

Comparación entre GPS autónomo y con corrección diferencial

*Autores: Ing. Agr. M.Sc. Mario Bragachini,
Ings. Agrs. Axel von Martini, Mario Tula y Andrés Méndez.
Proyecto Agricultura de Precisión INTA Manfredi*

Introducción

GPS se ha convertido en la herramienta más potente para el posicionamiento, proporcionando posiciones espaciales para puntos fijos o en movimiento, con una precisión que varía desde los pocos milímetros hasta un par de decenas de metros, con costos lógicamente distintos. Los sistemas de información geográfica se han popularizado entre un público muy amplio, y constan de atribuir coordenadas espaciales a cada punto del terreno, convirtiéndose así en georreferenciados, y de esta forma es posible relacionarlos espacialmente. Por estas razones se menciona al GPS como la base de la Agricultura de Precisión.

Todos los receptores GPS muestran la ubicación de un punto mediante coordenadas. Estas pueden ser geográficas (geodésicas) o cartesianas, pero en general los GPS muestran las coordenadas geográficas a menos que se programe de otra manera. Las coordenadas geográficas se expresan en latitud, longitud y altura, siendo las unidades de las primeras dos en grados, minutos y segundos por ser ángulos y la altura se expresa en metros o pies. Estas coordenadas se basan en un sistema de 3 ejes con centro en el centro de masa de la tierra. Las coordenadas geográficas se pueden definir de la siguiente manera:

- Longitud: es el ángulo que se forma, en el centro de la tierra, entre el plano del meridiano de Greenwich y el plano del punto a ubicar. Para la longitud se toma como cero el meridiano de Greenwich, y va hasta $+180^\circ$ hacia el Este y -180° hacia el Oeste. Estos se denominan meridianos.
- Latitud: es el ángulo entre el plano del Ecuador y el plano formado por el punto a ubicar y el centro de la tierra. Va de 0 a 90° , siendo 0 el Ecuador, y $+90^\circ$ el polo Norte y -90° el polo Sur. Estos se denominan paralelos.
- Altura: para simplificar el concepto de la altura se puede definir como la distancia en metros desde una línea de prolongación de la altura media del mar, y el punto a ubicar. Resumiendo, es la altura sobre el nivel del mar.

Las coordenadas geográficas y las cartesianas son dos formas distintas pero equivalentes para expresar la posición de un punto, el usuario elegirá con cual prefiera trabajar. La conversión de unas a otras puede realizarse con total precisión utilizando un conjunto de fórmulas matemáticas.

Como se puede deducir de las definiciones a y b, la distancia que representa en el terreno 1 grado o minuto de latitud varía muy poco si nos movemos del Ecuador hacia los polos, porque los meridianos tienen todos aproximadamente el mismo largo. En el caso de la longitud, 1 grado o minuto representa distintas distancias sobre la tierra, según la latitud en que nos encontremos, debido a que la circunferencia de los paralelos se va achicando al alejarse del Ecuador hasta volverse 0 en los polos.

Estos datos se pueden observar en el siguiente cuadro, para las latitudes cercanas al INTA Manfredi.

Latitud	1 minuto	1 minuto	Circunferencia de
---------	----------	----------	-------------------

	de latitud	de longitud	Paralelo de latitud	
			Kilómetros	Millas náuticas
34°	1848.71	1539.75	33258.523	17958.166
33°	1848.41	1557.55	33643.157	18165.852
32°	1848.11	1574.89	34017.531	18367.997
31°	1847.82	1591.74	34381.534	18564.543
30°	1847.54	1608.10	34735.061	18755.432
29°	1847.26	1623.98	35078.007	18940.609

La importancia de estos datos reside en que muchos receptores GPS solamente muestran las coordenadas como centésimos de minuto o como segundos sin decimales. Esto se denomina sensibilidad o resolución del receptor y tiene implicancias importantes en el posicionamiento de puntos. Este ítem se profundizará en el presente trabajo.

Otro punto a considerar es la precisión de los receptores GPS. Previo a desarrollar este tema conviene aclarar la diferencia entre precisión y exactitud. Para averiguar cuán exactamente un sistema ha determinado las coordenadas de un punto se deben conocer sus coordenadas verdaderas. Este valor proviene típicamente de mediciones hechas usando un sistema con una exactitud inherente mayor que el que está siendo probado. Por otro lado tenemos que el promedio de las posiciones reportadas por el sistema proporcionará una indicación de la precisión o repetitibilidad del sistema, pero estas mediciones pueden tener un sesgo producido por errores sistemáticos que pueden afectar los resultados.

