

## DETERMINACIÓN DEL CENTRO GEOGRÁFICO DE LA PROVINCIA DE HERRERA, REPÚBLICA DE PANAMÁ.

### Resumen

Este estudio pretende mostrar el cálculo y resultados del centro geográfico de superficies pequeñas, utilizando la metodología de datos estadísticos espaciales; presentado por el Dr. Javier Colomo Ugarte. Todo el proceso de cálculo está en concordancia con las normativas geodésicas sobre el Sistema de Referencia y a la proyección cartográfica que se utiliza en el país.

El documento es un sumario de los procesos técnicos requeridos donde se asegura las vinculaciones de términos entre sí; sino que también, presenta y permite conocer el desarrollo analítico de la zona en estudio.

En Panamá, sobre este tema, son pocos o casi nulos, los puntos de vistas sobre los avances y tendencias mundiales, que se han reconocidos en los países más desarrollados. Deseamos a través de este estudio, satisfacer las necesidades del conocimiento universal.

En la actualidad, la República de Panamá se encuentra dividida, política-administrativamente, en 10 (diez) provincias. Para el estudio del centro geográfico de superficies pequeñas, escogimos la provincia de Herrera, por ser la de menor extensión geográfica.

Adicionalmente, debo señalar, a manera de verificación o comprobación de los cálculos manuales; se utilizó la herramienta mean center del programa ArcGIS (ESRI) para la determinación del centro geográfico de forma automatizada, obteniendo resultados muy similares y satisfactorios.

Palabras Clave: estudio, cálculo, metodología, provincia de Herrera, superficie, centro geográfico.

### Generalidades Geográficas

La provincia de Herrera se ubica al norte de la península de Azuero y forma parte de las llamadas provincias centrales. Esta provincia limita:

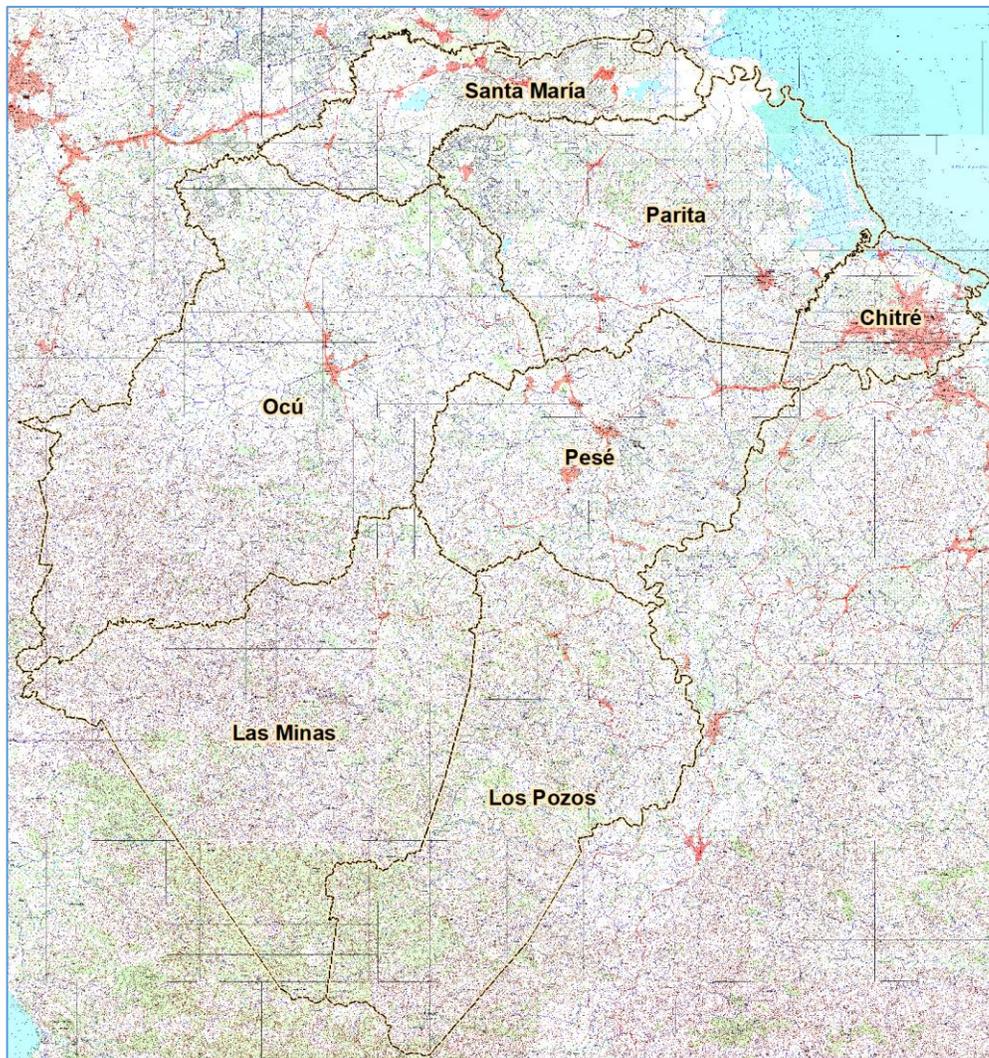
- **Al Norte:** con la provincia de Coclé (delimitados por el Río Santa María) y la provincia de Veraguas (delimitados por los ríos Yare, Conaca y Cañazas).
- **Al Sur:** con la provincia de Los Santos (delimitados por una parte del río La Villa; y de allí, por una recta en dirección Sur Oeste que llega hasta un punto en loma de Quito; posteriormente, se mantiene la misma dirección hasta llegar a Cerro Los Ñopos); con la provincia de Veraguas (por parte del divisor de aguas provincial que



separa dos cuencas hidrográficas, hasta la cima del Cerro Cacarañado; se sigue en dirección Noroeste hasta llegar a un punto en los alrededores de la Reserva Forestal Montuoso).

