
**CORRECCIÓN DE LA ORIENTACIÓN DE LOS MAPAS TOPOGRÁFICOS CUBANOS
EN UN SISTEMA DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA**

**CORRECTION ORIENTATION FOR CUBAN TOPOGRAPHIC MAPS IN
GEOGRAPHIC INFORMATION SYSTEM.**

Ing. Yalbert Vazquez Leiza (1)

Lic. Yaimí de la Caridad García Domínguez (2)

Lic. Liana Denis Oro (3)

1. Unidad Científico Técnica GEOCUBA Investigación y Consultoría.
yvazquez@uct.geocuba.cu
2. Unidad Científico Técnica GEOCUBA Investigación y Consultoría.
ygarcia@uct.geocuba.cu
3. Unidad Científico Técnica GEOCUBA Investigación y Consultoría.
lianad@uct.geocuba.cu

RESUMEN:

El uso de los Sistemas de Información Geográfica es crucial para solucionar problemáticas de la producción cartográfica. En este sentido, la correcta orientación del marco del mapa es una preocupación constante. Por tanto, se deben realizar las correcciones adecuadas para garantizar la calidad de las hojas de mapas. Este trabajo tiene como objetivo presentar un procedimiento que permita corregir la orientación de los trapecios de los mapas topográficos cubanos en un Sistema de Información Geográfica. Para validar este procedimiento, se emplearon el software QGIS y varios trapecios del Mapa Topográfico Digital a escala 1:250 000 de la República de Cuba.

Palabras Clave: Producción cartográfica, SIG, Mapa Topográfico Digital, Orientación, QGIS.

ABSTRACT:

The use of Geographic Information Systems is crucial for resolving issues in cartographic production. In this regard, the accurate orientation of the map frame is a constant concern.

Therefore, appropriate corrections must be made to ensure the quality of the map sheets. This work aims to present a procedure that allows correcting the orientation of trapezoids in Cuban topographic maps within a Geographic Information System. To validate this procedure, the QGIS software and several trapezoids from the Digital Topographic Map at a scale of 1:250,000 of the Republic of Cuba were employed

Keywords: Cartographic production, GIS, Digital Topographic Map, Orientation, QGIS.

Recibido: 11/09/2023

Aprobado: 13/11/2023

1. INTRODUCCIÓN

La creación de mapas topográficos utilizando Sistemas de Información Geográfica (SIG), está experimentando un crecimiento constante en instituciones cartográficas cada vez más informatizadas. En este contexto es fundamental desarrollar procedimientos que permitan a las entidades cubanas, dedicadas a la cartografía topográfica, generar documentos cartográficos de alta calidad. Aspectos como: la elección adecuada de la proyección, el tipo de red cartográfica, consideraciones de latitudes y longitudes extremas en el marco del mapa, la orientación precisa del territorio con respecto al marco del mapa, indicaciones para calcular y construir la red cartográfica de coordenadas, así como la importancia de la exactitud en los trabajos de control, son elementos esenciales que deben abordarse cuidadosamente para obtener hojas de mapas que puedan ser utilizadas de manera óptima en la práctica. Dentro de este contexto, el proceso de orientación del territorio con respecto al marco es una preocupación constante durante la creación de un mapa.

La dificultad de orientar adecuadamente el territorio con respecto al marco del mapa se evidencia claramente al obtener plantillas de impresión para las hojas de mapas topográficos cubanos de todas las escalas en QGIS. Al observar estas plantillas, se evidencia que la incorrecta orientación de los trapecios en los mapas topográficos ha resultado en una notable inclinación en muchas de las hojas de los mapas, siendo esta inclinación más evidente en las hojas extremas del sistema de coordenadas. Esta situación puede desaparecer mediante acciones dirigidas a calcular el ángulo de convergencia de los trapecios en cada escala.