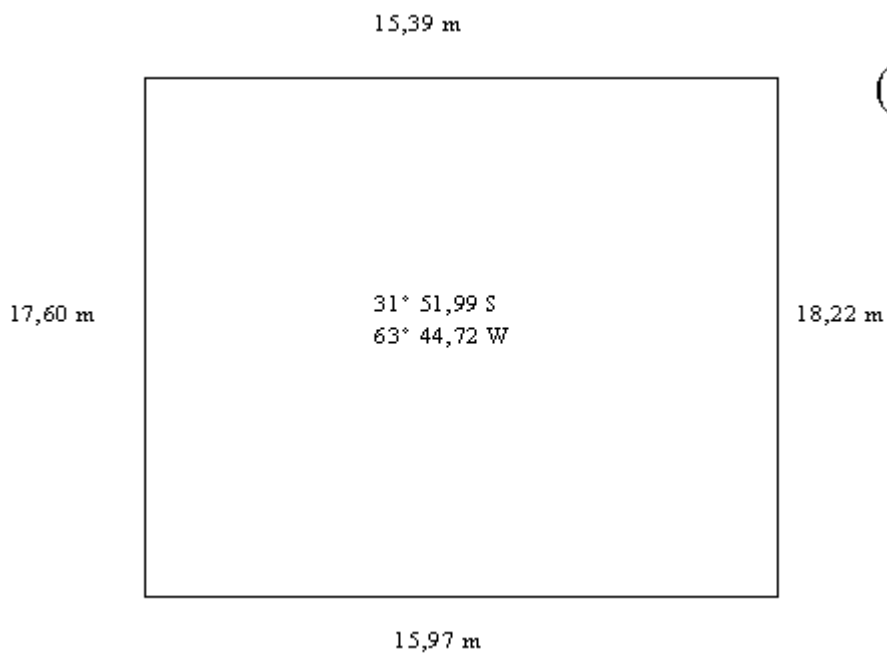
Hasta aquí hemos definido exactitud como la medida de cuán cercano está el valor medido al verdadero, mientras que precisión se refiere a cuán cercano está el valor medido al valor medio estimado, o sea que se refiere a la consistencia en el tiempo de las posiciones medidas. A los fines de la Agricultura de Precisión, reviste mucha más importancia la precisión que la exactitud, ya que es necesario ubicar puntos y poder relacionarlos espacialmente y temporalmente con datos del mismo lugar, por ello la importancia de la repetitibilidad de las posiciones, o sea la precisión.

Existen varios métodos para calcular la precisión de un GPS, como así también diversas formas de expresar el resultado. Existen algunas formas que son más "benevolentes" con el GPS que otras. Uno de los términos utilizados para cuantificar la precisión es el Error Circular Probable, que expresa el 50% de probabilidad de que las mediciones se encuentren dentro del rango expresado. En otras palabras, si un GPS tiene 1 metro de error circular probable, quiere decir que en cierto tiempo de observación el 50% de las posiciones se encuentran en un círculo de 1 metro de radio con centro en el valor promedio de todas las observaciones. Otra medida para expresar la precisión es el 2drms, que se define como un círculo de radio tal que incluya del 95,4% al 98,2% de las observaciones, dependiendo de las magnitudes relativas en latitud y longitud. Esta medida es más realista de la precisión y es la más comunmente utilizada. La precisión se expresa en metros o centímetros.

