



Estimación de la Subsistencia en Bogotá a partir de mediciones GNSS y nivelación geométrica

REUNIÓN SIRGAS MONTEVIDEO
MAYO DE 2008

Martínez, William (IGAC)
Sánchez, Laura (DGFI)
Herrera, Iván (IGAC)
Téllez, Laura (IGAC)

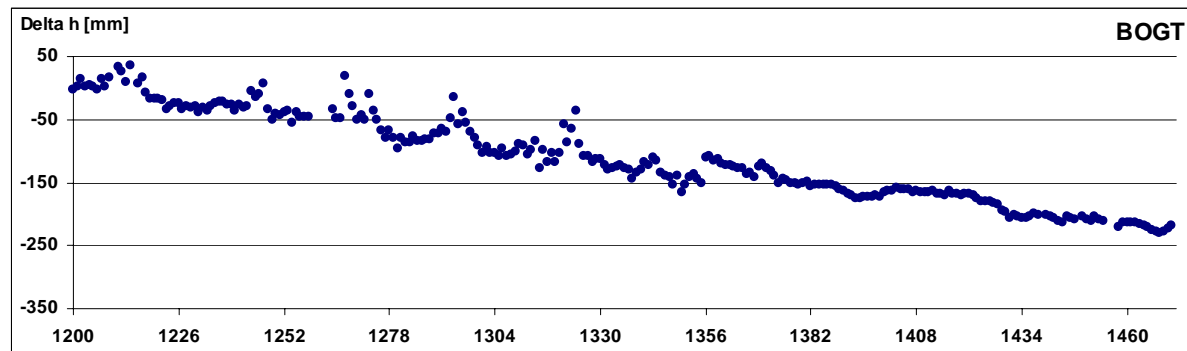
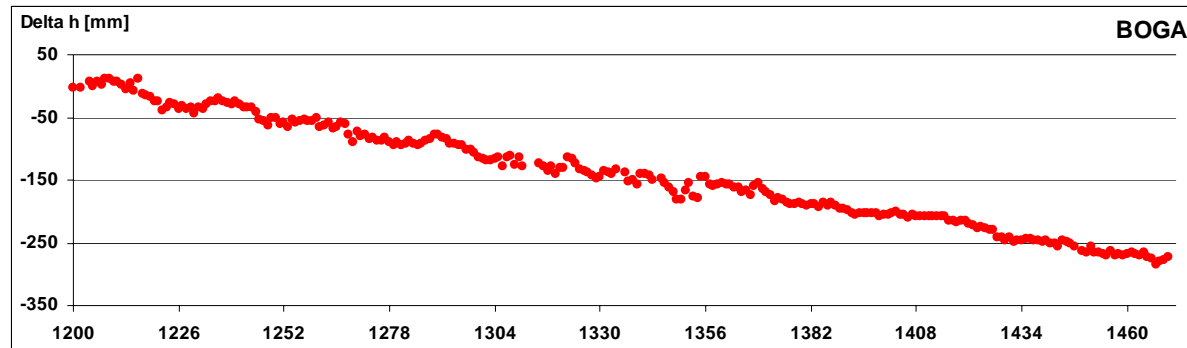
Generalidades sobre Bogotá

- Bogotá es la capital de Colombia y aloja a cerca de 7 600 000 habitantes.
- Fundada el 6 de agosto de 1538
- Ubicada en una meseta de la Cordillera Oriental de los Andes a 2.600 metros de altura sobre el nivel del mar, limita al occidente con el río Bogotá, al sur con las estribaciones del Páramo de Sumapaz y al norte con los terrenos agrícolas de la Sabana.

