

SOFTWARE DE CONVERSIÓN Y TRANSFORMACIÓN DE COORDENADAS PARA LA REPÚBLICA ARGENTINA - ConveTra_RA

Guillermo J. Macedo

Instituto Nacional del Agua - Centro Regional Litoral
Patricio Cullen 6161 (3000) Santa Fe. TE: 0342-4605910. E-mail: gjmacedo@arnet.com.ar

RESUMEN

Los profesionales hídricos en determinadas circunstancias necesitan realizar procesos de conversiones y/o transformaciones de coordenadas con el objeto de definir y plasmar la planimetría de un determinado lugar ó región. Estos cálculos que consisten en cambios de Sistemas de Referencias ó pasajes de coordenadas geográficas a planas y viceversa; conforman un tema bastante delicado, complejo y de muy difícil solución si no se cuenta con una herramienta informática que sea capaz de satisfacer tales requerimientos.

El Programa **ConveTra_RA**, desarrollado en el Centro Regional del INA, no es más ni menos que un calculador geodésico, que permite dentro del ámbito de la República Argentina, convertir y transformar coordenadas entre los Sistemas de Referencia Posgar'94 y Campo Inchauspe'69 ó viceversa. Entre otras bondades, se destacan la simplicidad de manejo, los controles en el ingreso de datos, sistema de archivos con excelente transportabilidad hacia otros software, ayuda en línea y un módulo de impresión.

Palabras claves: Coordenadas - Conversión - Transformación

INTRODUCCIÓN

En cualquier proyecto de Ingeniería relacionado con la naturaleza, el hombre siempre necesitó asociar sus mediciones a un sistema de referencia que permita conocer en todo momento la posición de un elemento cualquiera con respecto a sus tres dimensiones (X,Y,Z).

Para esto, en épocas pasadas, se definían diferentes Sistemas de Referencia Locales que caracterizaban a cada una de las regiones de estudio. Posteriormente y con la intención de englobar a todos, nuestro país establece un Sistema Nacional de Referencia único denominado Campo Inchauspe'69 que utiliza los parámetros del elipsoide Internacional de Hayford 1924. Con la irrupción de la tecnología GPS se desarrolla el Sistema de Referencia Mundial Wgs84 y como consecuencia de esto, en 1997 el Instituto Geográfico Militar adopta un nuevo Marco de Referencia Nacional denominado Posgar'94 que está basado en los parámetros de ese nuevo elipsoide de carácter global cuyo centro de coordenadas es el centro de la Tierra y se llama Wgs84.

A partir de ese momento, la tendencia actual es trabajar con coordenadas Posgar, pero la realidad es que actualmente en nuestro país aún convive mucha información histórica cuyas coordenadas se encuentran referidas a Campo Inchauspe69 y en menor medida a otros Sistema de Referencia más locales.

Ahora bien, a primera vista, éste parece ser un tema exclusivo de los profesionales relacionados con la agrimensura pero la realidad demuestra que no es tan así, porque, el conocimiento y determinación de la planimetría de un lugar ó de una región cobra vital importancia a la hora de definir y ejecutar cualquier proyecto ó estudio relacionado con los recursos hídricos. Esto hace que el profesional hídrico sea un “usuario” calificado y más que frecuente de ésta ciencia y que en muchas ocasiones se encuentre ante la necesidad de aplicar estos conocimientos para relacionar, actualizar ó recuperar la información existente en planos, archivos y bases de datos. Si bien no es necesario que estos profesionales tengan un manejo teórico completo del tema, es importante que conozcan los conceptos básicos para que a la hora de manejar un software geodésico sepan hacerlo de la manera adecuada y sin cometer errores que pueden cometerse por falta de experiencia en estos temas.

ANTECEDENTES

Para el cálculo de las conversiones y transformaciones de coordenadas existen en el mercado algunas (no muchas) calculadoras geodésicas que brindan estas prestaciones. Algunas de libre difusión sólo permiten cálculos individuales ó puntuales y las que permiten procesamiento de archivos completos por lo general tienen un costo elevado ó forman parte de un módulo de GIS que es aún más oneroso.

Estas herramientas son de código cerrado y por lo general no permiten su traslado como subrutinas ó módulos hacia otras aplicaciones informáticas que funcionan en tiempo real y requieran de éstas conversiones y/o transformaciones de coordenadas.

En el desarrollo del Convenio Puerto de Santa Fe – INA se presentó esta última situación y la alternativa de solución adoptada fue: estudiar el tema y codificar las subrutinas en algún lenguaje de computación. Efectivamente así se hizo, las subrutinas se desarrollaron y se acoplaron a un software de relevamientos batimétricos que funciona en tiempo real.

Este proceso dejó un conocimiento interesante en el tema, de manera tal, que se pensó en la posibilidad de regresar al punto de partida y plasmarlo en un software para cálculos geodésicos circunscrito a la República Argentina, cuyo desarrollo esté dirigido a usuarios poco experimentados, de manera tal que su operación sea muy sencilla, cómoda y segura.

OBJETIVO

Presentar el software de conversión y transformación de coordenadas para la República Argentina llamado **ConveTra_RA** (Figura 1).