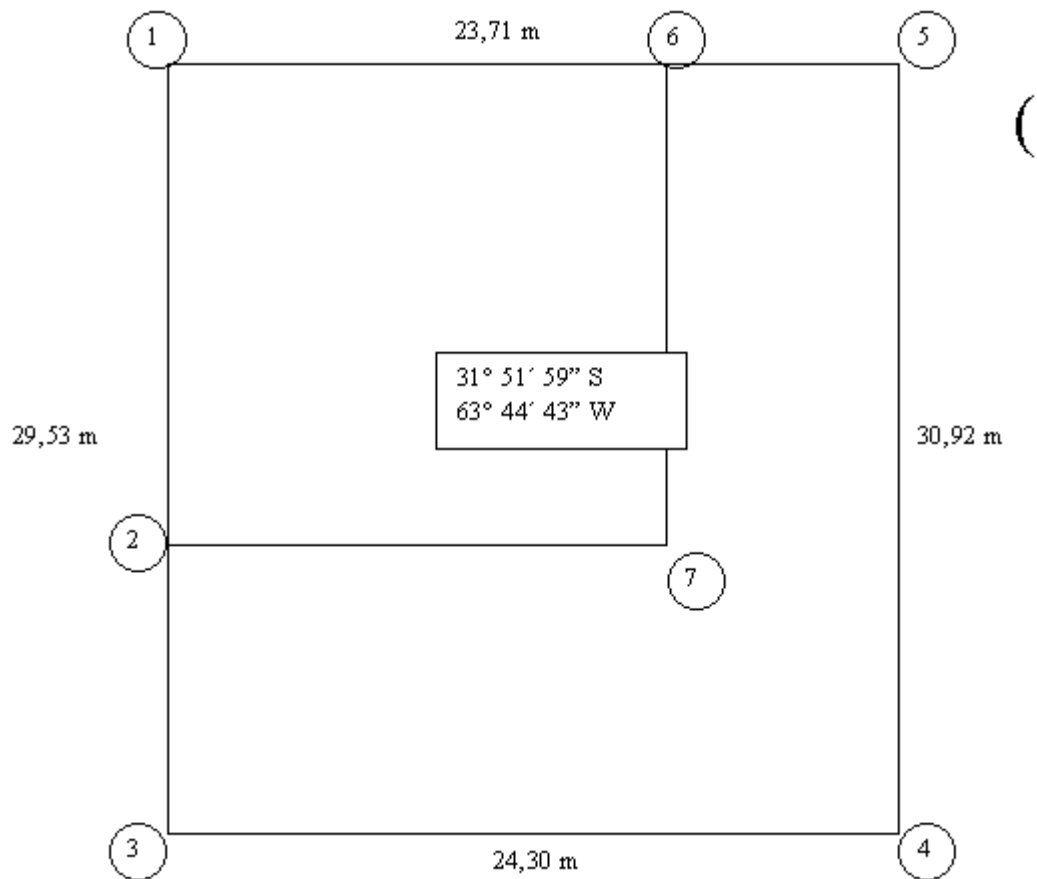
Basado en las definiciones descriptas anteriormente, se realizó un ensayo en la EEA INTA Manfredi, con el objetivo de comparar la precisión, la resolución, y las posibles aplicaciones a nivel de la Agricultura de Precisión, de un GPS autónomo y uno con corrección diferencial.

Materiales y métodos

Utilizando el GPS Magellan 300, mostrando las coordenadas en grados y minutos con dos decimales. Se caminó de Norte a Sur y cuando la latitud cambió de 31 51,98 a 31 51,99 se marcó con una estaca, siguiendo la misma línea se volvió a marcar cuando las coordenadas cambiaron de 31 51,99 a 31 52. Luego se hizo lo mismo en una línea paralela a la primera pero en sentido Norte- Sur. A continuación se recorrió de Este a Oeste marcando el cambio de 63 44,71 a 63 44,72 y de este último a 63 44,73, y se repitió con una trayectoria paralela con sentido Oeste- Este. A continuación se unieron las dos estacas por lado con un hilo prolongándolos hasta que se cruzaban en los vértices de un rectángulo. De esta forma se trazó un rectángulo de 0,01 minutos de latitud por 0,01 minutos de longitud. La totalidad de este rectángulo tiene las mismas coordenadas en la pantalla del GPS.



Luego se realizó el mismo procedimiento pero visualizando las coordenadas en unidades grados, minutos y segundos. También se marcaron los cambios de coordenadas con estacas y luego se unieron con hilos para marcar en el terreno un rectángulo de 1 segundo de latitud por un segundo de longitud. Una vez marcado los vértices se midieron con cinta métrica, obteniendo los siguientes resultados.



El segundo rectángulo coincidía al Norte y al Oeste con el primero, solo que se prolongaba, por ser de mayor largo. Este rectángulo resultante tiene 1 segundo por lado de magnitud.

Una vez identificados los puntos de los dos rectángulos se tomaron las coordenadas con un GPS Trimble 132 con corrección diferencial Beacon. Estos puntos fueron numerados como se muestra en la figura 2.

Cuadro N° 2: Coordenadas del GPS Magellan y Trimble del mismo punto.

