

```
#####  
#          CALCULADORA GEODÉSICA DE TRANSFORMACIÓN ENTRE COORDENADAS          #  
#                    UTM Y GEOGRÁFICAS                    #  
#                    v9.201203                    #  
#                    #                    #  
#                    #                    #  
#                    #                    #  
#####
```

UTM->GEO | GEO->UTM

INDICE

1.	INTRODUCCIÓN	3
2.	DESCRIPCIÓN Y FUNCIONAMIENTO DEL PROGRAMA	3
a.	Herramienta básica UTM<>GEO	4
b.	Utilidades	4
i.	Geográficas<>Cartesianas	4
ii.	Cambio de Datum	5
c.	Descripción de los menús	6
3.	EJEMPLO DE CÁLCULO	8
	ANEXO I. Proyección Universal Transversa de Mercator	10
	ANEXO II. Paso entre Geográficas y Cartesianas	10

NOTAS DE INSTALACIÓN

El programa funciona bajo Windows. El ejecutable Utm.exe podemos copiarlo en cualquier ubicación física del ordenador.

1. INTRODUCCIÓN

Se trata de un sencillo programa para transformar coordenadas Geográficas a la proyección Universal Transversa de Mercator (en adelante UTM) y viceversa. Esta proyección es una de las más utilizadas actualmente para la representación cartográfica de escalas mayores de 1:500.000.

Este trabajo surgió inicialmente de una práctica realizada durante la Carrera de Ingeniería en Geodesia y Cartografía (año 2000) en donde había que implementar las ecuaciones de esta proyección cartográfica para realizar ejercicios prácticos. El lenguaje utilizado para ello es Tcl/tk, ya que es el que por aquel entonces aprendimos en la asignatura de Informática y a partir de ese momento es el que he utilizado. Es un lenguaje interpretado que se sitúa en un nivel superior a C. El código del programa se escribe en ficheros de texto que con la extensión .tcl serán interpretados y ejecutados por el intérprete Tcl (previamente instalado en la plataforma: Windows, Unix, Macintosh).

Este programa de transformación entre UTM y Geográficas, está preparado para trabajar con coordenadas de todo el globo terrestre, hasta los límites que marca la proyección en Latitud: 84.5° Norte y 80.5° Sur.

La transformación utiliza un sistema de referencia geodésico para el cálculo, dicho sistema puede variar según el país. Por defecto, el programa carga el sistema ED50 o Internacional de Hayford 1924 (Datum Europeo), pero se pueden seleccionar otros diferentes ya cargados o añadir sistemas de referencia propios.

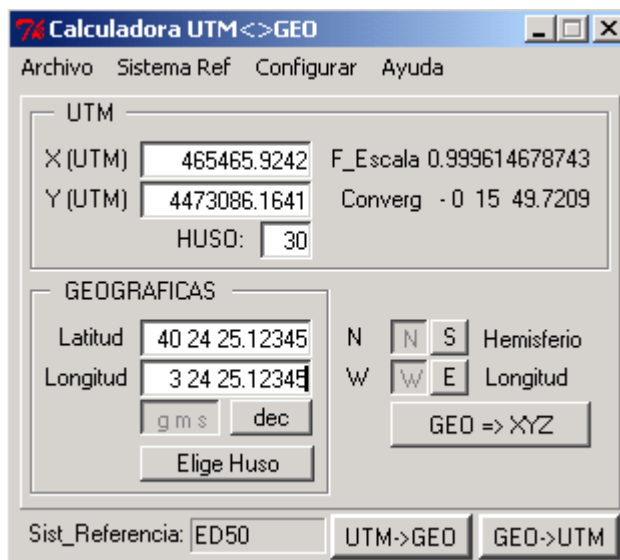
2. DESCRIPCIÓN Y FUNCIONAMIENTO DEL PROGRAMA

Nota: en todo el programa y para todos los casos, se utilizan los siguientes tipos de datos:

- las unidades para longitud y latitud son grados sexagesimales en modo decimal
- las unidades para las UTM y cartesianas X, Y, Z, son en metros
- los valores decimales, al entrar datos, son precedidos de un punto (no de coma)

La ventana principal del programa contiene las entradas/salidas de resultados de coordenadas, podemos introducir un punto en UTM con sus coordenadas X, Y y el número de Huso y transformar a Latitud y Longitud geográficas o viceversa. También podemos entrar las coordenadas geográficas en modo cartesiano, mediante sus tres coordenadas X, Y, Z.