Este trabajo tiene como objetivo ofrecer una solución al problema de la orientación de los trapecios en los mapas topográficos cubanos mediante la aplicación de un procedimiento en el software QGIS, asegurando de esta manera la calidad de los mapas obtenidos.

El trabajo se organizó de la siguiente manera: la Sección 2 aborda las características de las líneas de marco, las direcciones empleadas en la orientación de los marcos del mapa, el cálculo del ángulo de convergencia y la corrección por convergencia de los trapecios del Mapa Topográfico Digital a escala 1: 250 000 en QGIS; la Sección 3 analiza los resultados de la investigación y finalmente, se presentan las conclusiones del trabajo.

2. METODOLOGÍA

2.1. Características de las líneas de marco

El problema de la orientación de los trapecios en un mapa topográfico surge en relación con las características de las líneas de marco utilizadas en dichos mapas. Estas líneas de marco pueden ser de cuadrículas, del marco del caneavá o arbitrarias. En el caso de los mapas topográficos cubanos, la orientación se relaciona con el marco del caneavá. Según la publicación “Cartografía básica para estudiantes y técnicos de 1984”, el caneavá es una red de líneas que se muestran en el cuerpo del mapa y a veces por subdivisiones de las líneas del marco o límite del mapa. Una familia de estas líneas representa los paralelos de latitud; la otra familia representa los meridianos de longitud. El caneavá tiene su base en una proyección cartográfica particular, y de acuerdo con la proyección elegida:

- Las líneas pueden ser recta o curvas
- Las líneas pueden ser paralelas o convergentes
- La separación entre líneas puede ser constante o variar de lugar a lugar.
- El ángulo formado por la intersección de un paralelo y un meridiano puede ser de cualquier magnitud.

En la creación de los mapas topográficos cubanos, se utiliza la Proyección Cónica Conforme de Lambert, donde los paralelos son arcos de círculo y los meridianos son líneas rectas que convergen en el polo. Esta proyección hace uso de dos conos llamados Cuba Norte y Cuba Sur para representar el territorio nacional.

Tabla 1. Parámetros de la proyección cartográfica empleada en Cuba (Álvarez, 2016)

PARAMETROS	SISTEMA DE COORDENADAS PLANAS	
	CUBA NORTE	CUBA SUR
Latitud del paralelo central, φ_0	22° 21' N	20° 43' N
Longitud del meridiano central, λ_0	81° 00' W	76° 50' W
Coordenadas arbitrarias del origen:		
X_0 , en metros -----	280 296,016	229 126,939
Y_0 , en metros -----	500 000	500 000
Factor de escala en el origen, K_0	0,99993602	0,99994848
Paralelos normales:		
φ_1 -----	21° 42' N	20° 08' N
φ_2 -----	23° 00' N	21° 18' N

2.2. Direcciones empleadas en la orientación de los marcos del mapa

Otro factor a considerar es el tipo de dirección hacia el norte, que puede ser norte magnético, norte de cuadrícula o norte geográfico. Estas tres direcciones de nortes formarán entre sí unos ángulos que variarán de unas zonas a otras. La dirección del Norte Geográfico y la del Norte Magnético, cuando no coinciden, forman un ángulo llamado declinación magnética. El ángulo que forman la dirección del Norte Geográfico y el Norte de la Cuadrícula recibe el nombre de convergencia de la cuadrícula (Heras & Pérez, 2002). (Ver fig.1)

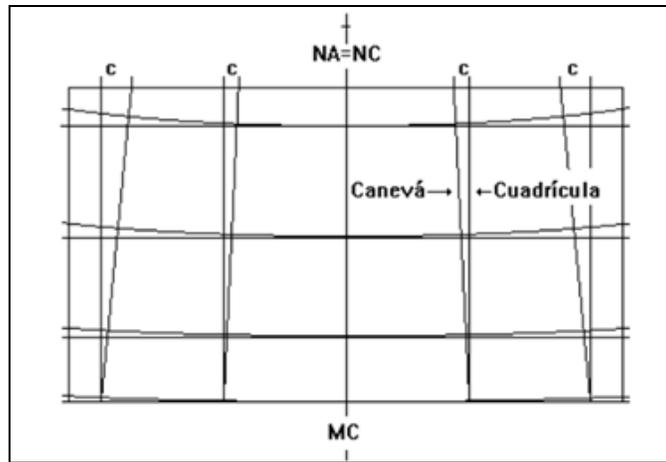


Figura 1. Ángulo de convergencia (Hansen, 2008)