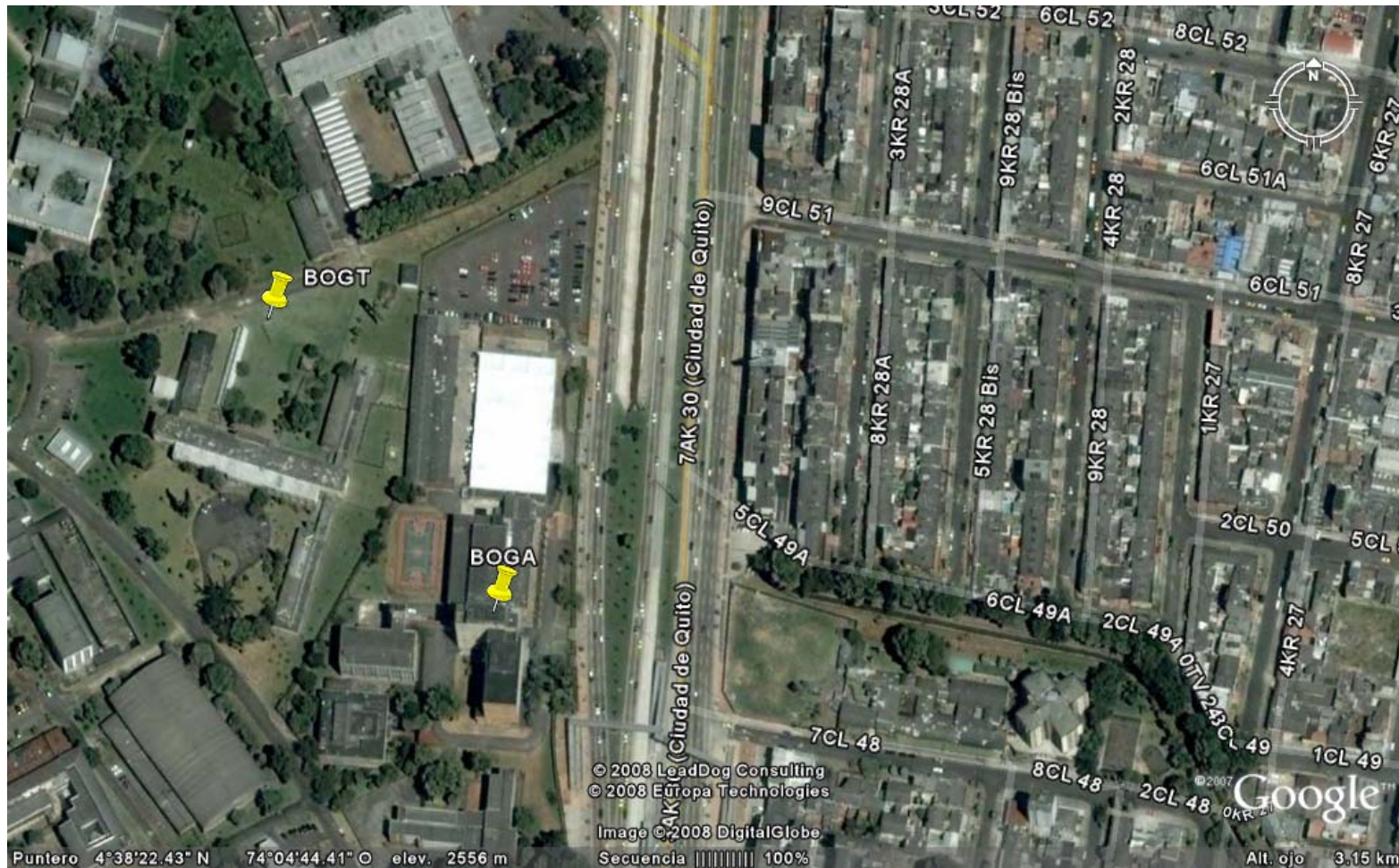


Motivación

- Las estaciones SIRGAS-CON BOGA y BOGT tienen una marcada variación en sus componentes verticales y son ampliamente utilizadas en las aplicaciones de ingeniería