- **Al Este:** con la Bahía de Parita (Golfo de Parita) y la provincia de Los Santos (delimitados por el río La Villa).
- **Al Oeste:** con la provincia de Veraguas (delimitados con los distritos de Atalaya, Santiago y Mariato).

La provincia de Herrera tiene una extensión superficial de 2 362,913 952 km<sup>2</sup>; la cual está conformada por 7 distritos y 49 corregimientos, hasta el año 2018. Ver figura siguiente.



**Figura N° 1. Imagen de los Siete Distritos de la Provincia de Herrera.**

Fuente: Feature Class de distritos de la división Política-Administrativa\_2018\_IGNTG

Mapas base a escala 1:25 000 de la Nueva Cartografía Nacional 2012\_IGNTG



## Desarrollo del Tema

El centro geográfico de una superficie se determina a través del cálculo del concepto **centro medio**.

Por definición el centro medio está dado por el enunciado siguiente:

$$\bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n}, \quad \bar{Y} = \frac{\sum_{i=1}^n y_i}{n}$$

Ecuaciones extraídas de la página web de ESRI

Donde,

$\sum_{i=1}^n x_i$  = Sumatoria de las componentes en X de las coordenadas de todos los puntos, que va desde 1 hasta n.

$\sum_{i=1}^n y_i$  = Sumatoria de las componentes en Y de las coordenadas de todos los puntos, que va desde 1 hasta n.

$n$  = número total de puntos.

Para nuestros propósitos utilizaremos la ecuación del centro medio ponderado, la cual se representa de la manera siguiente:

$$\bar{X}_w = \frac{\sum_{i=1}^n w_i x_i}{\sum_{i=1}^n w_i}, \quad \bar{Y}_w = \frac{\sum_{i=1}^n w_i y_i}{\sum_{i=1}^n w_i}$$

Ecuaciones extraídas de la página web de ESRI

Donde,

$\sum_{i=1}^n w_i x_i$  = Sumatoria de las componentes en X de las coordenadas de todos los puntos por sus respectivas ponderaciones o pesos, que va desde 1 hasta n.

$\sum_{i=1}^n w_i y_i$  = Sumatoria de las componentes en Y de las coordenadas de todos los puntos por sus respectivas ponderaciones o pesos, que va desde 1 hasta n.

$\sum_{i=1}^n w_i$  = Sumatoria de los pesos o ponderaciones de todos los puntos, que va desde 1 hasta n.

Para poder iniciar el cálculo del centro geográfico de la superficie de la provincia de Herrera, tenemos que plantear los postulados siguientes:

- El origen del sistema será definido en función de la cobertura geográfica de la provincia de Herrera. Esto se logra encontrando el valor geográfico más alejado en



el extremo occidental (eje Y) de la provincia y el valor geográfico más alejado en el extremo Sur (eje X).

- Definir el tamaño exacto de la retícula (geográfica) mediante la cobertura geográfica de la provincia de Herrera. A partir de la retícula, se crea el sistema de cuadrículas y nodos (esquinas geográficas).
- Toda la información debe pasar de una superficie esférica a una superficie plana, mediante las proyecciones cartográfica; en el caso de la República de Panamá, sería la proyección transversal de Mercator.
- El sistema de coordenadas UTM (Norte, Este); pasará a ser representado por un sistema en función de los ejes X y Y. Donde los valores Norte, serán representados por los valores Y y los valores Este, serán representados por los valores X.
- Para hallar el centro medio de la superficie de la provincia de Herrera tenemos que construir la matriz a partir del perímetro de la superficie en función de los dos ejes X, Y. La matriz es conformada por un número indeterminado de puntos. Los puntos pueden delimitarse a través de cuadrículas iguales o desiguales formando una matriz de filas por columnas.
- Las cuadrículas se ponderan con valores de 0,5 y 1. El valor de 1, se les asigna a aquellas cuadrículas que cubre por entero un tramo de la superficie y 0,5, aquellas que cubren un tramo parcial. Por tanto, las cuadrículas que cubre el perímetro de la superficie de la provincia de Herrera tendrán un valor de 0,5 y las que estén por dentro del perímetro de la superficie un valor de 1.

## Pasos a Seguir

Como herramienta de apoyo para el cálculo utilizaremos la plataforma ArcGis; y como insumo básico, el Feature Class de provincia de la división Política-Administrativa\_2018 (IGNTG).

1. Definición de la cobertura exacta del área geográfica de la provincia de Herrera:

XY Extent			
Max Y:	<input type="text" value="8.14641255010467"/>	Degree	
Min X:	<input type="text" value="-80.9635199819954"/>	Max X:	<input type="text" value="-80.3870000144081"/>
Min Y:	<input type="text" value="7.53933678250401"/>		

**Figura N° 2. Cobertura Geográfica de la Provincia de Herrera.**

Fuente: Feature Class de provincia de la división Política-Administrativa\_2018\_IGNTG