Las geográficas son grados sexagesimales y se pueden representar en modo grados y décimas de grado (modo dec) o en grados, minutos y segundos (modo gms), tanto para entrar datos como para ver resultados.



El programa tiene una barra de menús con cuatro entradas: en el Menú Archivo se incluyen las herramientas necesarias para realizar las transformaciones de listados coordenadas desde ficheros, en el Menú Sistema_Ref se incluyen los sistemas de referencia elipsoidales que podemos utilizar y además la opción para añadir temporal y permanentemente otros y eliminar los sistemas que el usuario ha añadido. En el Menú Configurar, tenemos varias opciones disponibles en el programa, como la de extender el huso UTM más allá de la configuración teórica, configurar la proyección o podemos establecer el número de decimales para la salida de resultados (el programa siempre calcula y almacena los valores en memoria con el máximo posible, 17 dígitos). Por último, en el Menú Ayuda podemos acceder a las instrucciones del programa.

HERRAMIENTA BÁSICA UTM<>GEO

--> UTM a Geográficas:

Introducir coordenadas X e Y UTM en metros, y el número de huso en el que están las coordenadas. También debemos indicar el hemisferio en el que están las coordenadas, Norte o Sur. Un clic del botón UTM->GEO nos transforma los datos y en función de la salida que tengamos seleccionada se presentan de una manera u otra (Geográficas-dec, Geográficas-gms o cartesianas)

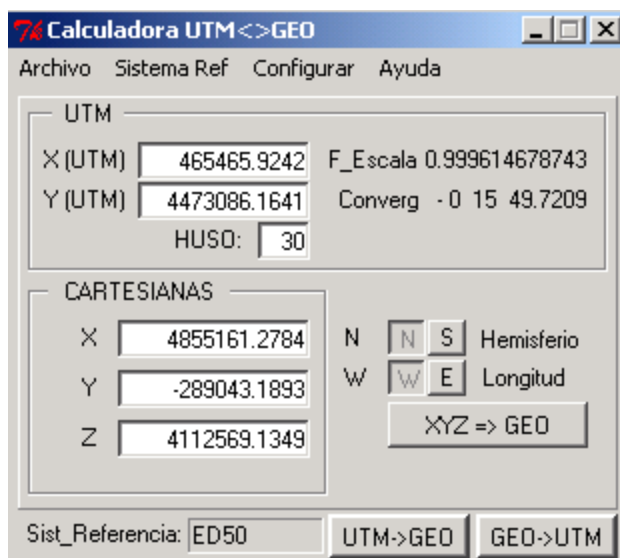
--> Geográficas a UTM:

Introducir latitud y longitud en grados sexagesimales, ya sea en modo decimal o modo grados minutos y segundos(gms) separados por espacios. Estos datos se introducen sin signo. Seguidamente seleccionamos el hemisferio Norte/Sur y la longitud W/E (Oeste/Este).

El cálculo de huso es automático pero tenemos la opción de forzar este cálculo introduciendo el número de huso deseado con el botón <Elige Huso>. De esta manera aparece en rojo la entrada del número de huso en el apartado de las UTM. Así podemos calcular las geográficas a UTM en un huso diferente al que corresponden. Esto se hace con el fin de ampliar un huso de 6°, ya que por motivos particulares podemos estar trabajando en área común a dos husos y para trabajar se hace mejor si pasamos todas las UTM a un mismo huso.

UTILIDADES:

--> Geográficas/Utm a cartesianas xyz:



Podemos utilizar coordenadas cartesianas (Sistema de Coordenadas Espacial en el elipsoide) para ver las geográficas en este sistema xyz, o para introducir datos directamente desde este sistema. Tener en cuenta que el programa no considera la altura elipsoidal en las coordenadas geográficas por lo que los resultados sólo representan la superficie del elipsoide. Las unidades de los valores xyz son en metros.

--> Cambio de Datum, (versión e, España)

Geográficas/Utm(Sist1) a Geográficas/Utm(Sist2):

Nos permite pasar coordenadas de un sistema de referencia a otro, es decir, un cambio de Datum entre coordenadas.

