

ANEXO 02

EXACTITUD REFERENTE AL NÚMERO DE DECIMALES CON RESPECTO A LA ESCALA DE LA CARTOGRAFÍA EMPLEADA.

La precisión en el número de decimales de las coordenadas geográficas o de las localidades georreferenciadas indica la exactitud de la información cartográfica.

Por ejemplo, si al georreferenciar se obtienen coordenadas muy cercanas entre si, al eliminar decimales estas coordenadas pueden llegar a ser las mismas, o perder exactitud en la ubicación del sitio georreferenciado.

Si tenemos las coordenadas (-111.243, 21.635) y (-111.245, 21.639) y eliminamos un decimal tendríamos la misma coordenada (-111.24, 21.63) para ambas. Si el usuario manipula y convierte la información (eliminando decimales), las coordenadas serán susceptibles a moverse. Pero dado que el movimiento tiene un carácter aleatorio, ambas coordenadas puede desplazarse ligeramente en direcciones opuestas o unirse una a la otra.

Cada cálculo y operación en la que intervengan los datos de coordenadas degrada la calidad de las coordenadas obtenidas, perdiendo exactitud en la ubicación del sitio. (ver Figura 1)

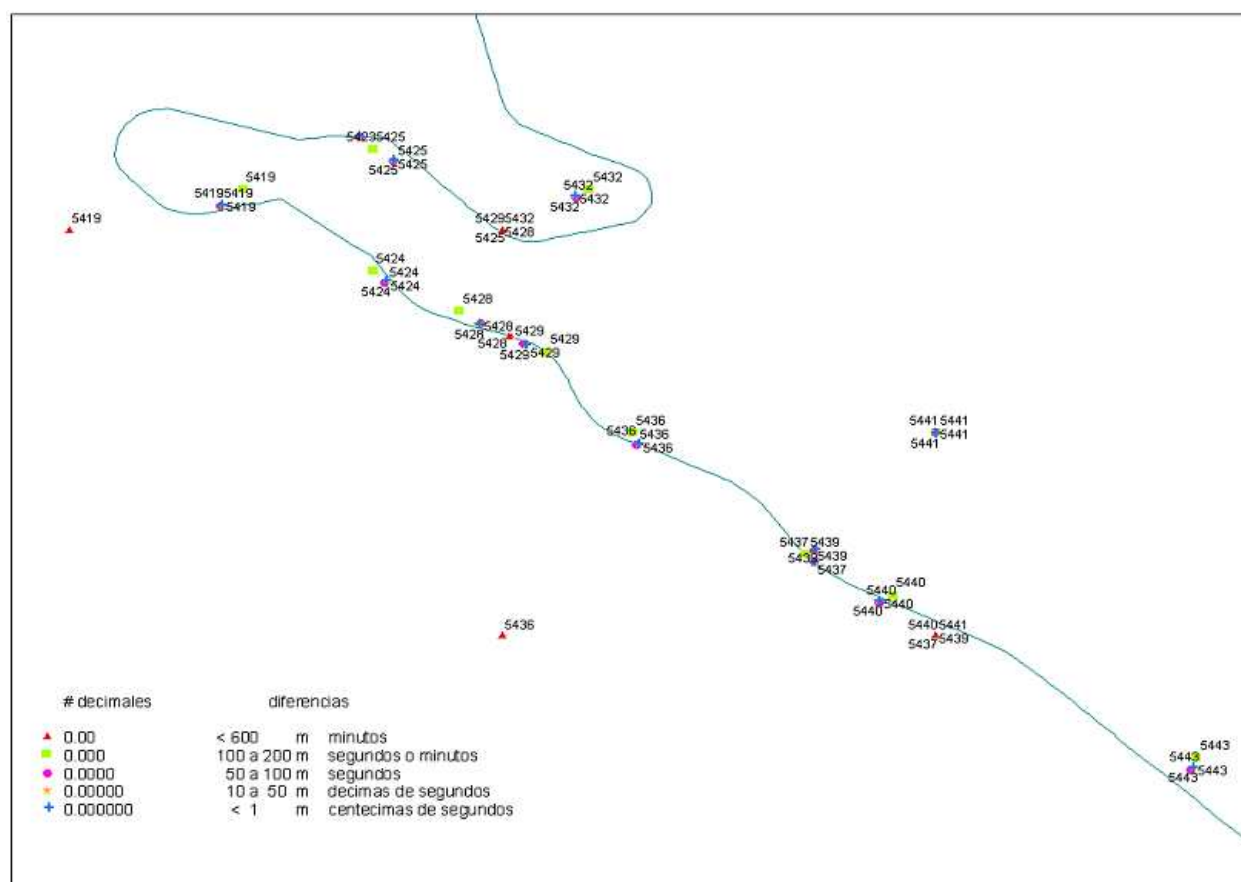


Figura 1. Desplazamiento de las coordenadas al momento de eliminar decimales

Una vez observado lo anterior se requiere que la precisión de las coordenadas este representada por la cantidad de decimales significativos los cuales dependerán de la escala de la cartografía empleada para la georreferenciación.

Para esto se deben considerar los siguientes conceptos que serán la base para determinar el número de decimales de acuerdo con la escala cartográfica empleada.

Área mínima cartografiable

Se define área mínima cartografiable como la representación cartográfica impresa y digital en la que se puede observar y describir algún rasgo del terreno a una escala definida. El tamaño de esta área es definido por la capacidad que el humano tiene para medir algún detalle igual o mayor a 0.25mm^2 sobre un mapa impreso y digital.