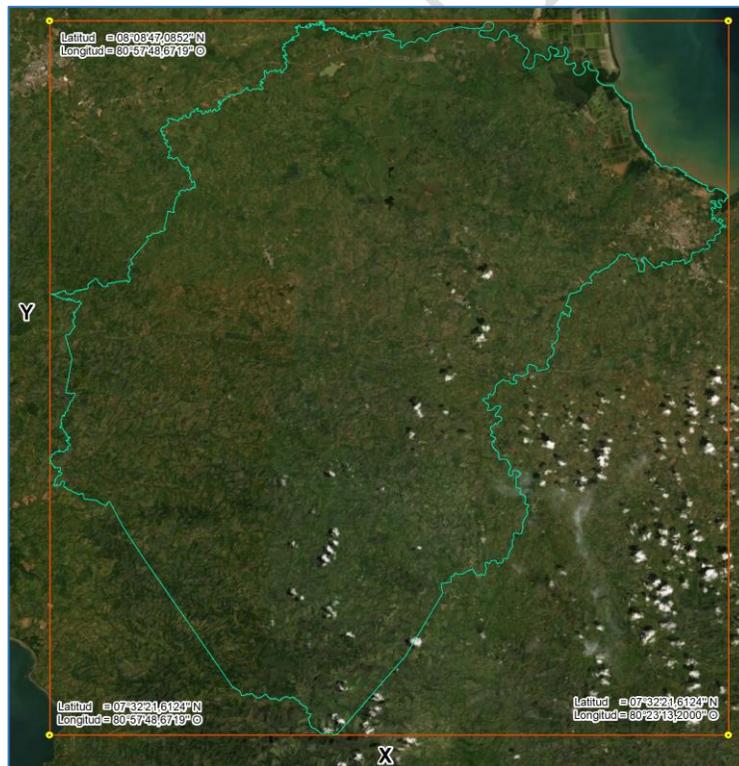
- ✓ El Tamaño exacto de la retícula de la provincia de Herrera queda definida así:
  - Coordenadas geográficas en grados decimales del punto de origen del sistema y de sus extremos en los ejes X y Y , estas son:

Coordenada geográfica del Origen del Sistema  
Latitud = 7.53933678250401° N = 7° 32' 21,6124'' N  
Longitud = 80.9635199819954° O = 80° 57' 48,6719'' O

Coordenadas geográficas del extremo Norte del eje Y  
Latitud = 8.14641255010467° N = 8° 08' 47,0852'' N  
Longitud = 80.9635199819954° O = 80° 57' 48,6719'' O

Coordenadas geográficas del extremo Este del eje X  
Latitud = 7.53933678250401° N = 7° 32' 21,6124'' N  
Longitud = 80.3870000144081° O = 80° 23' 13,2000'' O

Para crear la retícula (sistema de coordenadas geográficas), emplearemos la herramienta llamada **XTools Pro** (programa ArcGIS). Ver figura N°3, donde aparece la retícula que cubre el espacio geográfico de la provincia de Herrera.



**Figura N° 3. Retícula de la Provincia de Herrera.**

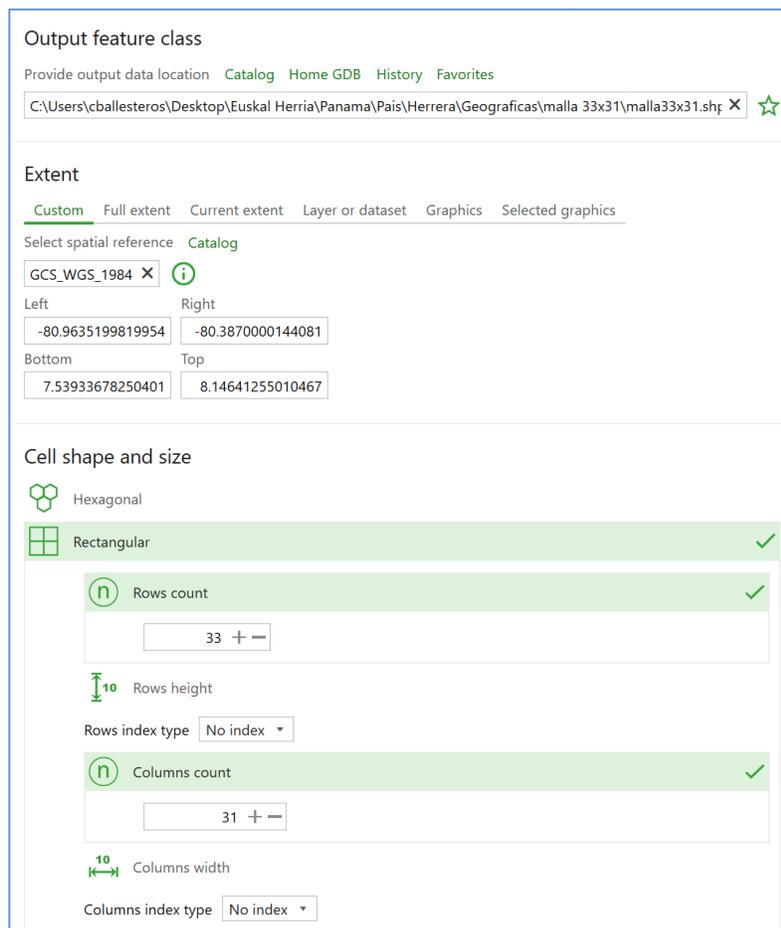
Fuente: Feature Class de provincia de la división Política-Administrativa\_2018\_IGNTG.  
Mapa base de ArcGIS.



2. Conociendo el tamaño de la retícula, procedemos a crear las cuadrículas con la misma herramienta. Las cuadrículas (sistema de coordenadas geográficas) se puede generar de dos formas:

- ✓ Conociendo las amplitudes de las cuadrículas en latitud y longitud (divisiones deseadas). Para nuestro estudio la amplitud en latitud será de  $0,018396235^\circ$  ( $\pm 2 \text{ km}$ ) y la amplitud en longitud será de  $0,018597418^\circ$  ( $\pm 2 \text{ km}$ ).
- ✓ Conociendo las cantidad de filas por columnas (33 x 31).