Esta herramienta puede estar activa o no. En caso positivo, aparece un botón justo debajo del botón GEO<->XYZ, en cuya etiqueta aparecen los dos sistemas implicados y la dirección del cálculo. Los dos sistemas deben estar previamente definidos en el programa a través del Menú Sistema_Ref, para utilizar los parámetros de los sistemas de referencia respectivos.

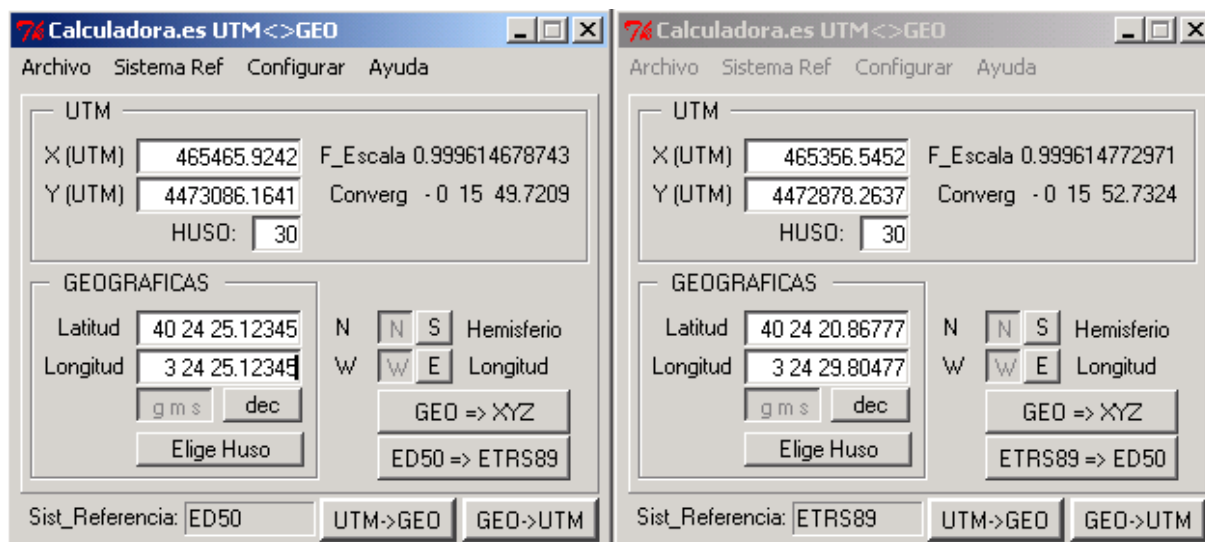
Para que este botón aparezca al inicio de la aplicación, es necesario que se localice el fichero <sped2et.gsb> en el mismo directorio. El fichero se puede descargar en la página del IGN <http://www.ign.es> dentro del menú Herramientas o en CNIG: http://www.cnig.es/descargas/HE/grid_file.zip. Esta herramienta está preparada para funcionar en España pero el usuario podría cargar su propio fichero de transformación de datum por otro propio y aplicar a la zona en concreto. El formato del fichero es NTV2 (Canadian National Transformation Version 2).

Referencia de esta transformación y de los ficheros *.gsb para España:

PASO DIRECTO E INVERSO ETRS89<>ED50
 SUBDIRECCIÓN DE GEODESIA Y CARTOGRAFIA
 INSTITUTO GEOGRÁFICO NACIONAL

Para este caso, son dos ficheros que contienen los desplazamientos en latitud y longitud para pasar del sistema ED50 (European Datum 1950) al sistema ETRS89(European Terrestrial Reference System 1989) calculados y ordenados en una rejilla regular para la península y otra para Baleares.