Estaciones BOGA y BOGT



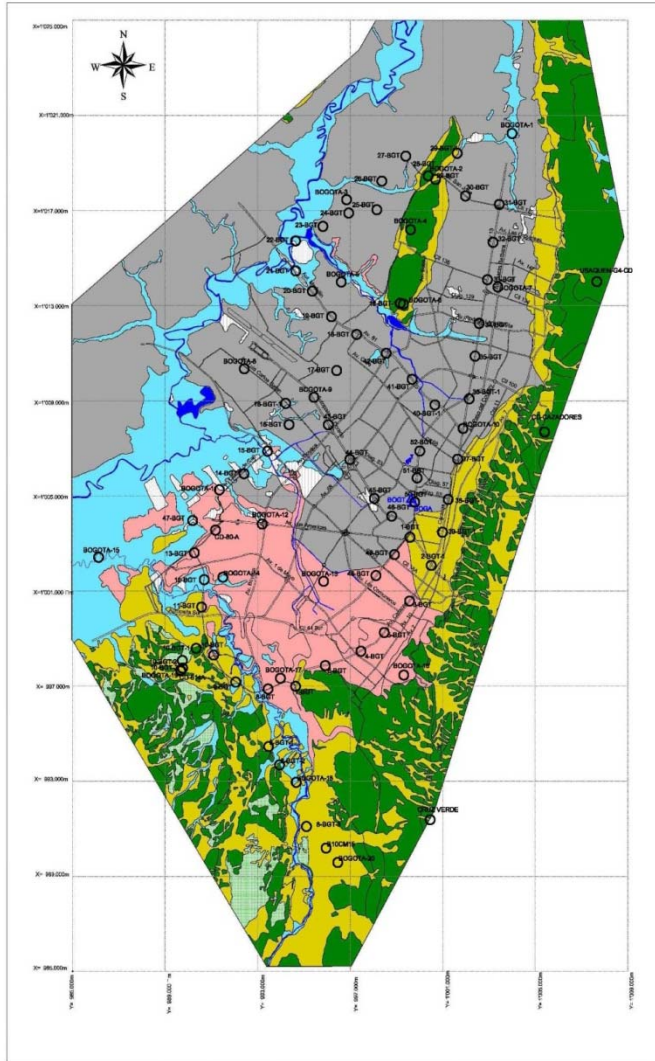
Objetivos

- Realizar una primera cuantificación de los cambios que ha sufrido la ciudad entre los años 2003 y 2007 en torno a las elevaciones de los puntos de la red geodésica de Bogotá.
- Zonificar el comportamiento de la componente vertical.
- Comparar los resultados obtenidos en las alturas elipsoidales y la nivelación geométrica

Área de Trabajo

- Bogotá se ha desarrollado hacia los terrenos de la Sabana, conformados por suelos blandos de origen lacustre.
- El nivel de agua se encuentra en algunas zonas a poca profundidad y la presencia de suelo saturado que hace aún más complejo su comportamiento.
- La ciudad se localiza en las inmediaciones de un ambiente sismotectónico de reconocida actividad histórica; en el cual la Zona de Subducción del Pacífico y un complejo sistema de fallas, son las fuentes sismogénicas que mayor efecto potencial tienen sobre toda la región.