La escala es la relación entre la magnitud dibujada y la magnitud real. Utilizando este concepto, se pueden obtener distancias medidas en el mapa y lo que representa en la realidad y viceversa. Aplicando este criterio, se presenta la siguiente relación para obtener el área real de un mapa a una escala determinada.

$$1/E^2 = A/A'$$

E = Denominador de la escala del mapa

A' = Área real correspondiente

A = Área medida en el mapa

De acuerdo a la fórmula anterior y considerando 0.25mm^2 como área mínima cartografiable en un mapa impreso, a continuación se presenta un ejemplo para determinar el área real de un polígono:

Cuál sería el área real de un polígono (A') si en un mapa escala 1:250 000 (E) se midiera su superficie y resultara ser de $.25\text{mm}^2$ (A)

Sustituyendo en la formula se tendría

$$\frac{1}{250000^2} = \frac{.0025\text{cm}^2}{A'}$$

$$A' = (250000)^2 \times .0025\text{cm}^2 = 156250000\text{cm}^2$$

$$A' = 15625 \text{ m}^2$$

$$A' = 0.01563 \text{ km}^2$$

Con esta relación se puede determinar la superficie a representar considerando la superficie mínima 1mm. En la siguiente tabla (1) se presenta un resumen de algunas escalas convencionales.

Escala	cm ²	m ²	m	Km.
1:8000 000	640,000,000,000	64,000,000	8000	8
1:4000 000	160,000,000,000	16,000,000	4000	4
1:2000 000	40,000,000,000	4,000,000	2000	2
1:1000 000	10,000,000,000	1,000,000	1000	1
1:500 000	2,500,000,000	250,000	500	0.5
1:250 000	625,000,000	62,500	250	0.25
1:100 000	100,000,000	10,000	100	0.1
1:50 000	25,000,000	2,500	50	0.05
1:20 000	4,000,000	400	20	0.02
1:10 000	1,000,000	100	10	0.01
1:5 000	250,000	25	5	0.005
1	0.01000000	0.00000100	0.00100000	0.00000100

Tabla 1 Área mínima cartografiable impresa

Definición de la unidad de medida Metro (del griego metron, “medida”).

