

1 – INTRODUCCIÓN

La determinación de un sistema de referencia vertical unificado para las Américas, es de fundamental importancia para el desarrollo e integración de las actividades en el continente. La adopción de un sistema vertical moderno, implica en la consideración de informaciones precisas de nivelación geométrica, gravedad, mareógrafos y ondulación del geóide, siendo este último capaz de transformar altura determinada por observaciones GNSS (*Global Navigation Satellite Systems*) referidas al elipsoide, en alturas ortométricas.



Figura 1 – Rede de Nivelación Brasileira (RAAP)

2 – REDE DE NIVELACIÓN BRASILEÑA

La Rede de Nivelación de Alta Precisión (RAAP) se inició en 1945 con el objetivo de apoyar grandes obras de ingeniería, tales como: construcción de represas, red de recolección de aguas residuales, etc. El IBGE es responsable en determinar las altitudes de los marcos de referencia implantados en todo el país y obtenidas por nivelación geométrica. Las altitudes se refieren al nivel medio del mar determinado por el mareógrafo de Imbituba, excepto en la provincia de Amapá, donde las altitudes se refieren en el mareógrafo de Santana. En la actualidad, la RAAP cuenta con aproximadamente 70.000 estaciones. (Figura 1).

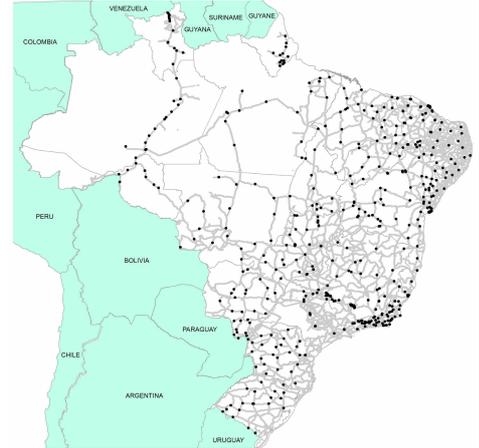


Figura 2 - Observaciones GPS en las Referencias Altimétricas (RRNN)

3 – OBSERVACIONES GPS EN LAS REFERENCIAS ALTIMÉTRICAS (RRNN)

En los últimos años, el IBGE a través de su Departamento de Geodesia, ha determinado con tecnología GPS, las alturas elipsoidales de las referencias altimétricas – RRNN de RAAP, con el objetivo, entre otras cosas, para evaluar el Modelo de Ondulación Geoidal Brasileño MAPGEO2010. Hasta la fecha (noviembre/2010) 568 RRNN han sido medidas con la técnica GPS, y se distribuyen en todo el territorio brasileño, como se muestra en la Figura 2. Con la altura elipsoidal determinada por GPS, y la ondulación geoidal calculada por MAPGEO2010, podemos determinar la altura ortométrica de la referencia de nivel, y comparar con la altitud ortométrica de nivelación geométrica (Figura 3).

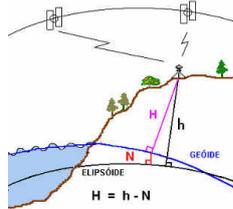


Figura 3 – Altura ortométrica GPS

4 – CONEXIÓN DE LAS REDES ALTIMÉTRICAS DE BRASIL Y VENEZUELA

En 2002, con el fin de evaluar la coherencia entre las redes de nivelación de Brasil y Venezuela, se realizó la conexión de estas redes a través de nivelación geométrica. Se detectó con la conexión, una diferencia de 3,45 metros entre las dos redes nacionales de nivelación (Hernández et al. 2002).

Con las mediciones GPS en las RRNN situada en la línea de nivelación brasileña que conecta los dos países, se comprobó que la diferencia observada entre las dos redes, se extendió a lo largo de la línea, hasta la aparición de un salto, en la región central de Amazonía, lo que indica un posible error de nivelación (Figura 5).