Para tales efectos, se pueden hacer ciertas correcciones a las que direcciones cuadriculares (Hansen, 2008):

- La corrección por convergencia, en el caso de transformación de la dirección cuadrícula a la dirección astronómica, real o verdadera.
- La corrección por declinación en el caso de la transformación a dirección magnética, aplicada a la dirección verdadera.

En el mapa topográfico la red de cuadrículas del Sistema Plano Rectangular de Coordenadas no coincide en dirección con el trazado de los meridianos. Y que entre las líneas de la red kilométrica (Norte de coordenadas) y los meridianos (Norte verdadero) existe un pequeño ángulo, al que se denomina Convergencia de Meridianos. Este ángulo se origina porque los meridianos en la proyección cónica convergen en el Polo, en tanto las líneas verticales de la red de coordenadas planas rectangulares del mapa son paralelas entre sí y están orientadas al Norte de cuadrículas (Portal, 2016).

2.3. Cálculo del ángulo de convergencia

Entre ambos sistemas de coordenadas, el geográfico y el rectangular, existe una relación angular que depende de la posición geográfica, tal que para un punto dado existe un ángulo llamado ángulo de convergencia entre el meridiano que pasa por el punto y la correspondiente línea de cuadrícula vertical (Hansen, 2008).

El valor del ángulo de convergencia para un punto dado se calcula con la siguiente ecuación:

$$C = \Delta\lambda \operatorname{sen}\varphi \quad (1)$$

Donde $\Delta\lambda$ representa la diferencia en longitud geográfica entre el punto considerado y su meridiano central correspondiente, y C es la latitud del punto.

Existe un meridiano eje del territorio cartografiado en el que el valor de la convergencia es igual a cero. Cuanto más se alejen las líneas del meridiano eje de la zona, tanto mayor será el ángulo de convergencia. Si el extremo Norte de la línea de la red de coordenadas se desvía hacia el Este, partiendo del meridiano dado, a la convergencia se le da el calificativo de Convergencia Este, tomando el signo positivo (+); cuando se desvía en la dirección opuesta se le llama Convergencia Oeste y toma el signo menos (-) (Álvarez, 2016)

2.4. Corrección por convergencia de los trapecios del Mapa Topográfico Digital a escala 1: 250 000 en QGIS.

El experimento se llevó a cabo utilizando los trapecios del Mapa Topográfico Digital a escala 1:250 000 de la República de Cuba. Para realizar la corrección, se empleó el valor del meridiano central de cada trapecio, utilizando los trapecios correspondientes al cono Cuba Norte. Cada trapecio se definió como un atlas en la composición de impresión de QGIS. (Ver fig.2)