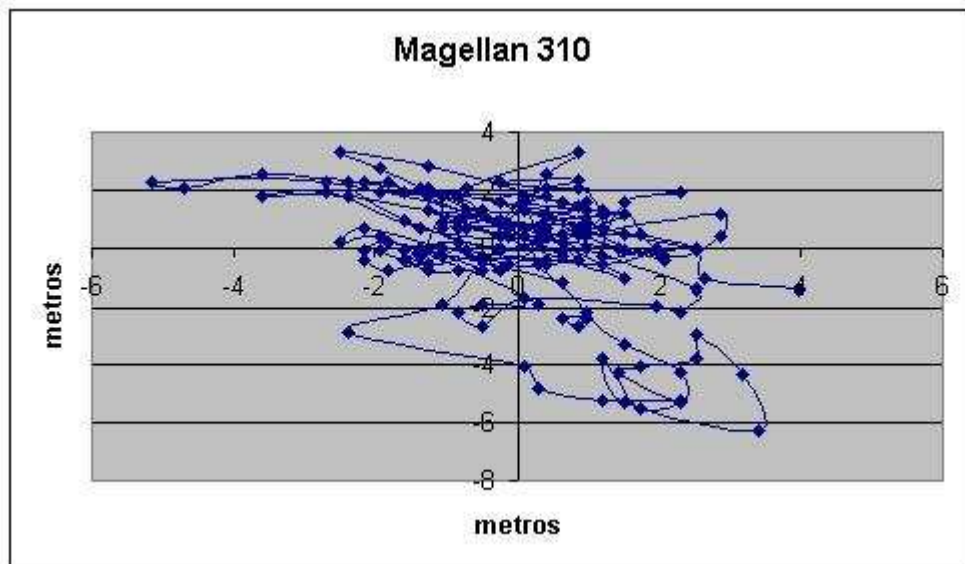
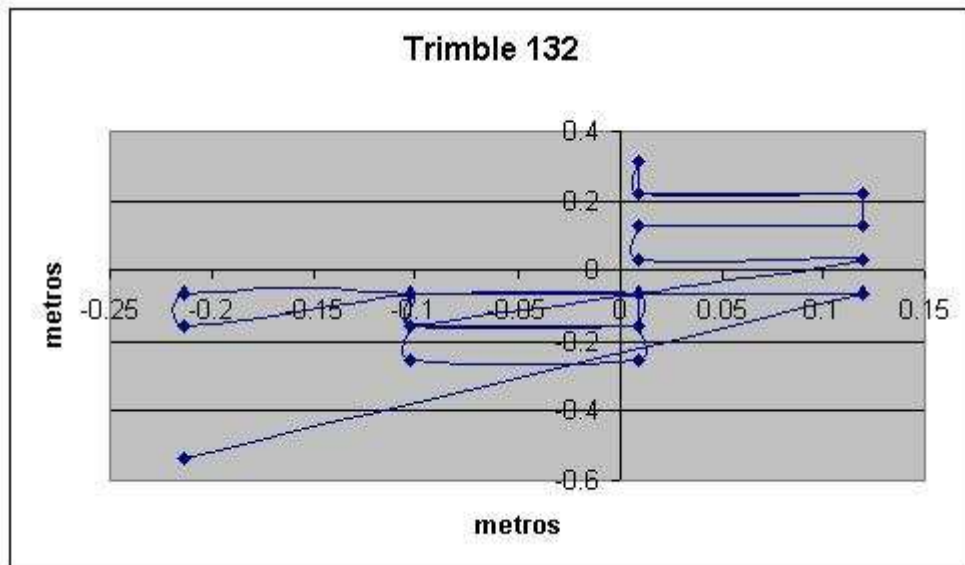
Punto		Coordenadas Magellan	Coordendas Trimble
1	Latitud	31° 51 ' 59"	31° 51 ' 58,467"
	Longitud	63° 44 ' 43"	63° 44 ' 43,380"
2	Latitud	31° 51,99'	31° 51,98395'
	Longitud	63° 44 ' 43"	63° 44 ' 43,392"
3	Latitud	31° 52 ' 00"	31° 51 ' 59,428"
	Longitud	63° 44 ' 43"	63° 44 ' 43,402"

4	Latitud	31° 52 ' 00"	31° 51 ' 59,428"
	Longitud	63° 44 ' 42"	63° 44 ' 42.490"
5	Latitud	31° 51 ' 59"	31° 51 ' 58,433"
	Longitud	63° 44 ' 42"	63° 44 ' 42,485"
6	Latitud	31° 51 ' 59"	31° 51 ' 58,442"
	Longitud	63° 44,72 '	63° 44,71313 '
7	Latitud	31° 51,99 '	31° 51,98386 '
	Longitud	63° 44,72 '	63° 44,71308 '

Los puntos 2 y 6 tienen una de sus coordenadas como grados y minutos y el punto 7 tiene las dos coordenadas en las mismas unidades, por ser este el único dato recolectado con el GPS Magellan. Las restantes coordenadas del Magellan están como grados minutos y segundos para facilitar la comparación con las coordenadas del GPS Trimble que están en las mismas coordenadas pero tienen 3 decimales de segundo.