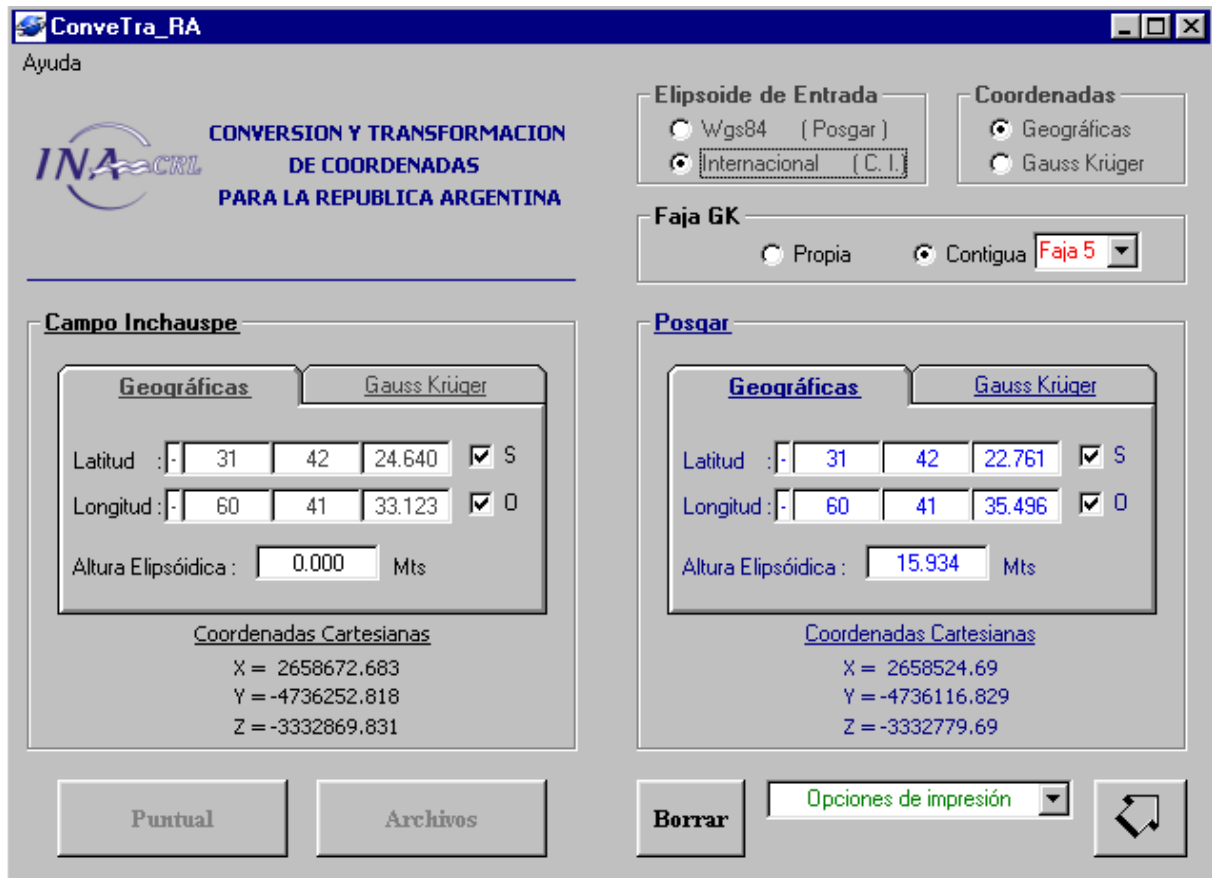


Figura 1 - Apariencia del software ConveTra_RA

CONCEPTOS TEÓRICOS

Sistemas de Referencia Geodésicos

Por definición es un procedimiento matemático que permite asignar valores de coordenadas a cada punto de la superficie terrestre. Existen 2 tipos :

Sistema de Referencia Global: definido por:

Un elipsoide de referencia

Una terna de ejes cartesianos ortogonales orientada con origen en el centro de masa de la Tierra.

Sistema de Referencia Local: definido por:

Un elipsoide de referencia

Un punto Datum.

Ambos Sistemas de Referencia se materializan por medio de un Marco de Referencia determinado por puntos ubicados en el terreno con gran precisión.

Históricamente nuestro país utilizó el Sistema de Referencia Local **Campo Inchauspe** que utiliza el elipsoide Internacional de Hayford 1924 y un punto Datum situado en un lugar llamado Campo Inchauspe. Esta red y sus coordenadas reciben el nombre **Inchauspe'69**. Posteriormente con la aparición del GPS se decidió utilizar el Sistema de Referencia Global **Wgs84** cuyo elipsoide coincide con la forma de la Tierra y utiliza el Datum Wgs84. Este nuevo Marco de Referencia se denomina **Posgar'94**. Es importante aclarar que éste último Sistema de Referencia está en transición, razón por la cual actualmente conviven los dos sistemas muy fuertemente.

Elipsoide de referencia: Es una figura de determinadas dimensiones, forma, centro y orientación, utilizada como superficie de referencia para los cálculos geodésicos. Se puede decir también que es la superficie matemática que mejor se adapta al geoide.

Geoide: Es la superficie equipotencial que adopta el nivel medio del mar en equilibrio, supuestamente prolongado a través de los continentes. Cumple con la condición de ser perpendicular a la vertical en cualquier punto de la superficie. En la Figura 2 se puede apreciar un esquema de ambos.

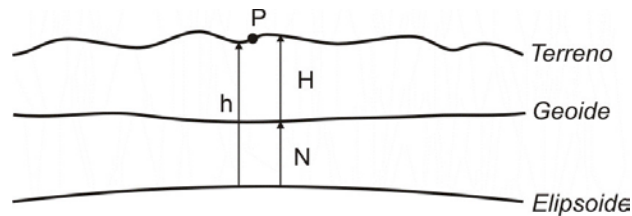


Figura 2 - Esquema del Geoide y Elipsoide

Punto Datum: Constituye el punto de origen de las mediciones en los sistemas de referencia locales. Posee coordenadas astronómicas iguales a las elipsóidicas y ondulación del geoide nulo, que dicho en otras palabras significa que en ese punto el geoide y el elipsoide de referencia son tangentes.

Sistemas de Coordenadas

Cualquier objeto geográfico solamente podrá ser localizado si podemos describirlo con relación a otros objetos cuya posición sea previamente conocida, ó determinando su localización en una red coherente de coordenadas. Cuando se dispone de un sistema de coordenadas fijas, se puede definir la localización de cualquier punto en la superficie terrestre. Se utilizan tres tipos diferentes de coordenadas: cartesianas, geográficas y planas.

Coordenadas cartesianas: Definidas por una terna de ejes cuyo centro coincide con el centro de masa de la Tierra. (Figura 3).

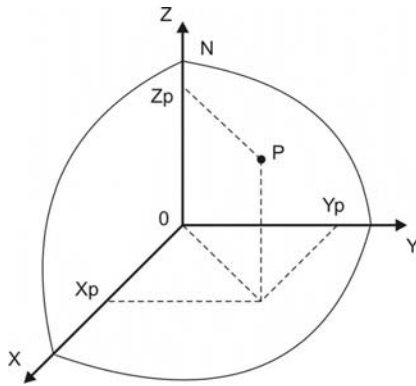


Figura 3 - Coordenadas cartesianas

Coordenadas geodésicas ó geográficas: En una buena aproximación, la Tierra es considerada como un elipsoide de revolución, alrededor del eje polar. Las líneas a partir de las cuales se localizan puntos de la superficie terrestre, ó en su representación cartográfica, se denominan meridianos y paralelos. (Figura 4)

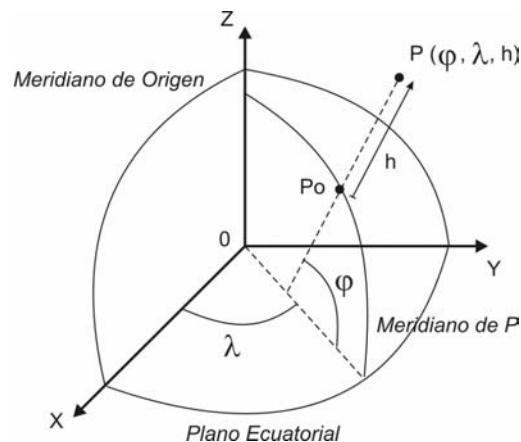


Figura 4 - Coordenadas geodésicas ó geográficas.

La longitud geodésica φ es el ángulo diedro de dos planos meridianos en el cual uno de ellos se toma como origen.