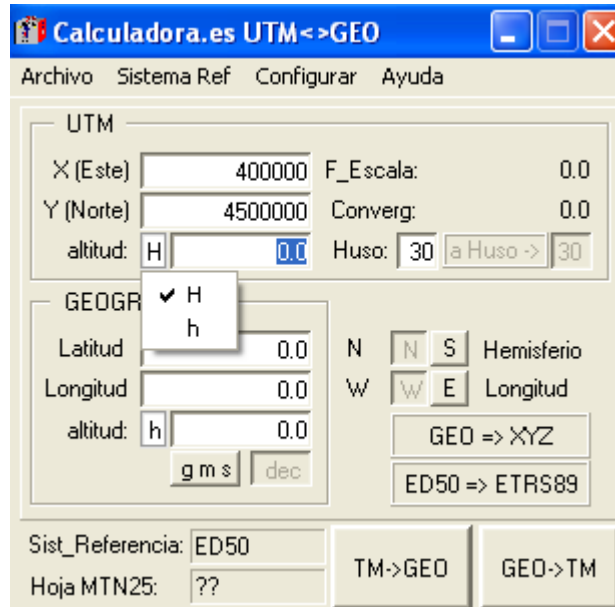
En esta versión, al tener cargados esos ficheros, en la ventana del programa nos aparece el nuevo botón que nos permite pasar coordenadas entre un sistema y otro:



Para introducir los datos, lo podemos hacer en Geográficas (en modo dec ó gms), en cartesianas o en UTM. El resultado de la transformación se muestra tanto en Geográficas como en UTM.

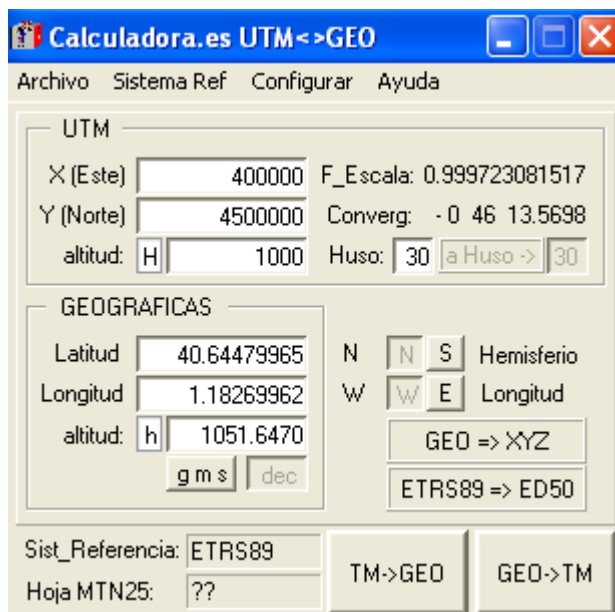
--> Cálculo altitudes sobre el Geoide (Versión e)

Nos permite introducir una altitud (elipsoidal u ortométrica) y al realizar la transformación Utm<>Geo se transforma la altitud introducida.



En el apartado de altitud, seleccionamos el tipo de altitud (H: Ortométrica, h: Elipsoidal) e introducimos el valor, seguidamente seleccionamos en las coordenadas de destino igualmente el tipo de altitud que deseamos. Por defecto el programa considera las ortométricas asociadas a las UTM y las elipsoidales a las Geográficas.

Tenemos que tener en cuenta el sentido de la transformación: UTM->GEO o al contrario para tener en cuenta el valor introducido y el valor resultado tras las transformación. En la siguiente imagen se muestra un ejemplo de transformación:



Hay que tener en cuenta que el Geoide que se utiliza solo es válido sobre los elipsoides GRS80, WGS84 y ETRS84.

DESCRIPCIÓN DE LOS MENÚS

Archivo Sistema Ref Configurar Ayuda

Contiene diferentes opciones para transformar listados de coordenadas contenidos en ficheros.

UTM<>GEO<>XYZ

Se abre un cuadro de diálogo que permite al usuario transformar ficheros de coordenadas entre diversas combinaciones de estos tres modos de coordenadas. Si tenemos activada la opción de Cálculo de Altitudes (ver Menú Configurar) esta ventana se amplía y podemos seleccionar también el tipo de altitudes de origen y destino (solo Versión _es).