Antes de aplicar el proceso de generación automatizada de las cuadrículas se tiene que definir la escala del mapa; para los efectos de nuestro estudio será 1:250 000. En términos generales, a partir de la escala se decide cómo se va a dividir los espacios geográficos dentro de la retícula. Ver figura N° 4.



**Figura N° 4. Generación de las cuadrículas.**

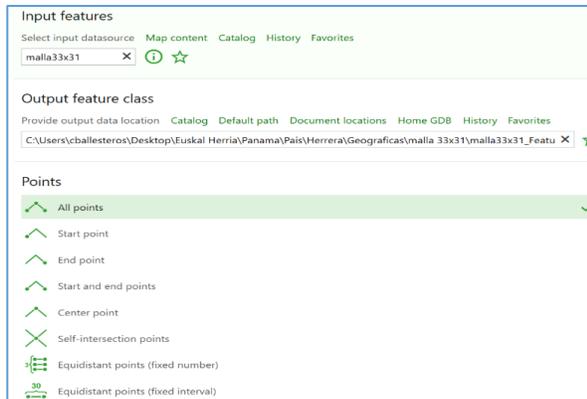
Fuente: Xtools Pro - ArcGIS



El total de cuadrículas que caben en el espacio geográfico de la retícula para la provincia de Herrera es de 1 023 cuadritos.

En los cálculos posteriores, se necesita conocer las coordenadas de las esquinas geográficas o nodos de las cuadrículas (NO \_ NE \_ SE \_ SO). La cantidad total de puntos (nodos) que se generan en el sistema son de 4 092.

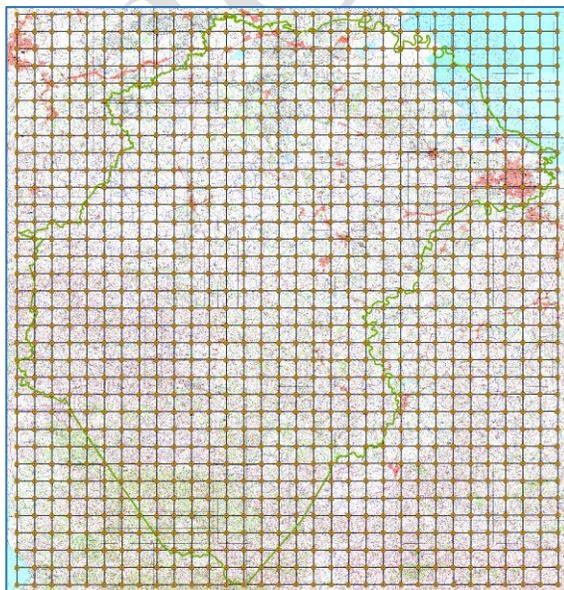
A partir del archivo de cuadrículas (malla33x31.shp), usaremos otra herramienta del programa, ésta puede ser por el icono ArcToolbox o XTools Pro para buscar Features To points, la cual se encargará de generar los nodos o esquinas geográficas. Ver figura N°5.



**Figura N° 5. Generación Automatizada de las Esquinas Geográficas o Nodos.**

Fuente: Xtools Pro - ArcGIS

Posterior a este paso, todos los archivos (superficie de Herrera, retícula, cuadrículas y esquinas geográficas) deben ser re proyectados del sistema sexagesimal al métrico (UTM) para visualizar la información en un plano.



**Figura N° 6. Re proyección de Toda la Información Geográfica**

Fuente: Feature Class de provincia de la división Política-Administrativa\_2018\_IGNTG.

Mapas a escala 1:25 000 de la Nueva Cartografía Nacional -IGNTG.



3. Luego procedimos a ponderar las cuadrículas tomando en cuenta la cobertura superficial de las mismas, con referencia al espacio geográfico de la provincia de Herrera. Las ponderaciones de las cuadrículas se pueden hacer, ya sea a través de los medios impresos o digitales; para ello, solo hay que mantener la escala del mapa (1:250 000). Las cuadrículas que estén dentro de la superficie del polígono de Herrera, se les asignará el valor de 1 y aquellas que estén en el perímetro del polígono se les asignará el valor de 0,5. Ver figura N° 7.