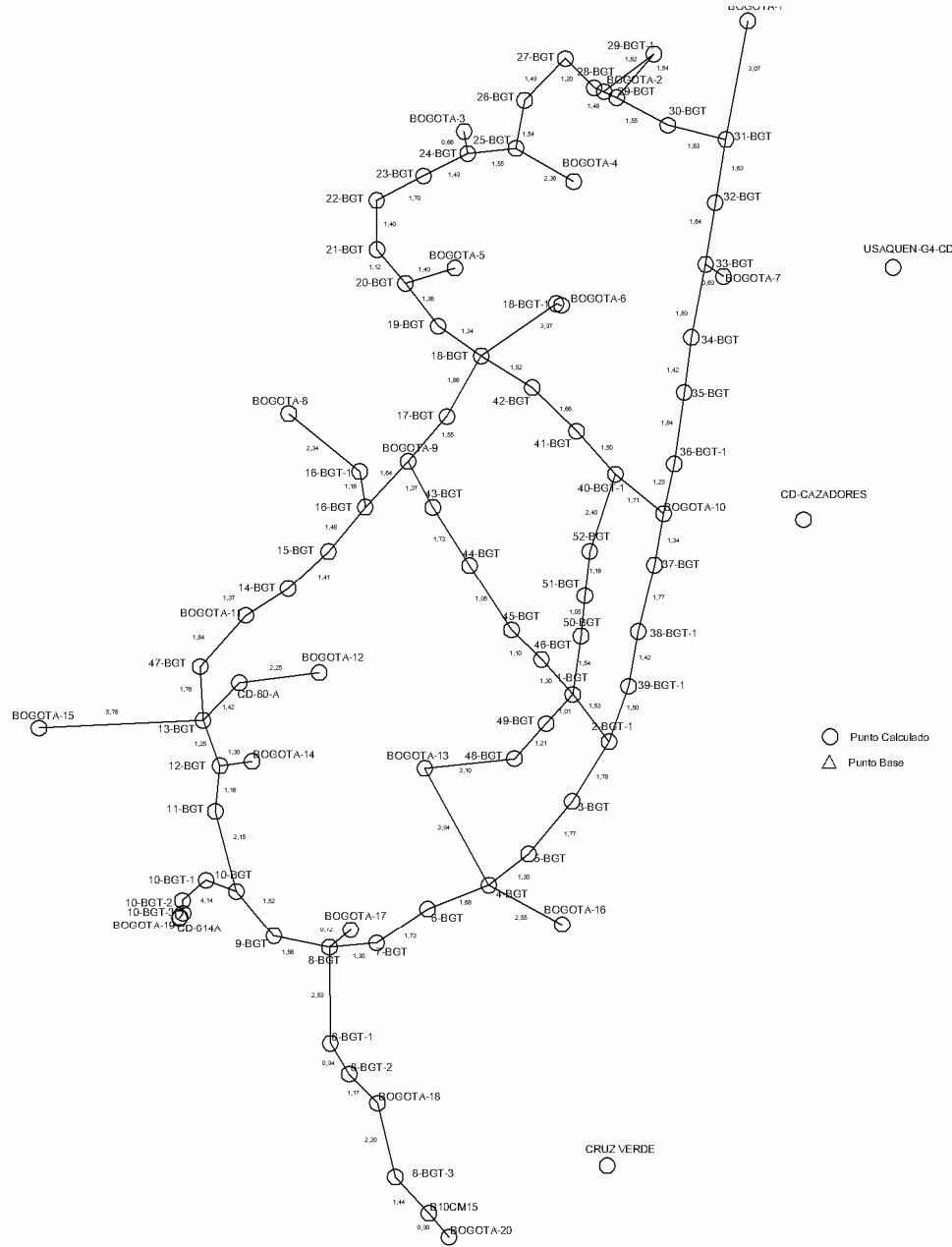
Zonificación geotécnica



- Rellenos de Basuras
- Rellenos de Excavación
- Suelo Residual
- Rondas de Ríos y Humedales
- Piedemonte
- Suelos Duros
- Arcilla Blanda
- Roca
- Punto Calculado
- Punto Base



- 56 puntos
- 20 estaciones Bogotá
- Distribución y varios
- 142 kilómetros



e
internos

Dat

- Campaña
 - Metod
 - Metod
 - 4 s
 - Equipc
 - GP
 - GP
 - Niv



: Choke Ring

- Campaña
 - Metodología de
 - Metodología de
 - 3 sesiones de
 - Equipos:
 - GPS LEIAT50
 - GPS LEIAT50
 - TPSHIPER GC
 - Nivel digital I
 - Trabajos realiza



rt(K))
1

: Choke Ring

2007 y 24-Agosto-2007

Procesamiento de los Datos GNSS (1)