Se tomó como convención anotar la coordenada del lado Norte de la línea, en las líneas de orientación Este- Oeste, y en las líneas Norte- Sur se anotó la coordenada del lado Oeste. Esto es debido a que donde se marcaba la línea era el lugar donde cambiaba la coordenada en el GPS.

Posteriormente, con el objetivo de evaluar la precisión de ambos GPS, durante el tiempo de duración del ensayo, se instalaron las dos antenas a una distancia de 2,5 metros (para evitar posibles interferencias entre ellas), grabando posiciones cada 30 segundos durante una hora. Ambos receptores fueron conectados a computadoras Handheld, con el programa Site Mate configurado para grabar automáticamente una posición cada 30 segundos. En base a estas observaciones se determinó la precisión de ambos receptores en un tiempo aproximadamente igual al de la duración del ensayo anterior. Las siguientes figuras grafican las posiciones tomadas por ambos receptores.



La precisión alcanzada por el GPS Magellan fue de 2,48 metros (2drms) y para el GPS Trimble 0,17 metros (2drms).

Conclusiones

Cuando se asignan coordenadas a un punto o dato con un GPS que solo muestra centésimas de minuto, este puede estar dentro de un rectángulo de 18,5 por 15,9 metros. O si deseamos ubicar un punto en el terreno, lo más cercano que podemos llegar es a este rectángulo. Es decir que, independientemente de la precisión de nuestro receptor, si posee una resolución o sensibilidad de centésima de minuto vamos a poder posicionar o ubicar un punto con la precisión de 18,5 por 15,9 metros. Si en el receptor solo visualizamos a una sensibilidad de 1 segundo entonces este área rectangular se incrementa 30,8 por 26,5 metros. Evidentemente, ante una limitación en la resolución es conveniente visualizar las coordenadas en centésimas de minuto y no en segundos, ya que un segundo es 1/60 minutos.

Para poder aprovechar al máximo el potencial de nuestro receptor debemos utilizar alguna forma para que la resolución sea menor que la precisión. En el caso

del Magellan 310, la solución es conectarlo con la computadora Handheld con el programa Site Mate donde podemos ver las coordenadas con diezmilésima de segundo, de esta manera si podemos posicionar un punto o dato con la precisión que posea el equipo.

El receptor Magellan, además de mostrar las coordenadas con una resolución limitada, redondea la cifra. Es decir que cuando cambia de $31^{\circ} 51' 59''$ a $31^{\circ} 52' 00''$, por ejemplo, ese punto es en realidad $31^{\circ} 51' 59,5''$. Esto está demostrado a partir del cuadro N° 2, donde se comparan las lecturas hechas con ambos receptores para los mismos puntos, lo que implica que, a pesar de que las coordenadas del Magellan correspondan a un rectángulo de 18,5 por 15,9 metros (visualizando las coordenadas como centésimas de minuto) esas coordenadas corresponden al centro del mismo.

En cuanto a la precisión de los equipos, podemos observar que es bastante buena para ambos sistemas, pero debemos tener en cuenta que el tiempo tomado es reducido, debido a que la intención era conocer la precisión con la que se trabajó durante un tiempo similar al de duración del ensayo. Si el tiempo de observación hubiese sido mayor la precisión se hubiese degradado, sobre todo en las observaciones del GPS autónomo.

A partir del 1° de Mayo de 2000, fecha en que se eliminó la disponibilidad selectiva, mejoró considerablemente la precisión del GPS autónomo. A partir de esto se comenzó a especular sobre las posibles aplicaciones en la Agricultura de Precisión de este tipo de posicionamiento, como por ejemplo en el posicionamiento de muestras de suelo, observaciones a campo, georreferenciación de toma de datos para correlación con otras capas de información, como por ejemplo imágenes satelitales, etc. Queda claro que la limitante de estos equipos no es la precisión, que es suficiente para las aplicaciones mencionadas, sino la resolución o sensibilidad, que va determinar con que grado de precisión podemos ubicar un punto con respecto a otras capas de información georeferenciada. La precisión necesaria para la georeferenciación de puntos o datos va a depender del objetivo perseguido, de la varianza de ese dato en la población, y de una cuestión de costos y practicidad.