La longitud geodésica λ es el ángulo que forman la normal con el plano ecuatorial que contiene el gran eje del elipsoide.

Esto nos da una dirección y no un punto. La insuficiencia de la geodesia bidimensional conduce a la definición de una tercera magnitud: Altura elipsoidal (h) que es la distancia del punto al elipsoide medido sobre la normal.

Las Coordenadas geográficas están dadas por estos 3 parámetros.

Coordenadas planas: Están definidas por filas y columnas y la posición queda dada sobre una grilla (X,Y). El origen se localiza al Sur y al Oeste, aumentando desde (0,0) hacia el Este y Norte. (Figura 5). Para lograr esto es necesario adaptar la superficie esférica de la Tierra al plano bidimensional del mapa. Esta técnica es lo que se conoce como proyecciones cartográficas.

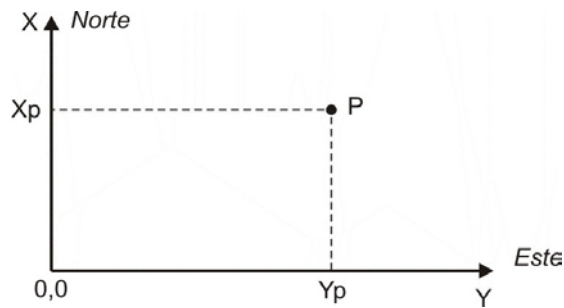


Figura 5 - Coordenadas planas.

Sistemas de proyecciones cartográficas.

Son **representaciones planas** de la Tierra y tiene como fines:

- Representar sobre una superficie plana parte del modelo elipsoidal de la Tierra.
- Obtener valores métricos utilizables más fácilmente que las unidades angulares.
- Hacer más fácil la evaluación de distancias.

Los sistemas de proyecciones cartográficas se analizan por el tipo de superficie adoptada para su proyección y el grado de deformación.

Por el tipo de superficie de proyección adoptada, las proyecciones se clasifican en: planas ó azimutales, cilíndricas, cónicas, UTM y poliédricas, según se represente la superficie curva de la Tierra sobre un plano, un cilindro, un cono ó un poliedro tangente ó secante a la esfera terrestre.

Con respecto al grado de deformación se clasifican en conformes, equivalentes y equidistantes.

Proyección conforme gauss-krüger.

La República Argentina ha adoptado como proyección para la cartografía topográfica de base oficial, la proyección denominada Gauss-Krüger. La misma es una variación de la mundialmente conocida proyección UTM (Universal Transverse Mercator) manteniendo las propiedades de conformidad de ésta.

Esta es una proyección cilíndrica del tipo transversal (perpendicular al Ecuador) y tangente es decir solamente hace contacto con la superficie terrestre en un solo Meridiano, que se denomina Meridiano Central de Faja (MCF). El cilindro utilizado cubre la totalidad del país en sentido Norte-Sur pero es de limitado desarrollo longitudinal (Este-Oeste) abarcando solamente 3° por Faja (1° 30' a cada lado del MCF), por esta razón se han generado 7 Fajas que conforman la proyección en su totalidad (Tabla 1) . Cada una de estas Fajas hace tangencia en un meridiano diferente cubriendo de esta manera el país en su totalidad.

Número de Faja	Meridiano Central	Longitud
1	- 72 °	- 73.5 ° a - 70.5 °
2	- 69 °	- 70.5 ° a - 67.5 °
3	- 66 °	- 67.5 ° a - 64.5 °
4	- 63 °	- 64.5 ° a - 61.5 °
5	- 60 °	- 61.5 ° a - 58.5 °
6	- 57 °	- 58.5 ° a - 55.5 °
7	- 54 °	- 55.5 ° a - 52.5 °

Tabla 1 - Fajas Gauss-Krüger para la República Argentina

El sistema Gauss-Krüger posee 2 ejes cartesianos X,Y como modo de representación de las coordenadas proyectadas en el plano:

Eje X: representa el eje NORTE de la proyección (al revés de los ejes cartesianos matemáticos) y su origen ó valor 0 (cero) se encuentra en el Polo Sur (Latitud 90 ° Sur). De esta manera la coordenada X en Gauss Krüger indicará siempre la cantidad de metros a que se encuentra el punto en cuestión del Polo Sur.

Eje Y: representa el eje ESTE de la proyección y su origen está dado por cada MCF (Meridiano Central de Faja). En él, el valor que adopta la coordenada Y es de 500.000 metros. Este valor arbitrario distinto de 0, se adopta simplemente para evitar los valores negativos en las coordenadas.

Como Gauss Krüger es una proyección tangente, el Factor de Escala es 1.

Ejemplo de coordenadas Gauss Krüger: X = 6.345.345 Y = 5.533.201

Estos valores de coordenadas nos indican que está situado 6.345.345 m. desde el Polo Sur medido sobre el meridiano de tangencia y a 33.201 m. al este del Meridiano Central (-60 °) de la Faja 5. En la coordenada Y, la cifra correspondiente al millón indica el número de Faja GK.

CONVERSIÓN Y TRANSFORMACION DE COORDENADAS

Conversión: Se denomina así al traspaso de coordenadas geodésicas ó de coordenadas cartesianas desde un Sistema de Referencia a otro.

Transformación: Es el traspaso de coordenadas geodésicas a geocéntricas ó viceversa dentro de un mismo Sistema de Referencia. También se utiliza éste término cuando se pasan coordenadas geodésicas a planas ó viceversa en un determinado Sistema de Proyección Cartográfico.

El uso intensivo del GPS hace que el Sistema de Referencia Wgs84 sea cada vez más utilizado. Como consecuencia de esto, se determinaron parámetros de conversión y transformación para todos los Sistemas locales y otros geocéntricos. Los parámetros de conversión de Campo Inchauspe 69 al Sistema de Referencia Posgar 94 determinados por la Defense Mapping Agency (DMA) son los siguientes:

$$\begin{aligned} \Delta X &= - 148 \text{ m} && \text{Si la conversión es en el otro sentido, estos valores cambian al signo contrario.} \\ \Delta Y &= + 136 \text{ m} \\ \Delta Z &= + 90 \text{ m} \end{aligned}$$

Todos los parámetros de transformación que intervienen en las fórmulas de Gauss Krüger se obtienen a partir de los valores de a y f del elipsoide (Tabla 2):

a = semieje mayor del elipsoide
f = achatamiento del elipsoide

	Campo Inchauspe 69	Posgar 94
a	6.378.388 m	6.378.137 m
f	1 / 297	1 / 298.257223563

Tabla 2 - Parámetros de transformación

Conversión de coordenadas geodésicas.