- Procesamiento de diferencias dobles de fase, software Bernese, versión 5.0.
- Máscara de elevación e intervalo de muestreo: 3° y 30 s.
- Valores absolutos del IGS para la corrección de las variaciones de los centros de fase.
- Órbitas satelitales, correcciones de los relojes satelitales y los parámetros de orientación terrestre calculados en las soluciones semanales del IGS; las efemérides precisas referidas al ITRF2000 (campañas 2003 y 2004) fueron transformadas al ITRF2005.
- Ambigüedades de fase para L1 y L2 se resolvieron utilizando la estrategia *quasi ionosphere free* (QIF). Los modelos ionosféricos *a-priori* utilizados corresponden con los modelos diarios globales generados por el centro de análisis CODE.
- Los movimientos periódicos causados por la carga oceánica fueron reducidos de acuerdo con el modelo de mareas oceánicas FES2004.

Procesamiento de los Datos GNSS (2)

- Los valores absolutos para las correcciones del retardo causado por la refracción atmosférica en las estaciones BOGA y BOGT fueron tomados de las soluciones semanales del IGS-RNAAC-SIR para las semanas correspondientes (1208, 1291, 1439). Se asumió que estos valores absolutos son iguales para todas las estaciones (extensión máxima de la red 35 km) y solamente se calcularon los valores relativos a partir de las observaciones GPS (junto con las coordenadas de los puntos) para intervalos de 4 horas.
- Una sesión se definió de 24 horas y cada sesión se procesó introduciendo un sigma a priori para las coordenadas de 1 m.
- Las ecuaciones normales diarias (*.NQ0) fueron combinadas en cada año introduciendo como condiciones para la definición del datum las llamadas 'no net rotation' y 'no net translation' con respecto a las estaciones BOGA y BOGT.
- Las coordenadas de las estaciones de referencia fueron tomadas de las soluciones semanales del IGS-RNAAC-SIR (semanas GPS 1208, 1291, 1439)