Ilustración 1. Opciones disponibles

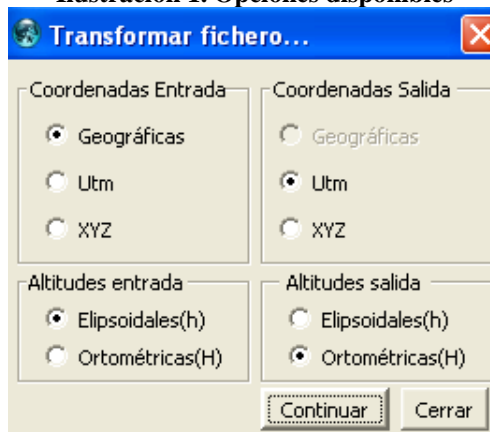


Ilustración 2. Opciones disponibles con el cálculo de altitudes activado (solo version _es)

En todos los casos, una vez lanzado el proceso, el programa indica a modo de información la configuración para dicha transformación, esto consiste en el sistema de referencia seleccionado y el formato de salida de las coordenadas.

El formato del fichero con coordenadas UTM texto (.txt) debe tener los siguientes campos separados por espacios:

<NºPunto> <Xutm> <Yutm> <NºHuso> <1 ó -1>(Norte ó Sur, respectivamente).

El formato del fichero texto con coordenadas geográficas (.txt) debe tener los siguientes campos separados por espacios:

<Nº de punto> <+-longitud> <+-latitud> (+/- si Este/Oeste y +/- si Norte/Sur)

Si queremos fijar el número de huso donde queremos calcular, el formato será:

<Nº de punto> <+-longitud> <+-latitud> <Nº Huso>

de esta manera forzaremos el cálculo con el huso introducido.

El anterior formato para las geográficas es en modo decimal, pero también podemos tener las geográficas en modo gms de manera que tendremos:

<NºPunto> <+-long_grado> <long_min> <long_seg> <+-lat_grado> <lat_min> <lat_seg>
(+/- para E/W y +/- para N/S)

En la transformación de Utm a Utm, el programa preguntará una vez lanzada la transformación del fichero por el Huso de destino.

El formato del fichero texto con coordenadas cartesianas (.txt) debe tener los siguientes campos separados por espacios:

<NºPunto> <X> <Y> <Z>

Proyección TM: Tm<>Geo

Permite transformar coordenadas con los parámetros que hemos configurado a través de la herramienta "Proyección" que tenemos en el menú configurar para la proyección Transversa de Mercator. Esta transformación es el caso general de la UTM, con lo cual tenemos disponibles todos los parámetros que configuran la proyección UTM. Hay que tener en cuenta en este caso que se trabaja en un único huso definido por el origen de longitud.

ED50<->ETRS89

Transformar coordenadas entre estos dos sistemas de referencia utilizando un archivo de rejilla con formato NTV2. La rejilla del archivo contiene nodos espaciados a intervalos regulares en latitud y longitud. Cada nodo contiene información del desplazamiento de coordenadas geodésicas entre ambos sistemas junto con su precisión. Si algún punto se calcula fuera de la rejilla no se calcula. En el menú ayuda podemos ver la información de rejilla utilizada. En caso de que se cargue una rejilla diferente este menú cambiaría a los sistemas de referencia utilizados (siempre que se hayan cargado previamente en Sistemas de Referencia de la calculadora).

Ejemplos de formatos utilizados:

Ejemplo de formato para pasar de Utm a Geográficas:

1 262544.518 4470911.879 30 1
2 258979.121 4469032.846 30 1
.....

Ejemplo de formato para pasar de Geográficas(dec) a Utm:

1 -5.796019506 +40.354294292
2 -5.837244282 +40.336364723
.....

Ejemplo de formato para pasar de Geográficas(gms) a Utm:

1 -5 30 30 +40 15 20
2 -5 31 30 +40 15 21
.....

Ejemplo de formato para pasar de XYZ a Utm/Geográficas:

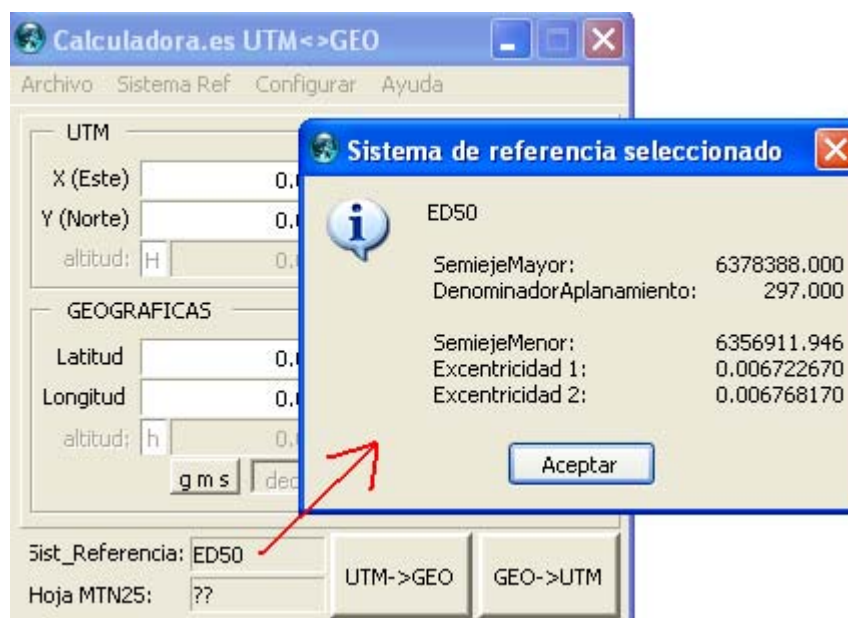
1 4842663.4896 -491559.9173 4108112.5868
2 4843590.8174 -495175.2149 4106595.1492

Archivo Sistema Ref Configurar Ayuda

Elegimos el elipsoide de referencia para los cálculos. Tenemos la opción de añadir configuraciones de forma permanente o temporal, dando un nombre, el radio principal del elipsoide y el denominador del aplanamiento. En el caso de guardar de forma permanente, el programa escribe la información en un fichero <systemas.utm> para cargarlo al arrancar de nuevo el programa. Para saber en cualquier momento los parámetros básicos del sistema seleccionado, hacemos clic sobre la etiqueta donde aparece el nombre del sistema, en la parte inferior de la ventana.

Para el caso de que estemos trabajando con un fichero de cambio de Datum entre dos sistemas de referencia, al cargar el fichero de rejilla *.gsb se leen los dos sistemas implicados y el programa informa si alguno de ellos no está registrado en el programa. Es necesario definir los dos sistemas de transformación de Datum previamente para que funcione de forma correcta, a través de este menú.

Si queremos saber los parámetros del sistema de referencia seleccionado hacemos click en la cuadro de información donde aparece el sistema seleccionado (parte inferior izquierda de la ventana de la calculadora)



Archivo Sistema Ref Configurar Ayuda

Forzar huso

Con esta herramienta activamos la utilidad de cambio de huso a través de la ventana principal del programa, se activa el botón que transforma coordenadas de entrada Utm y se activa la entrada para el nuevo Huso. Esta funcionalidad permite extender el calculo de coordenadas UTM más allá del huso para el que están definidas, es decir, más allá de los 6°.

Para entender esta transformación hay que partir siempre de unas coordenadas geográficas latitud y longitud que representan una posición. Éstas, transformadas a la proyección Utm pertenecen a un Huso por definición de la proyección UTM. El caso es que en ocasiones queremos esas coordenadas Geográficas en otro huso distinto al que pertenece, lo que podemos definir como extender el huso para incluir esas coordenadas geográficas en el huso deseado. El procedimiento es Activar esta utilidad, introducir las coordenadas geográficas y pulsar botón de GEO->UTM, el resultado en la parte de las utm son las coordenadas X, Y, el

nº Huso al que pertenecen (en la parte izquierda) y el nºHuso que hemos introducido para forzar el cálculo (en la parte de la derecha en rojo).

Podemos también transformar unas coordenadas Utm de un huso a otro mediante el botón "a >>>Huso->", donde introducimos las UTM, el número de huso al que pertenecen y el número de huso deseado.

Calcular altitudes (Versión _es)

Nos sirve para calcular la ondulación del Geoide y poder transformar altitudes ortométricas en elipsoidales y viceversa. Cuando activamos esta utilidad se activan en pantalla las entradas correspondientes y los tipos de altitud posibles que podemos seleccionar para cada entrada. Estos cálculos solo son válidos para los sistemas de referencia GRS80, WGS84, ETRS89. Activar esta herramienta supone tener en cuenta las altitudes en las transformaciones de ficheros, se ha de incluir la altitud en el formato de entrada.