A fines del siglo XVIII la astronomía y la geodesia eran ciencias que habían adquirido un notable desarrollo. Se habían realizado mediciones de la longitud del arco del meridiano terrestre en varios lugares de la Tierra. Finalmente en marzo de 1791 se define al metro como diez millonésimas de un meridiano dentro de un cuadrante (un cuarto de la circunferencia polar de la tierra).¹

Sabiendo que el radio de la Tierra es 6.37×10^6 m

$$2\pi \times (6.37 \times 10^6) / (4 \times 10 \times 10^6) = 1.0006 \text{ m}$$

Para obtener una exactitud de metro se maneja la latitud y longitud de la siguiente manera: cuando la captura es en grados, minutos y segundos se tiene hasta centésimas de segundo y cuando el formato es en decimales se tiene hasta diezmillonésimas.

Si este valor se expresara de manera análoga, se definiría con la longitud de meridiano terrestre que forma un arco de 1/100 de segundo sexagesimal o segundo de arco.

$$0.01 \text{ segundos de arco} \Rightarrow 0.01/3600 \Rightarrow 2.7 \text{ e-}6 \Rightarrow 1 \text{ m}$$

$$(0^\circ 0' 0.01'' = 0.0000027 = 2.7 \text{ e-}6)$$

Proceso

Al realizar un ejercicio de eliminación progresiva de un decimal, tomando como base que para un metro se tiene 7 decimales significativos, se llegó a la siguiente conclusión: cuando se elimina un decimal en el valor de decimales de grado se pierde un decimal de segundo al convertir a grados minutos y segundos (ver tabla (5) al final del documento).

¹URL: <http://es.wikipedia.org/wiki/Metro> 21/abril/2006

	Decimales		Décimas de segundo
0.1	décimas		Perdida minutos
0.01	centésimas	1	unidades de segundo y/o Pérdida minutos
0.001	milésimas	0.1	décimas de segundo
0.0001	diezmilésimas	0.01*	centésimas de segundo
0.00001	cienmilésimas	0.001	milésimas de segundo
0.000001	millonésimas	0.0001	diezmilésimas de segundo
0.000001*	diezmillonésimas	0.00001	cienmilésimas de segundo

Tabla 2 eliminación progresiva de decimales

*Los valores en rojo indican cuál es el número de decimales para medir en metros.

Considerando lo observado en las tablas anteriores se establece que para cada decimal eliminado del lado de decimales de grado se elimina un cifra en la conversión, en la tabla (3) se toman los valores del metro (indicados en color rojo) para determinar el área en metros que se tiene en cada intervalo, esto se calcula eliminando un decimal en el valor de grados y se toma 2.7e-6 como un metro obteniendo.

$$\text{metros} = (\text{Grados} / 2.7\text{e-}6)$$

	Decimales		Segundos	Grados	metros
0.1	décimas				
0.01	centésimas			2.7e-01	100,080
0.001	milésimas			2.7e-02	10,008
0.0001	diezmilésimas			2.7e-03	1,001
0.00001	cienmilésimas	1	unidas de segundo	2.7e-04	100
0.000001	millonésimas	0.1	décimas de segundo	2.7e-05	10
0.000001	diezmillonésimas	0.01	centésimas de segundo	2.7e-06	1

Tabla 3

Se tiene el área para cada intervalo en metros y conociendo el área mínima cartografiable para cada escala, se puede establecer el número de decimales que serán asignados según la escala empleada para la georreferenciación (ver tabla 4).

# decimales		Escalas		metros
0.01	NO usadas			≥100,000
0.001	NO usadas			≥10,000
0.0001	≥1: 1000 000	y < 1: 10 000 000		≥1,000
0.00001	≥1:100 000	y < 1: 1000 000		≥100
0.000001	≥ <u>1:50 000</u>	y < 1:100 000		≥ <u>50</u>
0.0000001	<u>1:1</u>	<u>y < 1:50 000</u>		<u>1</u>

Tabla 4

Conclusión.