Procesamiento de los datos de Nivelación

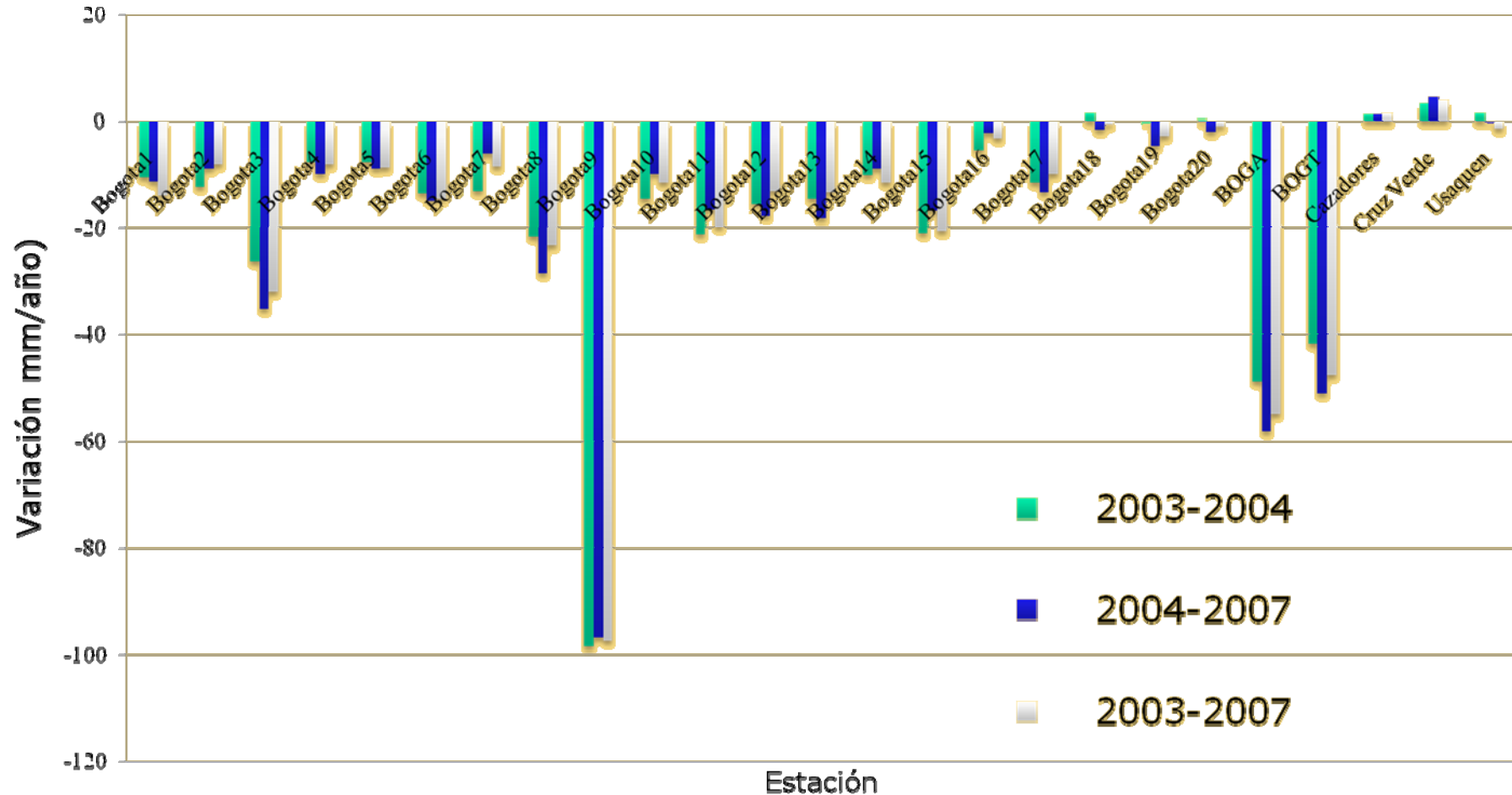
- Software Leica Geo Office versión 1.1
- Alturas ajustadas por mínimos cuadrados
- Parámetros básicos

– Método de ajuste	Por distancia
– Error de cota por estación	0,0005 m
– Balance de distancia	10 m
– Revisión de doble observación	0,0002 m
– Diferencia de estación	0,0003 m
– Distancia máxima de visual	80 m
– Altura mínima sobre el suelo	0,2 m
– Correcciones de mira de nivel	NO