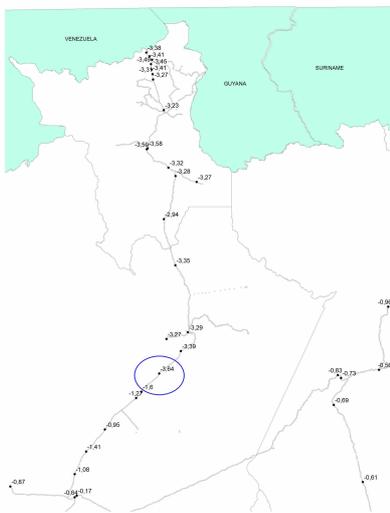


Figura 5 – Diferencias entre las alturas ortométricas y altitudes de las RRNN

De las 568 RRNN medidas con GPS, 56,3% mostró diferencias entre las alturas ortométricas (GPS + MAPGEO2010) y las altitudes ortométricas (nivelación) inferior o igual a 30 cm, y en 77,4% inferior a 50 cm (Figura 4).

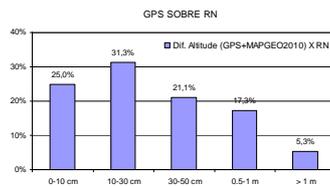


Figura 4 – Diferencias entre las alturas ortométricas y altitudes de las RRNN

5 – DETERMINACIÓN DEL DESNIVEL CON GPS

Durante el proceso de ajuste global de la red de nivelación brasileña, secciones de nivelación que había repeticiones en diferentes momentos, y líneas que conectan circuitos, en algunos casos presentaron inconsistencias con relación a sus desniveles.

Para ayudar en la verificación de los verdaderos valores de los desniveles, se utilizó posicionamiento relativo GPS en las secciones de nivelación. Esta técnica se basa en la determinación de desniveles por la diferencia de altura geométrica entre dos RRNN, medidas simultáneamente con receptores GPS en líneas de base pequeñas, como se muestra en la figura 6.

La precisión de los desniveles determinados por el GPS está directamente relacionada con la distancia de las líneas de base, debido principalmente a la curvatura de la superficie de referencia. La tabla 1 muestra la diferencia dos desniveles determinados por el GPS y por nivelación geométrica, y las distancias de las líneas de base.

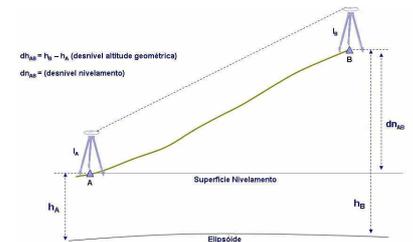


Figura 6 – Determinación de desnivel con GPS Relativo

RN	RN	Dist. (km)	Dif. (m)
3018X	3087P	0,1	0,003
3018X	3020B	0,1	0,006
1023P	1023T	0,5	0,005
3020B	3020C	1,1	0,018
3098C	3103T	1,2	0,036
3101A	3101G	1,7	0,000
3099S	3099V	1,8	0,010
1581T	1581V	1,8	0,004
1637U	1637Z	2,1	0,027
3099V	3100A	2,9	0,062
1637Z	1638A	3,9	0,029
1979Z	1972B	4,5	0,025
1726F	1726H	4,7	0,116
2741G	2741M	5,5	0,040
3100M	3100T	5,6	0,042
1979S	1979X	7,2	0,064
1971U	1971Z	7,7	0,055
2015N	2016B	7,8	0,234

Tabla 1 – Diferencia entre los desniveles GPS x Nivelación Geométrica

6 – CONCLUSIÓN

En los últimos años, el IBGE viene realizando mediciones GPS en las referencias altimétricas de la red de nivelación, como una forma de apoyar el sistema vertical brasileño, mediante la evaluación del modelo de ondulación geoidal MAPGEO2010, o por determinación de desniveles para la verificación de inconsistencias presentado en el ajuste global de la red de nivelación.

Otras actividades relacionadas con el sistema vertical brasileño, tales como la gravedad y mareógrafos, también utilizan en sus actividades observaciones GPS.