Si : Sistema 1 = Campo Inchauspe 69 Elipsoide = Internacional de Hayford 1924
 Sistema 2 = Posgar 94 Elipsoide = Wgs84

Para convertir las coordenadas geodésicas, también llamadas geográficas, de un punto del terreno dadas en el Sistema 1 a coordenadas del mismo tipo en el sistema 2 se deberían seguir los 3 pasos siguientes:

1 - Transformar las coordenadas geodésicas locales a cartesianas en el Sistema 1.

$$\varphi_1, \lambda_1, h_1 \rightarrow X_1, Y_1, Z_1$$

2 - Convertir las coordenadas cartesianas del Sistema 1 a coordenadas cartesianas en el Sistema 2.

$$X_1, Y_1, Z_1 \rightarrow X_2, Y_2, Z_2$$

3 - Transformar las coordenadas cartesianas del Sistema 2 a coordenadas geodésicas en el sistema 2.

$$X_2, Y_2, Z_2 \rightarrow \varphi_2, \lambda_2, h_2$$

El cálculo de las conversiones realizado de esta manera es muy tedioso y tiene un grado de complejidad elevado. En la práctica el mecanismo de conversión generalmente se realiza a través de las **Fórmulas de MOLODENSKY** y son las que se aplican en el Software que se presenta.

Estas fórmulas solucionan el inconveniente de aplicar los 3 pasos, debido a que permiten convertir en forma directa coordenadas geodésicas del Sistema 1 al Sistema 2.

$$\varphi_1, \lambda_1, h_1 \rightarrow \varphi_2, \lambda_2, h_2$$

Fórmulas de Molodensky

Las principales corresponden al cálculo de las variaciones de Latitud, Longitud y Altura Elipsoidal. Ecuaciones (1), (2) y (3).

$$\Delta\varphi = 206265 / M.(-\Delta X . \text{sen}\varphi . \cos\lambda - \Delta Y . \text{sen}\varphi . \text{sen}\lambda + \Delta Z . \cos\varphi + (a.\Delta f + f.\Delta a) . \text{sen}2\varphi) \quad (1)$$

$$\Delta\lambda = 206265 / N \cdot \cos\varphi \cdot (-\Delta X \cdot \text{sen}\lambda + \Delta Y \cdot \cos\lambda) \quad (2)$$

$$\Delta h = \Delta X \cdot \cos\varphi \cdot \cos\lambda + \Delta Y \cdot \cos\varphi \cdot \text{sen}\lambda + \Delta Z \cdot \text{sen}\varphi + (a \cdot \Delta f + f \cdot \Delta a) \cdot \text{sen}\varphi - \Delta a \quad (3)$$

Donde:

206265 : constante para transformar una medida angular del sistema natural al sexagesimal.

φ : Latitud conocida $\Delta\varphi$: Corrección de la Latitud expresada en segundos de arco (“)

λ : Longitud conocida $\Delta\lambda$: Corrección de la Longitud en (“)

h : Altura elipsoidal Δh : Corrección de h expresada en metros.

Las correcciones deben aplicarse en magnitud y signo.

M : Radio de curvatura terrestre de la sección meridiana del elipsoide.

N : Radio de curvatura terrestre de la sección normal a la sección meridiana del elipsoide.

Ambos son función del aplanamiento f y de la Latitud en el Sistema de Referencia de origen.

Δa : Diferencia entre los semiejes mayores (a) de los elipsoides.

Δf : Diferencia entre los aplanamientos (f) de los elipsoides.

$\Delta X, \Delta Y, \Delta Z$: Diferencias entre las coordenadas geocéntricas de los Sistemas de Referencia.

Ya están definidos como parámetros de conversión.

Transformación de coordenadas geodésicas a cartesianas.

Es un cálculo directo que se realiza dentro del mismo Sistema de Referencia a partir del conocimiento de la Latitud, Longitud y Altura elipsoidal (h) del punto terrestre que se quiere transformar. Ecuaciones (4), (5) y (6).

$$X1 = (N1 + h1) \cdot \cos\varphi1 \cdot \cos\lambda1 \quad (4)$$

$$Y1 = (N1 + h1) \cdot \cos\varphi1 \cdot \text{sen}\lambda1 \quad (5)$$

$$Z1 = [N1 \cdot (1 - f1)^2 + h1] \cdot \text{sen}\varphi1 \quad (6)$$

$N1$ = Radio de curvatura terrestre de la sección normal a la sección meridiana del elipsoide.

Su cálculo es función del aplanamiento f y de la Latitud de referencia.

Transformación de coordenadas geodésicas a coordenadas planas.

Esta técnica es lo que se conoce como proyección cartográfica.

Cálculo directo : $(\varphi, \lambda) \rightarrow (X, Y)$

Por un punto P del terreno pasa un meridiano y un paralelo que definen su posición en coordenadas geodésicas con respecto a un determinado Sistema de Referencia. Dicho punto quedará posicionado en el sistema de Proyección Cartográfico Gauss-Krüger por las coordenadas X e Y de dicho punto.

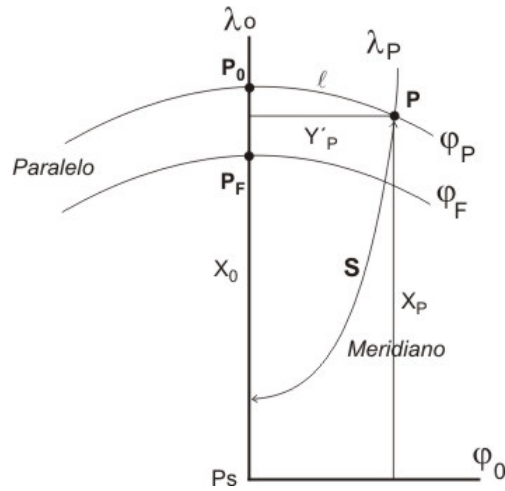


Figura 6 - Relación coordenadas geodésicas-coordenadas proyectadas

Las fórmulas fundamentales están dadas por las ecuaciones (7), (8), (9) y (10).

$$X = S + t/2.N.l^2.\cos^2 \varphi + t/24.N.\cos^4 \varphi.(5 - t^2 + 9.\eta^2 + 4.\eta^4).l^4 + \dots \quad (7)$$

$$Y_0 = N.\cos \varphi + 1/6.N.\cos^3 \varphi.(1 - t^2 + \eta^2).l^3 + \dots \quad (8)$$

$$Y' = N^\circ de Faja + 500.000 \quad (9)$$

$$Y = Y_0 + Y' \quad (10)$$

Donde:

a : semieje mayor del elipsoide.

b : semieje menor.

l : Diferencia entre la longitud del punto terrestre y la longitud del meridiano central.

S : Arco de meridiano del punto de cálculo

N: Radio de curvatura de la sección normal a la sección meridiana.

Los parámetros S , N, t , η son función de la excentricidades de los semiejes y de la latitud del punto.

Transformación de coordenadas planas a geodésicas.

