUADRO DIALOG GRAFICOS*****

#044/1
dib_gradiente {lista_e pos_x pos_y canvas $x0 $y0 $xn $yn rotX rotY}
    #***PROC DIBUJA GRAFICA gradiente*****

#045
proc transferirDATUM {}
    #***PROC PARA TRANSFERIR GRAVEDAD A DATUM*****

#046
proc config_calculo {} {
    #**PROC PARA CONFIGURAR EL CÁLCULO DE GRAVLR*****

#FIN DE PROCEDIMIENTOS GENERALES UTILIZADOS PARA GravLR

```

#BIBLIOTECA DE FUNCIONES MATEMÁTICAS

#Operaciones con matrices

#001

resta_mat {A B C f c}

#002

suma_mat {A B C f c}

#003

trasp_mat {A AT f c}

#004

mul_mat {A B C f1 c1 n2 c2}

#005

mat_inversa {M MI pa}

#*****fin operac con matrices

#006

grad-dec {grad0 min seg}

#007

dec-grad {dec grad0 min seg}

#008

media {lista_datos pos_elemento}

#009

varianza {lista_datos pos_elemento}

#010 (return0 (parada) 1 (correcto)

regresion {lista_datos pos_origen grado pos_x pos_y coefic corr_ajuste desv_datos}

#REGRESIÓN	#función de grado n polinómica de ajuste a una lista de datos
#lista_datos:	#lista de datos de entrada
#pos_origen:	#definición origen: define elemento origen en lista de datos
#grado	#grado del polinomio de ajuste
#pos_x	#posición del elemento de abcisas
#pos_y	#posición del elemento de ordenadas
#coefic	#lista de resultados: parámetros del polinomio calculados
#correl	#grado de correlación entre las variables
#desv_datos	#desviación estadística de los datos representados por la función

#si en la sesión activa abrimos la consola (Muestra incidencias) y cambiamos la variable ver_regr a 1 (1.-> Escribe: set ver_regr 1, 2.- Acepta con Intro) puedes utilizar esta herramienta en la consola, de manera que teniendo una lista de datos organizados (set lista_ejm "{x1 y1} {x2 y2} {x3 y3}") puedes calcular los parámetros de una recta de regresión: Consola%: regresión \$lista_ejm 0 1 0 1 coef_ab corr_ajuste desv_datos (el grado indica el orden del polinomio de ajuste, 1 para recta).

#011

date-JD {fecha_obs HR min}

#012

JD-date {JD}

#013

mmcc {A t x Q v filas colum}

#CALCULO POR MINIMOS CUADRADOS $X=(At*A)^{-1} *At*t$