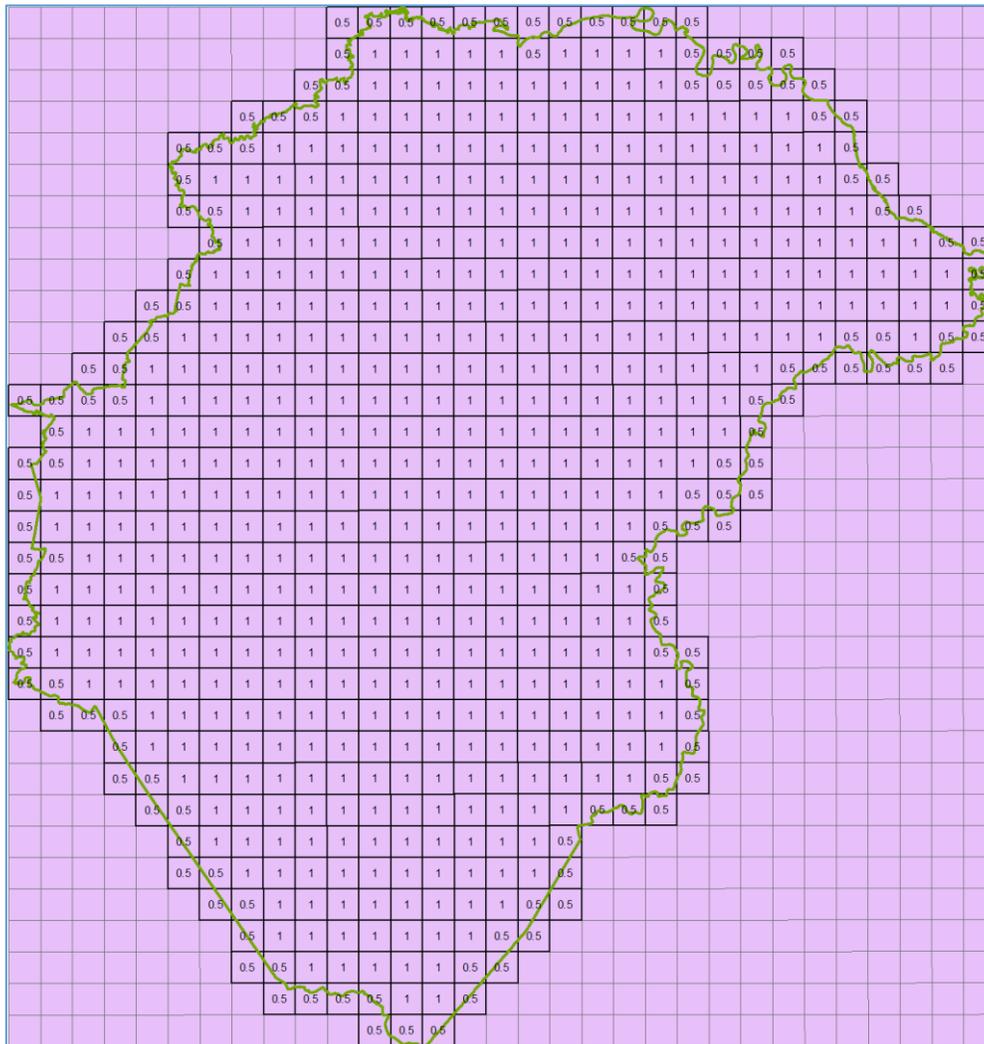


Figura N° 7. Ponderación de la Matriz.

De las 1 023 cuadrículas que componen el sistema reticulado, 636 son las que cubren la superficie de la provincia de Herrera; de las cuales 500 tienen el valor de 1 por cubrir el tramo entero y 136 el valor de 0,5 por cubrir el tramo parcial.



4. Seguidamente, calculamos la distancia total del eje Y con respecto al origen del sistema, la cual es de 67,112680 km y del eje X en la fila inferior (1) 63,602579 km y en la fila superior (33) de 63,510424 km.

Las diferencias, en las distancias, se deben a la reducciones que se crea en la retícula al ser re proyectada a la zona UTM; para el caso de la provincia de Herrera, es la zona 17 Norte, por lo tanto, en la medida que nos alejemos del eje X y nos acerquemos al extremo superior, las filas que conforman el reticulado van variando sus distancias. La variación longitudinal total, entre las filas 1 a la 33, es de 92,155 m = 0,092155 km. En el caso del eje Y, avanzamos de izquierda hacia la derecha (desde la columna 1 hasta la columna 31) hasta acercarnos al extremo, donde los cambios son algo pequeños, apenas 3,781 m; para los efectos de estos cálculos se deprecia y se asumen todos las columnas con el mismo valor.

Veamos entonces cómo queda cada una de las filas con respecto a sus longitudes. Ver tabla N°1.

N° Fila	Km . Fila	km . Celda
	Distancia Total	Distancia Parcial
33	63.51042418	2.048723361
32	63.51330403	2.048816259
31	63.51618387	2.048909157
30	63.51906372	2.049002056
29	63.52194357	2.049094954
28	63.52482342	2.049187852
27	63.52770326	2.04928075
26	63.53058311	2.049373649
25	63.53346296	2.049466547
24	63.53634280	2.049559445
23	63.53922265	2.049652344
22	63.54210250	2.049745242
21	63.54498235	2.04983814
20	63.54786219	2.049931038
19	63.55074204	2.050023937
18	63.55362189	2.050116835
17	63.55650174	2.050209733
16	63.55938158	2.050302632
15	63.56226143	2.05039553
14	63.56514128	2.050488428
13	63.56802112	2.050581327
12	63.57090097	2.050674225
11	63.57378082	2.050767123
10	63.57666067	2.050860021
9	63.57954051	2.05095292
8	63.58242036	2.051045818
7	63.58530021	2.051138716
6	63.58818005	2.051231615
5	63.59105990	2.051324513
4	63.59393975	2.051417411
3	63.59681960	2.05151031
2	63.59969944	2.051603208
1	63.60257929	2.051696106

**Tabla N°1. Longitudes Totales de las Filas en el Cuadrículado.**

Fuente: Tabla modifica con relación a la plantilla modelo Dr. Javier Colomo Ugarte.



Para realizar el cálculo de la constante de **km . Fila** se aplica la ecuación siguiente:

$$km . fila = \frac{\text{longitud de fila 1} - \text{longitud de fila 33}}{\text{Número total de filas} - 1}$$

Para realizar el cálculo de la constante de **km . Celda** se aplica la ecuación siguiente:

$$km . celda = \frac{\text{valor de la fila (km . fila)}}{\text{Número total de columnas}}$$

5. Presentamos la matriz que resuelve el cálculo del Centro Medio Ponderado o Centro Geográfico de la provincia de Herrera. Ver figura N° 8.

✓ Ecuación del centro medio ponderado

$$\bar{X}_w = \frac{\sum_{i=1}^n w_i x_i}{\sum_{i=1}^n w_i}, \quad \bar{Y}_w = \frac{\sum_{i=1}^n w_i y_i}{\sum_{i=1}^n w_i}$$

Ecuaciones extraídas de la página web de ESRI

Donde,

$\sum_{i=1}^n w_i x_i$  = Sumatoria de las componentes en X de las coordenadas de todos los puntos por sus respectivas ponderaciones o pesos, que va desde 1 hasta n.