Determinar Hoja MTN25 (Versión _es)

Esta utilidad sirve para saber en qué hoja se encuentran unas determinadas coordenadas. Las hojas MTN25 forman una cuadrícula que cubre todo el territorio nacional y son las unidades de producción cartográfica del Instituto Geográfico Nacional para las series a escala 1:25.000 y 1:50.000. El número de la hoja indica el número de la hoja a escala 1:50.000 y el identificador final indica el cuarto a que hace referencia a escala 1:25.000:1-NO, 2-SO, 3-NE, 4-SE. Si tenemos activada esta utilidad, al transformar coordenadas se muestra la hoja a la pertenecen en la parte inferior de la ventana principal. También podemos introducir unas coordenadas y hacer click sobre la ventana de resultado donde se muestra el número de hoja.

Proyección

En esta ventana podemos seleccionar el tipo de proyección con la que queremos trabajar, por defecto está la UTM, pero podemos utilizar la Transversa de Mercator para realizar cálculos específicos ya que nos permite modificar manualmente todos los parámetros aunque hay que tener en cuenta que siempre serán sobre un mismo huso.

Formato de salida de ficheros

Son varios parámetros donde podemos configurar cómo queremos el formato de salida: separadores de valores, información de cabecera, tipo de coordenadas de salida, geo o gms y número de decimales. Los cálculos se realizan internamente con la precisión máxima posible (17 dígitos).

Rejilla Datum usuario...

Se utiliza para cargar una rejilla de cambio de Datum diferente a la que se carga por defecto, siempre con formato NTV2.

Archivo Sistema Ref Configurar Ayuda

Se presentan los datos del autor, versión, breve ayuda, mostrar consola y mostrar fórmulas UTM-GEO. Si estamos con la versión _es podemos ver la información de los datos que contiene el fichero de transformación de Datum y el ámbito geográfico válido para el Geoide para el cálculo de Ondulaciones.

La Consola puede ser utilizada para acceder directamente a variables y procedimientos para usuarios con conocimientos de lenguaje Tcl. Escribiendo ListaProcs se muestran en la consola algunos de los procedimientos utilizados. Escribiendo ListaVar, se muestran las variables que almacenan los datos en memoria con todos los dígitos.

3. EJEMPLO DE CÁLCULO

UTM A GEO:

Valores de Entrada:

XUTM: 296831.78 m

YUTM: 4493870.80 m

NºHuso: 30, Hemisferio Norte

Sistema de Referencia: ED50

Resultados:

Latitud: (dec) -> 40.56999997

(gms) -> 40 34 11.99989 Norte

Longitud: (dec) -> 5.40000009

(gms) -> 5 24 0.00032 Oeste

X = 4830469.9101 m

Y = -456613.8517 m

Z = 4126337.1644 m

UTM		
X (UTM)	<input type="text" value="296831.78"/>	F_Escala 1.000107982284
Y (UTM)	<input type="text" value="4493870.80"/>	Converg -1 33 41.1729
	HUSO: <input type="text" value="30"/>	
GEOGRAFICAS		
Latitud	<input type="text" value="40 34 11.99989"/>	N <input checked="" type="radio"/> N <input type="radio"/> S Hemisferio

GEOGRAFICAS		
Latitud	<input type="text" value="40 34 11.99989"/>	N <input checked="" type="radio"/> N <input type="radio"/> S Hemisferio
Longitud	<input type="text" value="5 24 0.00032"/>	W <input checked="" type="radio"/> W <input type="radio"/> E Longitud
	<input type="button" value="gms"/> <input type="button" value="dec"/>	<input type="button" value="GEO => XYZ"/>

CARTESIANAS		
X	<input type="text" value="4830469.9101"/>	N
Y	<input type="text" value="-456613.8517"/>	W
Z	<input type="text" value="4126337.1644"/>	

Lenguaje de programación Tcl-tk (J. Ousterhout)

Ejecutable construido con Freewrap (D. LaBelle)

Versión 9.200811

Eduardo Núñez Maderal, Mayo 2002 enmaderal@hotmail.com

ANEXO I. PROYECCIÓN UNIVERSAL TRANSVERSA DE MERCATOR

El programa de paso de coordenadas Geográficas a UTM y viceversa, se basa en las ecuaciones de transformación deducidas para el desarrollo transversal cilíndrico terrestre de Mercator, tomando como referencia un elipsoide de revolución y dividiendo la Tierra en 60 husos iguales de 6 grados cada uno, comenzando por el antimeridiano de Greenwich en sentido creciente hacia el Este

El origen de latitudes es el ecuador y el de longitudes es el meridiano por Greenwich. La transformación de coordenadas es válida para las zonas del globo terrestre comprendidas entre longitudes de 0° a 180° Este y Oeste de Greenwich, y latitudes de 0° a 84° 30' Norte y 0° a 80° 30' Sur. Las zonas polares serán cubiertas con otras proyecciones.