En base a la Aplicaciones de los órdenes de exactitud posicional horizontal de la norma técnica NTG002_2005 ²

- Se establece el uso de 7 decimales para escalas menores **a 1: 50 000** o puntos obtenidos con exactitud como geodésicos. Basándonos en los puntos 6.3.1 al 6.3.7 de la norma técnica.
- Se establece el uso de 6 decimales para escalas mayor o igual a 1: 50 000 y menores de 1: 100 000. Basándonos en los puntos 6.3.8 al 6.3.13 de la norma técnica.
- Se establece el uso de 5 decimales para escalas mayor o igual a 1: 100 000 y menores de 1: 1 000 000. Basándonos en los puntos 6.3.14 al 6.3.15 de la norma técnica.
- Se establece el uso de 4 decimales para escalas mayor o igual a 1: 1 000 000 y menores de 1: 10 000 000.

Con menos de 4 decimales se perdería exactitud por ser escalas muy pequeñas para el proceso de Georeferenciación.

² Norma Técnica NTG002_2005. Estándares de Exactitud Posicional que deberán adoptarse para todo trabajo de referenciación geográfica de rasgos físicos y naturales ubicados sobre o cerca de la superficie de la Tierra en el ámbito del Territorio Nacional.

Tabla 5. Eliminando un decimal para identificar la pérdida de información en la conversión a grados, minutos y segundos