Calculo inverso : $(X, Y) \rightarrow (\varphi, \lambda)$

Si X e Y son las coordenadas planas del punto terrestre P y P_F es la proyección ortogonal del punto P sobre el meridiano de referencia; el valor de la latitud y la longitud dentro de un mismo Sistema de Referencia están dados por las fórmulas (11) y (12).

$$\begin{aligned} \varphi = \varphi_F + (t_F / (2.N_F^2)).(-1 - \eta_F^2).Y^2 + & \quad (11) \\ + t_F / (24.N_F^4).(5 + 3.t_F^2 + 6.\eta_F - 6.t_F^2.\eta_F^2 - 3.\eta_F^4 - 9.t^2.\eta_F^4).Y^4 + & \\ + t_F / (720.N_F^6).(-61 - 90.t_F^2 - 45.t_F^4 - 107.\eta_F^2 + 62.t_F^2.\eta_F^2 + 45.t_F^2.\eta_F^2).Y^6 + \dots & \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \lambda = \lambda_0 + 1/(N_F.\cos(\varphi_F)).Y + 1/(6.N_F^3.\cos(\varphi_F).(-1 - 2.t_F^2 - \eta_F)).Y^3 + & \quad (12) \\ + 1/(120.N_F^5.\cos(\varphi_F)).(5 + 28.t_F^2 + 24.t_F^4 + 6.\eta_F^2 + 8.t^2.\eta_F^2).Y^5 + \dots & \end{aligned}$$

Donde :

φ_F : latitud del punto proyectada. Es función de las excentricidades de los semiejes.

λ_0 : longitud del meridiano central correspondiente.

Los parámetros N_F , t , η se calculan como funciones de la excentricidades y de φ_F .

DESCRIPCIÓN DEL SOFTWARE

Software de base, plataforma de uso y configuración regional.

Software de base: El Programa **ConveTra_RA** está desarrollado en Visual Basic 6.0.

Plataforma : Windows 95, 98, NT, 2000 y Xp.

Configuración regional : El **Símbolo decimal** de la pestaña **Número** debe ser **Punto**. (Condición necesaria)

Alcances

Es un programa de cálculos geodésicos. Permite, dentro del ámbito de la República Argentina, la conversión de coordenadas geográficas (cambio de geoide) y la transformación de coordenadas geográficas a planas y viceversa para los Sistemas de Referencia **Inchauspe'69** y **Posgar'94**. Además realiza el cálculo de las **Coordenadas Cartesianas**, denominadas también **Geocéntricas**, para ambos Sistemas.

Diseño

Toda la Aplicación está soportada por un único formulario que contiene y actúa como interfase de todos los controles (cajas de texto, etiquetas, botones de opciones, botones de comandos, cuadros de diálogos, combos, etc.), que posee el software. Tiene un código principal y un módulo donde se encuentran codificadas las distintas subrutinas de cálculo.

Posee un módulo de impresión con un cuadro de diálogo que posibilita buscar en la Pc e imprimir archivos de coordenadas geográficas, coordenadas planas y los datos de pantalla generados mediante la ejecución de cálculos individuales.

Cuenta con ayuda en línea.

Está diseñado de manera tal que el ingreso de datos es controlado de acuerdo a una determinada secuencia, habilitando y deshabilitando los controles correspondientes de manera tal de minimizar la posibilidad de errores en la carga.

Modalidades de cálculo

Cálculos Puntuales : Se trata de cálculos individuales ó punto a punto. Se ingresan por teclado las coordenadas geográficas ó planas en cualquier Sistema de Referencia y automáticamente se realiza el cálculo de las conversiones y transformaciones para las otras coordenadas. La latitud y la longitud pueden ser ingresadas indistintamente en Grados, Grados/ Minutos y Grados/ Minutos/ Segundos.

Cálculo de Archivos completos : Mediante un cuadro de diálogo se pueden abrir y procesar archivos de coordenadas geográficas (.geo) ó de coordenadas Gauss Krüger (.gk). Esta modalidad genera como resultado 3 archivos más que contienen los valores de coordenadas geográficas y de coordenadas planas calculadas. Estos archivos tienen un formato similar al de entrada, por lo tanto son factible de ser ingresados en cálculos posteriores. También cuenta con la ventaja de que las latitudes y longitudes del archivo de ingreso puedan estar expresadas indistintamente en Grados, Grados/ Minutos y Grados/ Minutos/ Segundos.

Operación

La operación es muy sencilla, controlada y cómoda porque el recorrido por las cajas de ingreso de datos se puede hacer con teclado ó mediante el mouse.

Es necesario indicar primero cual es el **Elipsoide de Ingreso** que se toma como referencia para el cálculo. A partir de este momento los **Sistemas de Referencia** toman el nombre y la posición correspondiente. El paso siguiente es ingresar el tipo de **Coordenadas** de ingreso (Geográficas ó Gauss-Krüger). Posteriormente se debe seleccionar el número de **Faja GK** para las proyecciones planas pudiendo ser la que corresponda de acuerdo a la región del punto (automática) ó elegir otra contigua del combo de opciones.

A partir de este momento, recién se habilitan los botones **Puntual** y **Archivos** respectivamente. Si se clickea en el primero se ejecuta un cálculo individual, sino procesa un archivo completo.

Modo Puntual.

Finalizada esta etapa común a ambas modalidades, se ingresan los datos en el **Sistema de Referencia 1**. Los casilleros que se habilitan se corresponden con el tipo de coordenadas de entrada seleccionado previamente. Se finaliza con el botón **Calcular >>** . (Figura 7)