**ANEXO II. PASO ENTRE GEOGRÁFICAS Y CARTESIANAS
SISTEMAS DE COORDENADAS ELIPSOÍDICO ESPACIAL**

Problema directo: Paso de Geográficas a Cartesianas:

$$x = (N + h) \cos \varphi \cos \lambda \quad [I]$$

$$y = (N + h) \cos \varphi \operatorname{sen} \lambda \quad [II]$$

$$z = \left((1 - e^2) N + h \right) \operatorname{sen} \varphi \quad [III]$$

siendo, N el radio principal de curvatura, e la primera excentricidad, h la altura elipsoidal, φ la latitud geográfica y, λ la longitud geográfica

Problema inverso: paso de cartesianas a geográficas:

Nota: el problema inverso para determinar φ , λ y h , se resuelve por un proceso iterativo. El sistema de ecuaciones converge rápidamente puesto que $h \ll N$:

$$h = \frac{\sqrt{x^2 + y^2}}{\cos \varphi} - N \quad \text{Resultado de I+II}$$

$$\varphi = \operatorname{arctg} \left\{ \frac{z}{\sqrt{x^2 + y^2} \left(1 - e^2 \frac{N}{N + h} \right)^{-1}} \right\} \quad \text{Res. de: (I+II)/III}$$

$$\lambda = \operatorname{arctg} \frac{y}{x} \quad \text{Resultado de: II/I}$$

Para calcular h y φ , proceso iterativo:

primera iteración:

$$h_1 = 0$$

$$N_1 = a$$

Calculamos φ_1

Con φ_1 calculamos un nuevo h_2 , N_2 y otro φ_2 .

Iterar hasta que la solución converge

Siendo:

φ : latitud geodésica o geográfica

λ : longitud geodésica o geográfica

h: altitud geodésica (altura sobre el elipsoide de referencia)

Parámetros del elipsoide

a: semieje mayor

b: semieje menor

e: primera excentricidad

N: Sección normal principal del primer vertical (Radios principales de Curvatura en un punto del elipsoide)

$$N = \frac{a}{\sqrt{1 - e^2 \sin^2 \varphi}}$$

$$e^2 = \frac{a^2 - b^2}{a^2}$$

Ejemplo:

Sobre el elipsoide Hayford 1950: a = 6378388

$$b = 6356911.946$$

$$e = 0.00672267002233$$

Coordenadas de Ejemplo:

$$\varphi = 38^\circ 38' 38'' \text{ N. En radianes} = 0.674463097$$

$$\lambda = 3^\circ 29' 50'' \text{ W. En radianes} = -0.06103804246$$

Nota: latitud positiva al norte y negativa al sur. Longitud negativa al oeste y positiva al este.

Problema directo:

$$N = 6386765.454$$

$$e = 0.00672267002233$$

$$x = 4979044.794$$

$$y = -304289.1323$$

$$z = 3961582.255$$

Problema inverso:

$$N1(1) = 6378388$$

$$h1(1) = 0$$

$$\text{lat1}(1) = 0.674463097$$

$$N1(2) = 6386765.454$$

$$h1(2) = -0.0003391262144$$

$$\text{lat1}(2) = 0.674463097$$

En este caso la segunda iteración ya es correcta ya que h=0, si tenemos altitud diferente de 0 a partir de cuatro iteraciones ya converge.

$$\varphi = (\text{en radianes}) = 0.674463097 = 38^\circ 38' 38'' \text{ N}$$

$$h = -0.000339 = 0$$

$$\lambda = (\text{en radianes}) = -0.06103804246 = 3^\circ 29' 50'' \text{ W}$$