$\sum_{i=1}^n w_i y_i$  = Sumatoria de las componentes en Y de las coordenadas de todos los puntos por sus respectivas ponderaciones o pesos, que va desde 1 hasta n.

$\sum_{i=1}^n w_i$  = Sumatoria de los pesos o ponderaciones de todos los puntos, que va desde 1 hasta n.





El Centro Geográfico de la superficie de la provincia de Herrera se halla en la intersección de la celda:

- Valor central en el eje Y (fila)

$$(1) \quad Y_w = \frac{\sum_{i=1}^n w_i y_i}{\sum_{i=1}^n w_i}$$

$$(2) \quad Y_w = \frac{\sum_{i=1}^n w_i y_i}{\sum_{i=1}^n w_i} = \frac{10342}{567} = 18,2398589 = \underline{18,2398}$$

$$(3) \quad \text{Fila} = 19$$

- Valor central en el eje X (Columna)

$$(1) \quad X_w = \frac{\sum_{i=1}^n w_i x_i}{\sum_{i=1}^n w_i}$$

$$(2) \quad X_w = \frac{\sum_{i=1}^n w_i x_i}{\sum_{i=1}^n w_i} = \frac{7863,75}{567,5} = 13,8568282 = \underline{13,8568}$$

$$(3) \quad \text{Columna} = 14$$

Como ya se conoce la celda intersectada (F-19, C-14) donde cae el centro geográfico; las coordenadas del mismo se puede calcular en función de:

- ✓ Los Ejes X, Y

Para saber la distancia horizontal que hay en la fila 19 desde el **eje Y** hasta el punto (centro medio) utilizamos el valor de **km . celda<sub>19</sub>** (ver tabla N°1) multiplicado por el valor central en el eje X (columna<sub>14</sub>).

$$2.050023937 \text{ km} \times 13,8568282 = 28,4068295 \text{ km} = \underline{28,4068 \text{ km}}$$

Para saber la distancia vertical que hay en la columna 14, desde el **eje X** hasta el punto (centro medio), utilizamos el valor de la distancia total del eje Y dividido entre el número total de filas para después multiplicar ese valor por el valor central en el eje Y (fila<sub>19</sub>).

$$(67,112680 \text{ km} / 33) \times 18,2398589 = 2,033717576 \text{ km} \times 18,2398589 = \underline{37,0947 \text{ km}}$$





✓ **Las coordenadas de latitud y longitud de las fracciones de la celda intersectada (F19/C14).**

Para realizar este cálculo, necesitamos conocer el valor de las coordenadas de la esquina geográfica o nodo SO (Sur Oeste) de la celda F-19/C-14. Seguidamente utilizamos los valores de las amplitudes de latitud y longitud en grados decimales de las cuadrículas (ver página 7), estas son: latitud = **0,018396235°** y longitud = **0,018597418°**. Ver tabla N°2, figura N°10.

	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
	Intersección Cuadrícula	Fracción en F-19 / C-14	Grados de F-19 / C-14	(2) X (3)	Coordenadas Esquina SO	(4) + (5)
Desde Ejes				Frac. Grados F-19 / C-14		Coordenadas (Decimales de Grados) Centro Geográfico
Y / Latitud	18,2398589	0,2398589	0,0183962°	0,0044125°	07,8704690° N	07,8748815° N
X / Longitud	13,8568282	0,8568282	0,0185974°	0,0159348°	80,7217535° O	80,7058187° O

Tabla N° 2 Centro Geográfico a Partir de las Coordenadas de Latitud y Longitud de Las Fracciones de la Celda (F-19/C-14).  
Fuente: Tabla modificada con relación a la plantilla modelo Dr. Javier Colomo Ugarte.

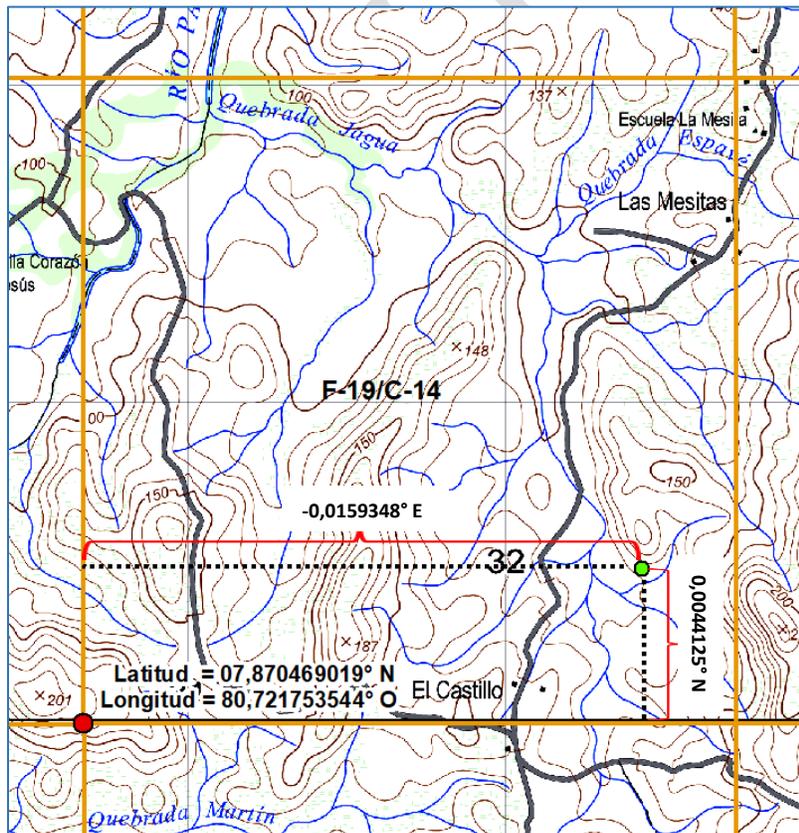


Figura N° 10. Ubicación del Centro Geográfico en la Celda Intersectada F-19/C-14.  
Fuente: Mapas a escala 1:25 000 de la Nueva Cartografía Nacional -IGNTG.