7 Decimales				6 Decimales				5 Decimales				4 Decimales				3 Decimales				2 Decimales				1 Decimal																		
decimal	G	m	S	decimal	G	m	s	decimal	G	m	s	decimal	G	m	s	decimal	G	m	s	decimal	G	m	s	decimal	G	m	s															
112.5767948	112	34	36.461280	112.576794	112	34	36.458400	112.57679	112	34	36.444000	112.5767	112	34	36.120000	112.576	112	34	33.600000	112.57	112	34	12.000000	112.5	112	30.00	0.000000															
112.5766259	112	34	35.853240	112.576625	112	34	35.850000	112.57662	112	34	35.832000	112.5766	112	34	35.760000	112.576	112	34	33.600000	112.57	112	34	12.000000	112.5	112	30.00	0.000000															
112.3899727	112	23	23.901720	112.389972	112	23	23.899200	112.38997	112	23	23.892000	112.3899	112	23	23.640000	112.389	112	23	20.400000	112.38	112	22	48.000000	112.3	112	18.00	0.000000															
112.3210414	112	19	15.749040	112.321041	112	19	15.747600	112.32104	112	19	15.744000	112.3210	112	19	15.600000	112.321	112	19	15.600000	112.32	112	19	12.000000	112.3	112	18.00	0.000000															
112.2808295	112	16	50.986200	112.280829	112	16	50.984400	112.28082	112	16	50.952000	112.2808	112	16	50.880000	112.280	112	16	48.000000	112.28	112	16	48.000000	112.2	112	12.00	0.000000															
111.4764745	111	28	35.308200	111.476474	111	28	35.306400	111.47647	111	28	35.292000	111.4764	111	28	35.040000	111.476	111	28	33.600000	111.47	111	28	12.000000	111.4	111	24.00	0.000000															
111.3707107	111	22	14.558520	111.370710	111	22	14.556000	111.37070	111	22	14.520000	111.3707	111	22	14.520000	111.370	111	22	12.000000	111.37	111	22	12.000000	111.3	111	18.00	0.000000															
111.1576038	111	9	27.373680	111.157603	111	9	27.370800	111.15760	111	9	27.360000	111.1576	111	9	27.360000	111.157	111	9	25.200000	111.15	111	9	0.000000	111.1	111	6.00	0.000000															
111.0977979	111	5	52.072440	111.097797	111	5	52.069200	111.09779	111	5	52.044000	111.0977	111	5	51.720000	111.097	111	5	49.200000	111.09	111	5	24.000000	111.0	111	0.00	0.000000															
99.5681135	99	34	5.208600	99.568113	99	34	5.206800	99.56811	99	34	5.196000	99.5681	99	34	5.160000	99.568	99	34	4.800000	99.56	99	33	36.000000	99.5	99	30.00	0.000000															
99.5479343	99	32	52.563480	99.547934	99	32	52.562400	99.54793	99	32	52.548000	99.5479	99	32	52.440000	99.547	99	32	49.200000	99.54	99	32	24.000000	99.5	99	30.00	0.000000															
99.5442913	99	32	39.448680	99.544291	99	32	39.447600	99.54429	99	32	39.444000	99.5442	99	32	39.120000	99.544	99	32	38.400000	99.54	99	32	24.000000	99.5	99	30.00	0.000000															
98.3856644	98	23	8.391840	98.385664	98	23	8.390400	98.38566	98	23	8.376000	98.3856	98	23	8.160000	98.385	98	23	6.000000	98.38	98	22	48.000000	98.3	98	18.00	0.000000															
98.3552791	98	21	19.004760	98.355279	98	21	19.004400	98.35527	98	21	18.972000	98.3552	98	21	18.720000	98.355	98	21	18.000000	98.35	98	20	60.000000	98.3	98	18.00	0.000000															
95.8674583	95	52	2.849880	95.867458	95	52	2.848800	95.86745	95	52	2.820000	95.8674	95	52	2.640000	95.867	95	52	1.200000	95.86	95	51	36.000000	95.8	95	48.00	0.000000															
95.8188041	95	49	7.694760	95.818804	95	49	7.694400	95.81880	95	49	7.680000	95.8188	95	49	7.680000	95.818	95	49	4.800000	95.81	95	48	36.000000	95.8	95	48.00	0.000000															
95.7312893	95	43	52.641480	95.731289	95	43	52.640400	95.73128	95	43	52.608000	95.7312	95	43	52.320000	95.731	95	43	51.600000	95.73	95	43	48.000000	95.7	95	42.00	0.000000															
95.7076854	95	42	27.667440	95.707685	95	42	27.666000	95.70768	95	42	27.648000	95.7076	95	42	27.360000	95.707	95	42	25.200000	95.70	95	42	0.000000	95.7	95	42.00	0.000000															
95.6244844	95	37	28.143840	95.624484	95	37	28.142400	95.62448	95	37	28.128000	95.6244	95	37	27.840000	95.624	95	37	26.400000	95.62	95	37	12.000000	95.6	95	36.00	0.000000															
93.8657181	93	51	56.585160	93.865718	93	51	56.584800	93.86571	93	51	56.556000	93.8657	93	51	56.520000	93.865	93	51	54.000000	93.86	93	51	36.000000	93.8	93	48.00	0.000000															
93.3267566	93	19	36.323760	93.326756	93	19	36.321600	93.32675	93	19	36.300000	93.3267	93	19	36.120000	93.326	93	19	33.600000	93.32	93	19	12.000000	93.3	93	18.00	0.000000															
93.3512321	93	21	4.435560	93.351232	93	21	4.435200	93.35123	93	21	4.428000	93.3512	93	21	4.320000	93.351	93	21	3.600000	93.35	93	20	60.000000	93.3	93	18.00	0.000000															
93.2848457	93	17	5.444520	93.284845	93	17	5.442000	93.28484	93	17	5.424000	93.2848	93	17	5.280000	93.284	93	17	2.400000	93.28	93	16	48.000000	93.2	93	12.00	0.000000															
104.5433148	104	32	35.933280	104.543314	104	32	35.930400	104.54331	104	32	35.916000	104.5433	104	32	35.880000	104.543	104	32	34.800000	104.54	104	32	24.000000	104.5	104	30.00	0.000000															
18.1762552	18	10	34.518720	18.176255	18	10	34.518000	18.17625	18	10	34.500000	18.1762	18	10	34.320000	18.176	18	10	33.600000	18.17	18	10	12.000000	18.1	18	6.00	0.000000															
diezmilésimas	ciennilésimas			millonésimas			diezmilésimas			ciennilésimas			milésimas			diezmilésimas			centésimas			milésimas			décimas			centésimas			Pérdida de información			unidas			décimas			Pérdida de información		