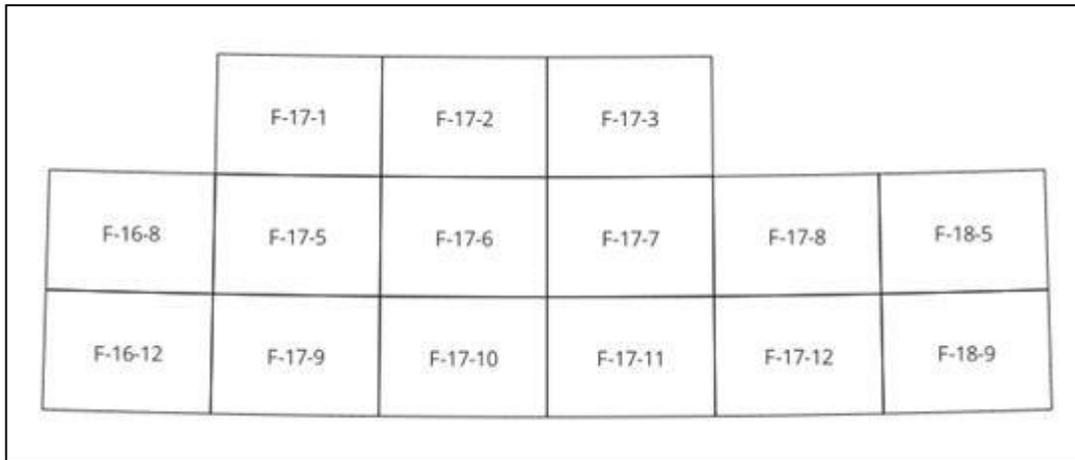


Figura 2. Trapecios del MTD a escala 1: 250 000 en el cono Cuba Norte

A partir de la ecuación 1 se construyó una expresión en QGIS para realizar la corrección por convergencia donde se empleó la expresión $x(\text{transform}(\text{centroid}(@\text{geometry}), \text{'EPSG:3795'}, \text{'EPSG:4267'}))$ para obtener el valor del meridiano central de cada trapecio.

La expresión final está formulada de la siguiente manera:
 $-1*(81-x(\text{transform}(\text{centroid}(@\text{geometry}), \text{'EPSG:3795'}, \text{'EPSG:4267'})))*\sin(\text{radians}(22.35))$.

A continuación, en el panel del mapa, la expresión debe ser agregada como una suplantación definida por los datos en la casilla de Rotación del mapa. (Ver fig.3)

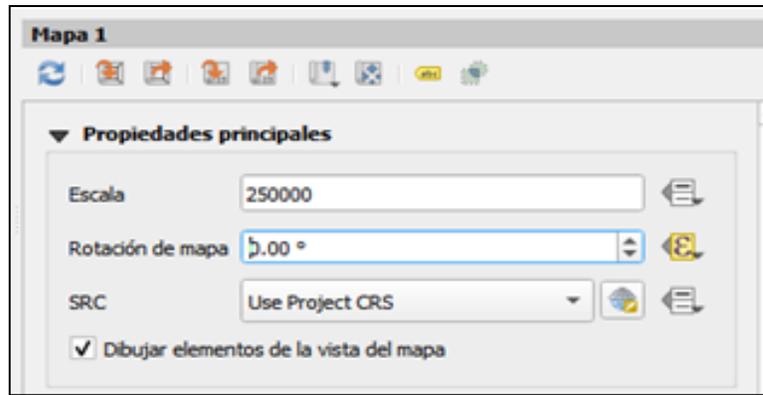


Figura 2. Configuración de la rotación en la composición de impresión de QGIS

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la siguiente tabla se presentan los valores obtenidos a partir de la expresión para calcular el ángulo de convergencia.

Tabla 2 a) Valores obtenidos a partir del cálculo del ángulo de convergencia en los trapecios del MTD a escala 1: 250 000 empleados

Nombre de la hoja	λ	C
Santa Fé	-83.25	0.855593
Península de Guanahacabibes	-84.75	1.425988
Pinar del Río	-83.25	0.855593
Isla de la Juventud	-83.25	0.855593
La Habana	-81.75	0.285198
Península de Zapata	-81.75	0.285198
Bahía de Santa Clara	-80.25	-0.2852
Morón	-78.75	-0.85559
Guane	-84.75	1.425988
Cayo Largo	-81.75	0.285198
Trinidad	-80.25	-0.2852
Ciego de Ávila	-78.75	-0.85559
Cayo Cruz	-77.25	-1.42599
Camagüey	-77.25	-1.42599

Después de realizar el procesamiento, el sistema corrige automáticamente la inclinación de cada uno de los trapecios. En la figura 4 se muestra un ejemplo de un trapecio sin corregir y otro corregido.