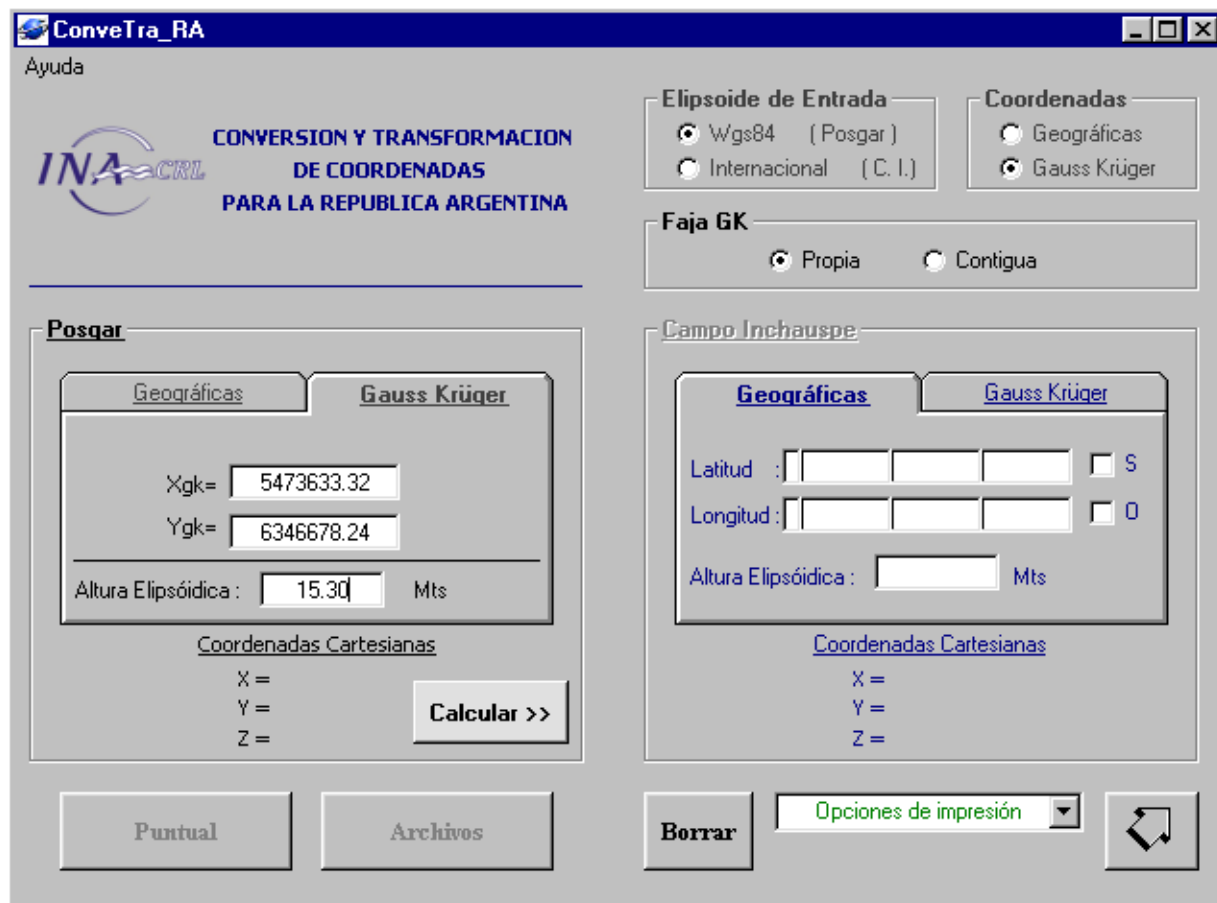


Figura 7 - Ingreso de coordenadas Gauss-Krüger en Wgs84.

Nota : Si se analizan las fórmulas de conversión y transformación se puede apreciar que el dato **Altura Elipsóidica** no interviene en el cálculo. El software lo solicita como ingreso porque en caso de conocerse le agrega certidumbre al cálculo de las coordenadas cartesianas. En caso de no conocerse se puede ingresar un valor aproximado como ser el valor **h** que muestran los GPS.

Clickeando en cada una de las pestañas, se pueden visualizar los distintos tipos de coordenadas en cada uno de los Sistemas de Referencia (Figura 8) y haciendo lo mismo en la opción **Datos de pantalla** del combo **Opciones de Impresión**, se pueden imprimir los mismos.

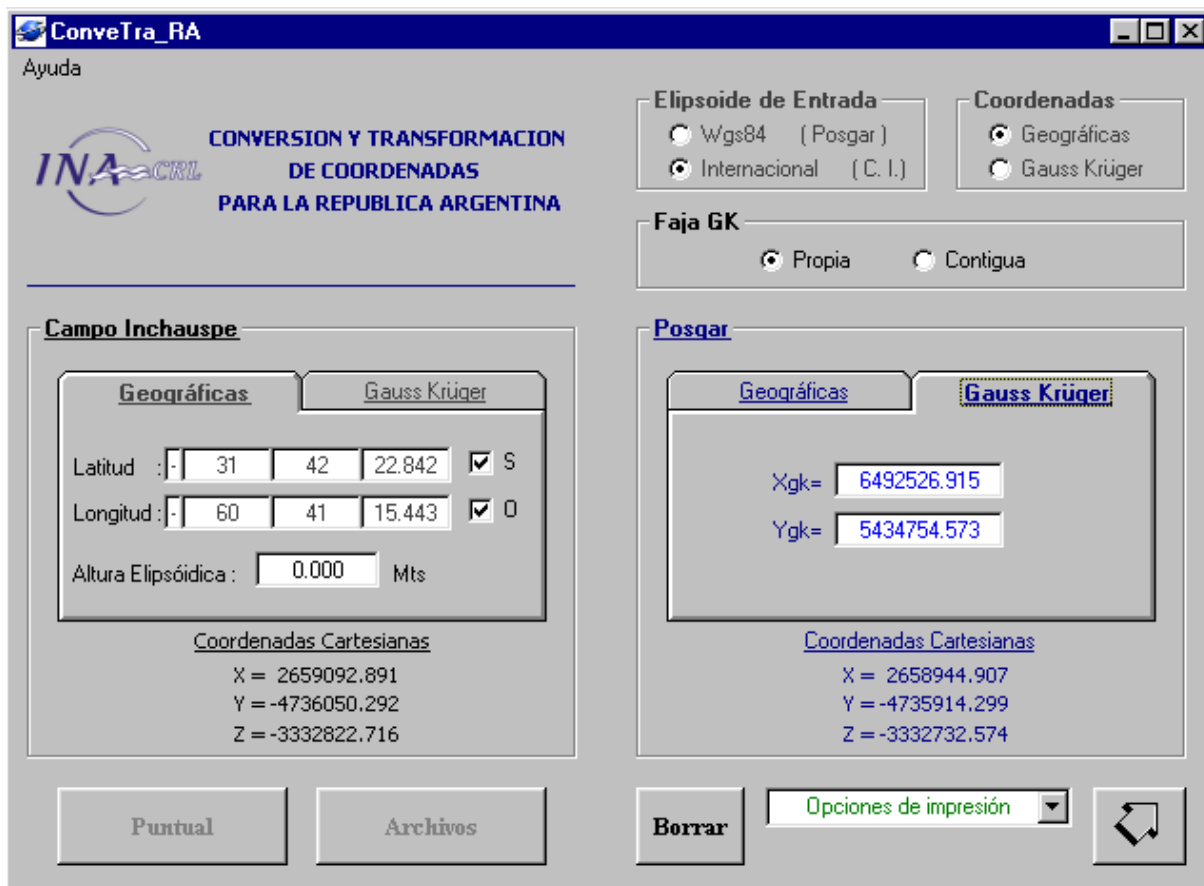


Figura 8 - Visualización de los distintos tipos de coordenadas.

Con el botón **Borrar** se limpian todos los casilleros y se inicializa todo el proceso quedando listo para otro cálculo.

Opción Archivos

Aparece un cuadro de diálogo (Figura 9) que permite abrir y procesar un archivo completo de coordenadas geográficas (.geo) ó de coordenadas Gauss-Krüger (.gk). Inmediatamente se presentan en pantalla otros tres cuadros de diálogo perfectamente identificados donde se debe dar nombre a los archivos de salida correspondientes. Se finaliza con el botón **Calcular >>**.