## COORDENADAS DEL CENTRO GEOGRÁFICO DE LA PROVINCIA DE HERRERA

- ✓ Sistema de coordenadas Geográficas (Sexagesimal)

Latitud = 07° 52' 29,573" Norte

Longitud = 80° 42' 20,947" Oeste

- ✓ Sistema de Coordenadas Proyectadas (UTM)

Zona: 17 N

Norte = 870 477,2553 m

Este = 532 428,4855 m

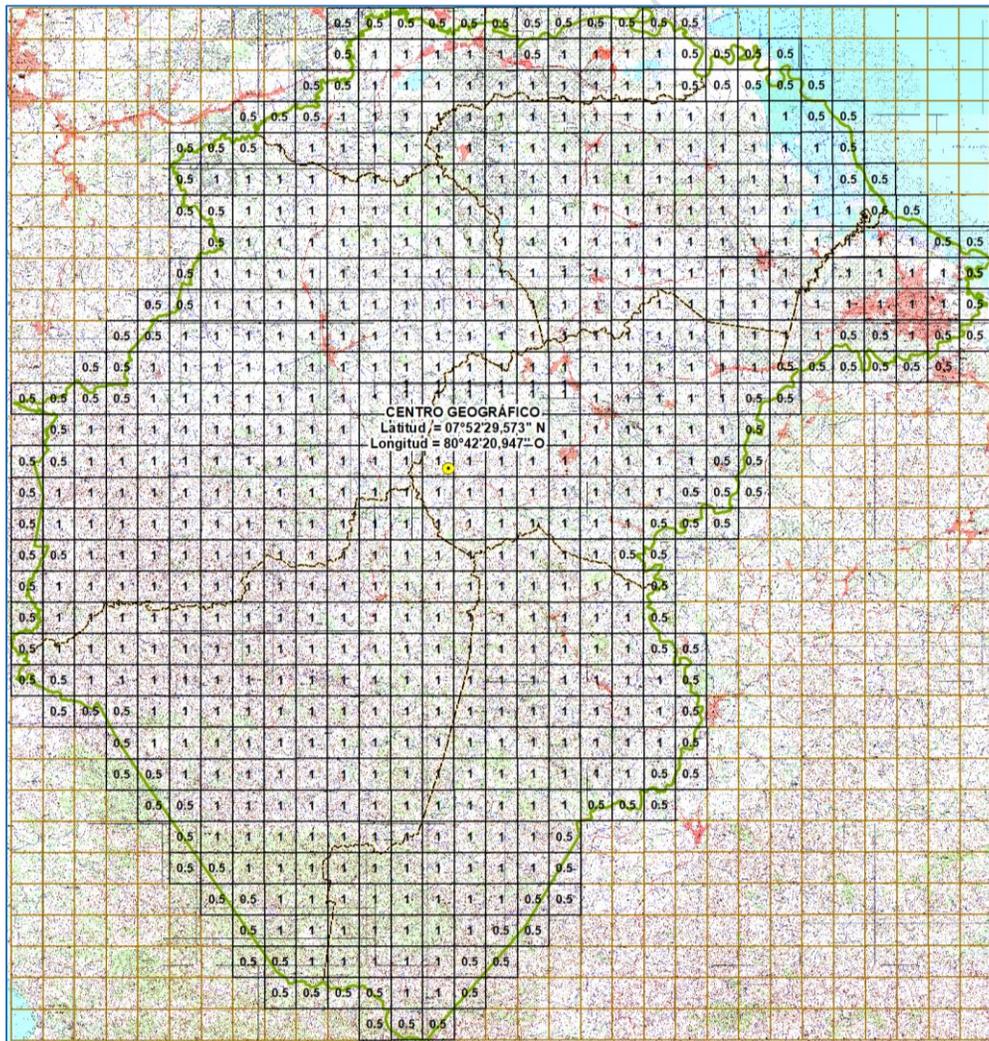


Figura N° 11. Coordenadas Geográficas del Centro Geográfico de la Provincia de Herrera.

Fuente: Mapas a escala 1:25 000 de la Nueva Cartografía Nacional -IGNTG.



Para verificar la transformación directa de las coordenadas geográficas (resultantes) a UTM (página 16), usamos la tabla n°2 y evaluamos la información de la celda intersectada F-19/C-14, en relación al sistema de coordenadas proyectado UTM (Norte, Este); observando que los resultados son muy parecidos. Ver tabla N° 3.

	(1)	(2)	(3)	(4) (2) X (3)	(5)	(6) (4) + (5)
Desde Ejes	Intersección Cuadrícula	Fración en F-19 / C-14	Dimensión/Celda F-19 / C-14	Incremento F-19 / C-14	Coordenadas Esquina SO	Coordenadas (UTM) Centro Geográfico
Y / Norte	18,2398589	0,2398589	2 033,7442 m	487,8116 m	869 988,2439 m	870 476,0555 m
X / Este	13,8568282	0,8568282	2 050,0876 m	1 756,5729 m	530 672,2506 m	532 428,8235 m

Tabla N° 3 Centro Geográfico a Partir de las Coordenadas UTM de Las Fracciones de la Celda (F-19/C-14).