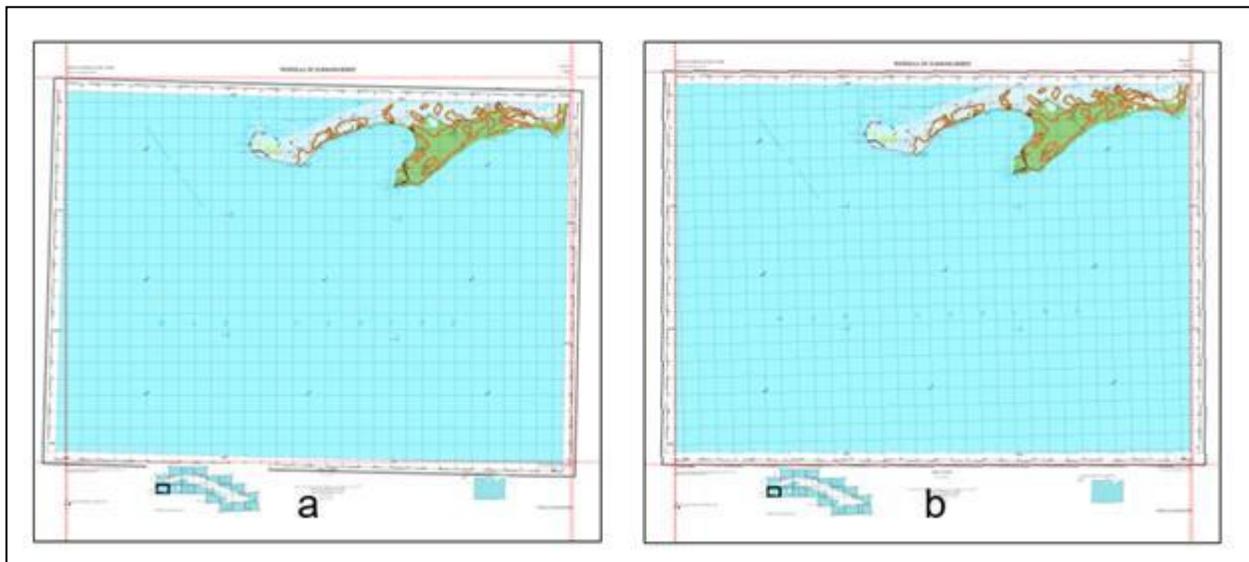


Figura 4. a) Trapecio con la corrección realizada b) Trapecio sin corregir

Considerando que todos los mapas topográficos cubanos se elaboran utilizando la Proyección Cónica Conforme de Lambert y en los conos Cuba Norte o Cuba Sur, y que los parámetros de estos, empleados en el cálculo de la convergencia son iguales para todas las escalas, se puede afirmar que el procedimiento propuesto es válido y aplicable a cualquier mapa topográfico nacional.

4. CONCLUSIONES

En este trabajo, se ha presentado un procedimiento para corregir la orientación de los trapecios de los mapas topográficos cubanos mediante el uso de un Sistema de Información Geográfica. Se emplearon para la validación del procedimiento los trapecios del Mapa Topográfico Digital a escala 1:250 000 correspondientes al sistema de coordenadas Cuba Norte. Los resultados obtenidos mediante el experimento revelaron un nivel de precisión que se alinea con los estándares de calidad preestablecidos, confirmando la eficacia del procedimiento diseñado y demostrando que el mismo es válido para todos los mapas topográficos nacionales.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Álvarez, R. (2016). Aspectos básicos sobre la Cartografía y los mapas.

Hansen, F. A. (2008). Apuntes de Cartografía.

Heras, A., & Pérez, A. C. (2002). Curso de Cartografía Digital y Sistemas de Información Geográfica. Madrid, España.