Finalizado el cálculo, en pantalla se muestra el resultado del último registro del archivo procesado.

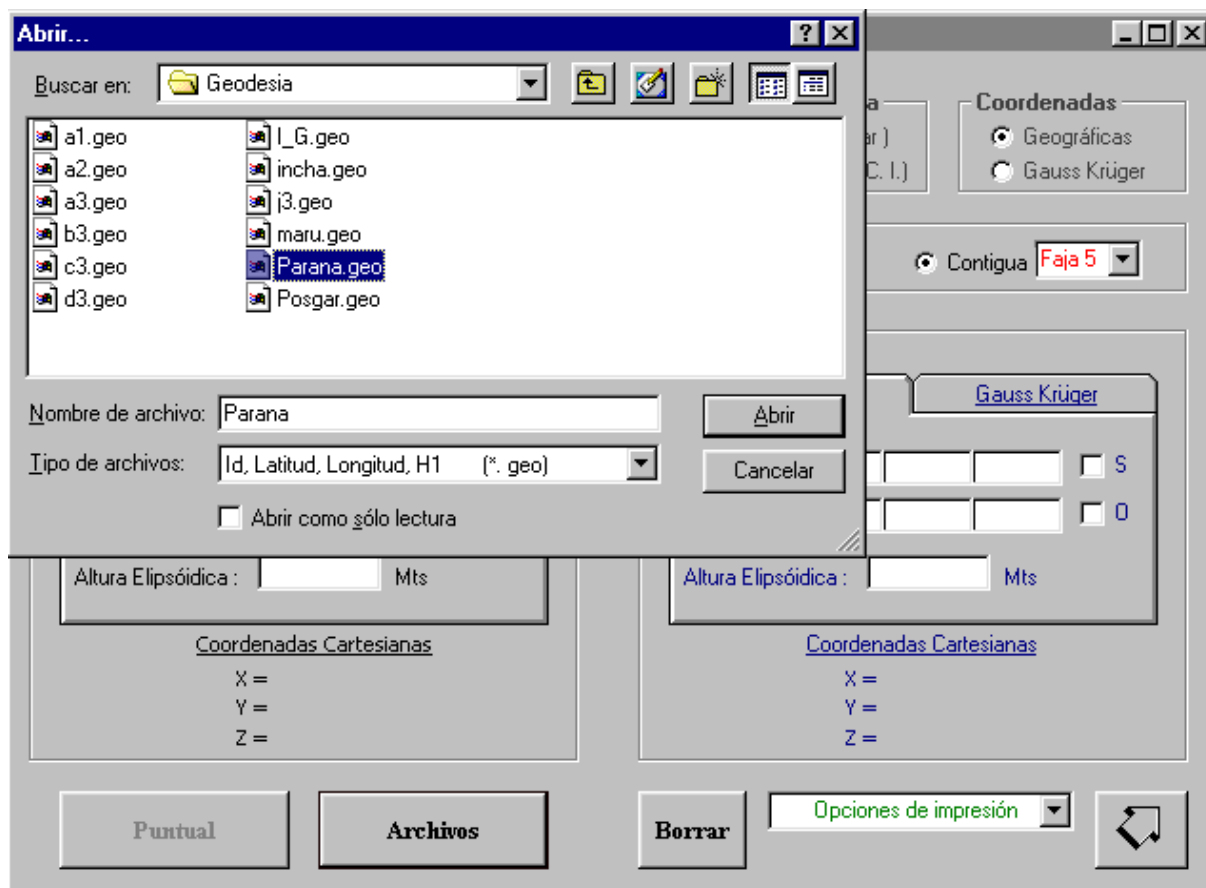


Figura 9 - Vista del cuadro de diálogo

Formato de los archivos

En el cálculo con **Archivos** completos, el formato de los mismos tiene la siguiente característica: se trata de archivos de texto donde los campos de cada registro están separados por coma. Tienen un primer encabezado correspondiente a la identificación (lugar, trabajo, proyecto, etc.) y un segundo que indica el **Sistema de Referencia** al que corresponden las coordenadas.

A los **Archivos de Coordenadas Geográficas** que son el resultado de un cálculo completo, el programa los identifica con la extensión (.geo) y a los **Archivos de Coordenadas Gauss-Krüger** con la extensión (.gk). Los archivos utilizados como Entrada pueden tener cualquier extensión, siempre que tengan el formato requerido.

Formato de archivos de coordenadas geográficas

ENCABEZADOS:

TITULO 1: (Alfanumérico de hasta 255 caracteres)

TITULO 2: (Sistema de Referencia): **POSGAR** ó **CAMPO INCHAUSPE**

REGISTROS DE DATOS:

Opción 1 : Id , Lat.(gg.ggg) ,Long.(gg.ggg) , H

Opción 2 : Id , Lat.(gg , mm.mmm) , Long.(gg , mm.mmm) , H

Opción 3 : Id , Lat.(gg , mm , ss.sss) , Long.(gg , mm , ss.sss) , H

Donde:

Id = Identificación del punto (alfanumérico.)
Lat./Long. = Latitud y Longitud respectivamente.
H = Altura geodésica.

Los valores de Latitud y Longitud pueden estar con/sin el signo (-) correspondiente al hemisferio Sur, porqué el programa los interpreta correctamente.

El separador de lista es la coma (,).

Ejemplo: **PUERTO DE SANTA FE**
POSGAR

Opción 1: **Cabecera Sur , -31.699 , -60.684 , 15.932**

Opción 2: **Cabecera Sur , -31 ,41.969 , -60,41.039 , 15.932**

Opción 3: **Cabecera Sur , -31 , 41 , 58.121 , -60 , 41 , 2.372 , 15.932**

Formato de archivos de coordenadas Gauss-Krüger.

ENCABEZADOS:

TITULO 1: (Alfanumérico de hasta 255 caracteres)

TITULO 2: (Sistema de Referencia): **POSGAR ó CAMPO INCHAUSPE**

REGISTROS DE DATOS:

Opción única: Id , Xgk , Ygk , H

Donde:

Id = Identificación del punto (alfanumérico).
Xgk = Coordenada X Gauss Krüger
Ygk = Coordenada Y Gauss Krüger
H = Altura geodésica.

El separador de lista es la coma (,).

Ejemplo: **PUERTO DE SANTA FE**
POSGAR

Cabecera Sur , 5364657.43 , 6238574.31 , 15.932

Módulo de impresión.

Consta de un combo combinado que permite seleccionar mediante un click, una de la tres **Opciones de Impresión** que presenta (Figura 10).