Fuente: Tabla modifica con relación a la plantilla modelo Dr. Javier Colomo Ugarte.

En ese sentido, los cálculos en el sistema de coordenadas UTM son más exactos, puesto que, el cálculo se desarrolla totalmente sobre una superficie plana (mapa) y la diferencia en Y (equivalencia en UTM de la tabla N°2 y valor UTM tabla N°3) no alcanzan ni los 3 m para que éste afecte el cambio del valor geográfico en la décima del segundo de la latitud; y mucho menos en la longitud.



## CÁLCULO DE CENTRO MEDIO PONDERADO UTILIZANDO EL PROGRAMA ArcGIS

Ahora Aplicaremos el mismo proceso de cálculo pero, de manera automatizada, mediante el empleo de la herramienta, **Mean Center**, del programa ArcGis. Para este cálculo es necesario tener el archivo de la provincia de Herrera reprojectado en el sistema de referencia espacial **WGS\_1984\_UTM\_Zone\_17N**; y dentro del campo opcional (Weight Field) de la herramienta, escogemos Shape\_Area, para realizar el cálculo del Centro Medio Ponderado. Ver figura N° 12.

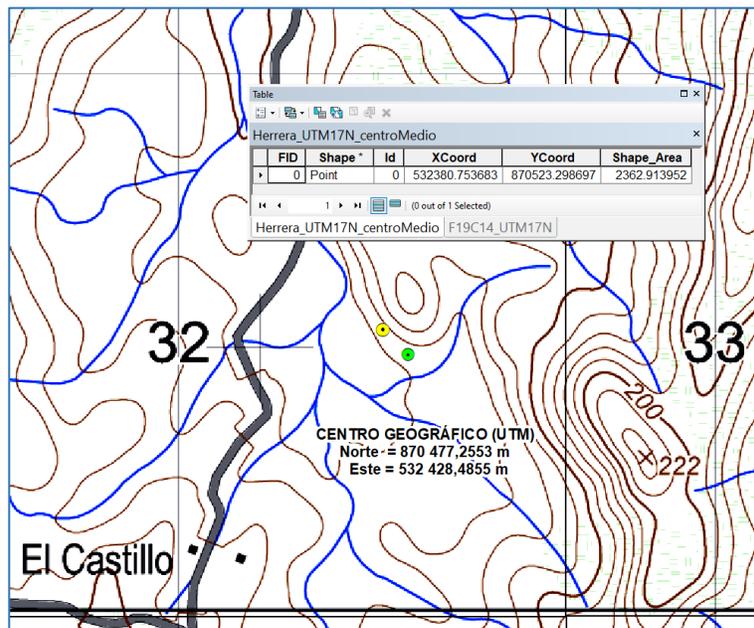


Figura N° 12. Cálculo del Centro Medio Ponderado con el Programa ArcGIS (punto de color amarillo, tabla de datos) Y el Calculado Manual (punto de color verde fluorescente).

En una cuadrícula de  $\pm 4 \text{ km}^2$  (celda intersectada F-19, C-14), la diferencia en metros entre los cálculos manuales y automatizado es de  $\pm 67 \text{ m}$  de distancia. Para alcanzar una mayor exactitud en el cálculo manual del centro medio ponderado (Centro Geográfico) hay que aumentar la subdivisión de las cuadrículas en tamaños por debajo de los 2 km para que el punto verde se vaya aproximando a la posición del punto amarillo.

En nuestro mapa a escala 1:250 000 los resultados son lo suficientemente buenos; ya que el error planimétrico de un mapa a esta escala es de 127,5 m y estamos por debajo de ese valor.



## Conclusiones

El uso de esta metodología para responder a la interrogante sobre la ubicación correcta del centro geográfico de una pequeña área, aumenta el conocimiento en los profesionales afines a la geografía.

Este estudio es de carácter inédito en nuestro país. El término de centro geográfico es usado por profesionales y docentes de varias disciplinas y; por su importancia no es algo que deba definirse subjetivamente.

Conocer la ubicación correcta del centro geográfico de la provincia Herrera, será útil para sentar las bases del potencial desarrollo del turismo en la provincia; ya que permitirá ofrecerlo, como un nuevo destino turístico.

En Panamá, esta clase de estudios va dirigido a los profesionales que conozcan o dominen las disciplinas de la geodesia, cartografía, geografía y estadística.

La experiencia de realizar estos cálculos tanto manual como automatizado nos permitió indicar la veracidad de los resultados.

## Bibliografía

Colomo, J., (2018). "Centro Geográfico de la Superficie de Euskal Herria". Dirección electrónica: [https://www.javiercolomo.com/index\\_archivos/Navarra/Euskalh/Euskalh.htm](https://www.javiercolomo.com/index_archivos/Navarra/Euskalh/Euskalh.htm)

ArcGIS 10.3. "Centro Medio". Dirección electrónica: <https://desktop.arcgis.com/es/arcmap/10.3/tools/spatial-statistics-toolbox/mean-center.htm>

ArcGIS 10.3. "Cómo Funciona el Centro Medio". Dirección electrónica: <https://desktop.arcgis.com/es/arcmap/10.3/tools/spatial-statistics-toolbox/h-how-mean-center-spatial-statistics-works.htm>

Instituto Geográfico Nacional "Tommy Guardia", (2009). "Atlas Geográfico Escolar de la República de Panamá", Áreas Administrativas de la República: Provincia de Herrera.

## Realizado por

Christopher Ballesteros  
Ingeniero Topógrafo - Geodesta