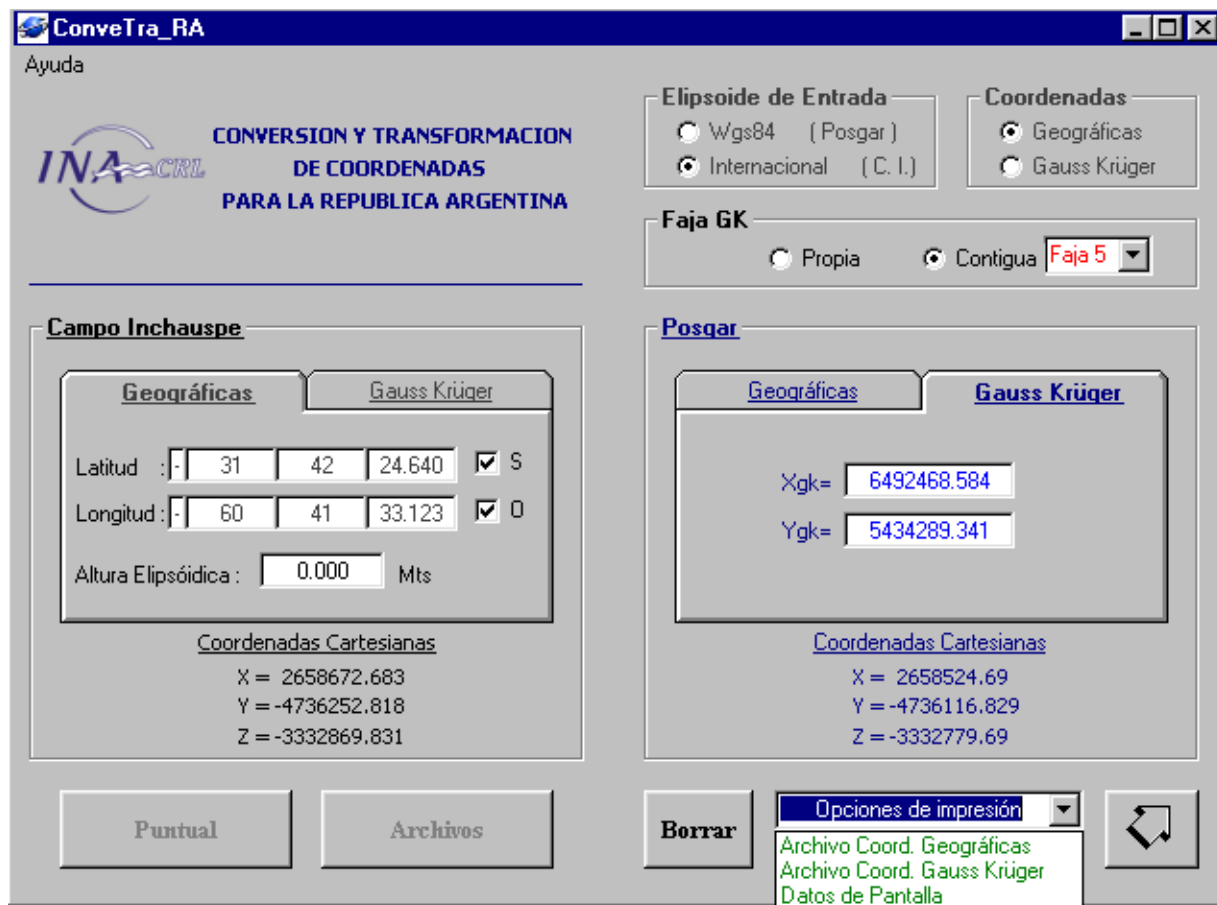


Figura 10 - Opciones de impresión desplegadas.

Las dos opciones primeras están disponibles en todo momento y la última sólo se presenta después de un cálculo puntual con la modalidad **Datos de Pantalla**.

Para imprimir **Archivos de Coordenadas**, se selecciona alguna de las dos primeras opciones. A continuación se abre un cuadro de diálogo que permite seleccionar una archivo con extensión (.geo) ó (.gk) según el tipo de coordenadas elegido. Aceptado éste, automáticamente es enviado a la impresora.

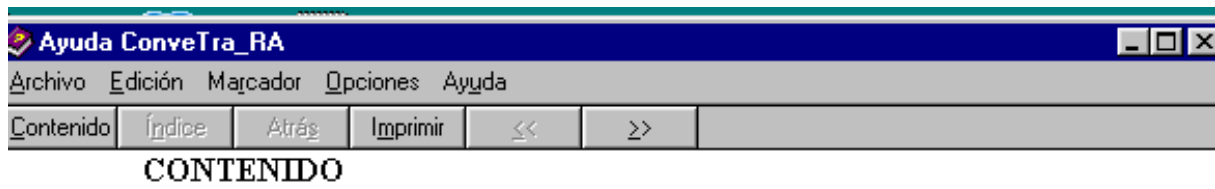
Este **Módulo de Impresión** funciona en forma correcta únicamente con archivos que tienen el formato que genera éste programa ó que acepta como entrada.

Para imprimir **Datos de Pantalla**, se clickea en ésta opción y a continuación se presenta una caja de texto para que se ingrese una identificación del punto calculado.

Ayuda en línea

Funciona con el WinHelp de Windows y se accede a ella mediante un menú ubicado en la parte superior izquierda del formulario.

En la Figura 11 se muestra el contenido de la ayuda:



- 1 – [Plataforma de uso y configuración regional.](#)
- 2 – [Alcances de la aplicación.](#)
- 3 – [Cálculo Puntual.](#)
- 4 – [Cálculo de Archivos completos.](#)
- 5 – [Formato de los Archivos.](#)
 - 5.1 – [Archivo de Coordenadas Geográficas.](#)
 - 5.2 – [Archivo de Coordenadas Gauss Krüger.](#)
- 6 – [Módulo de Impresión.](#)
- 7 – [Fórmulas utilizadas y parámetros de los elipsoides.](#)

Figura 11 - Contenido la ayuda en línea.

RESULTADOS Y CONCLUSIONES

Los resultados en pruebas de testeo con Personas de poca experiencia en el tema de cálculos geodésicos han sido muy positivos, dejando como conclusión que las principales bondades de este software radica en que:

- Es gratuito
- Permite cálculos individuales y de archivos completos.
- Presenta facilidad y comodidad de operación.
- Es muy seguro, con muy buen control en el ingreso de datos y de archivos.
- Archivos simples, con excelente transportabilidad hacia diferentes software.
- Tiene un diseño de pantalla muy claro y con una buena estética.
- Su ayuda en línea es bastante completa.

BIBLIOGRAFÍA

- Cimbaro S.-Lauría E.-Ramos R. “Curso de Geodesia Satelitaria – GPS”. IGM -Buenos Aires 2003.
Instituto Geográfico Militar. *Publicación Técnica Nro. 9* – IGM 1946.
Collins J.-Hofmann B.-Lichtenegger H.-Wellennhof. *Global Positioning System, Theory and Practice.*
Zakatov P.S. *Curso de Geodesia Superior* – Editorial MIR
Cevallos F. *Enciclopedia de Microsoft Visual Basic 6_{TM}* - Editorial Ra-Ma