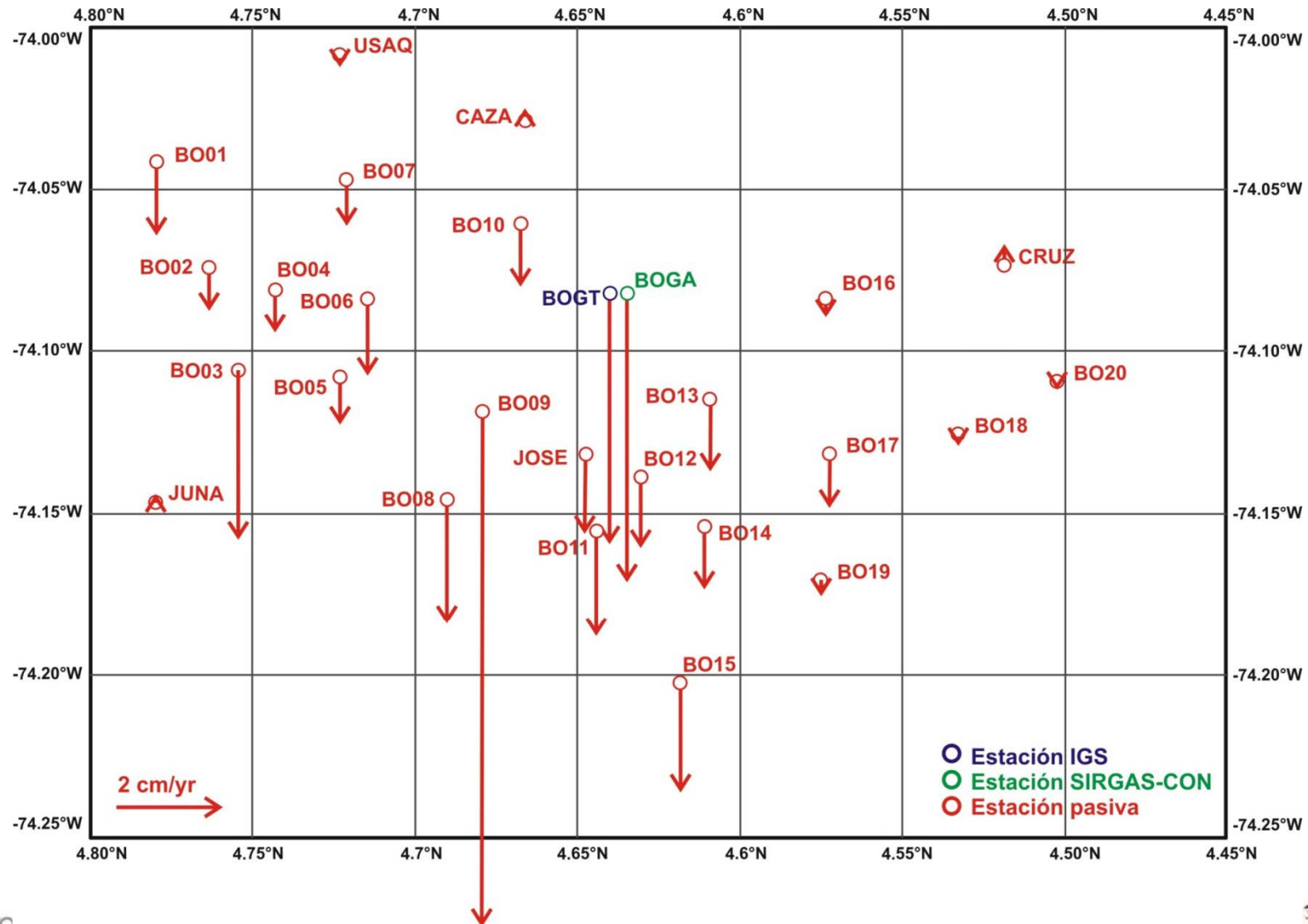
Cambios en las alturas derivados de GNSS (1)

Estación	Comparación campañas 2004-2003	Comparación campañas 2007-2004	Comparación campañas 2007-2003
	Δh [mm/yr]	Δh [mm/yr]	Δh [mm/yr]
Bogota1	-10,7 ± 1,2	-11,4 ± 1,0	-14,0 ± 0,9
Bogota2	-12,5 ± 1,1	-9,1 ± 0,9	-8,1 ± 0,8
Bogota3	-26,4 ± 1,4	-35,3 ± 1,3	-32,1 ± 0,9
Bogota4	-7,8 ± 1,7	-10,0 ± 1,6	-8,1 ± 1,7
Bogota5	-7,7 ± 1,5	-9,0 ± 1,1	-8,8 ± 1,2
Bogota6	-13,6 ± 4,4	-15,1 ± 4,4	-14,6 ± 0,9
Bogota7	-13,2 ± 1,4	-6,1 ± 1,0	-8,6 ± 1,2
Bogota8	-21,8 ± 1,2	-28,7 ± 1,6	-23,4 ± 1,5
Bogota9	-98,5 ± 1,3	-96,9 ± 0,8	-97,5 ± 1,2
Bogota10	-14,6 ± 1,6	-10,1 ± 2,8	-11,7 ± 2,7
Bogota11	-21,3 ± 1,9	-16,8 ± 1,0	-19,9 ± 1,8
Bogota12	-15,7 ± 1,6	-18,0 ± 1,2	-13,3 ± 1,2
Bogota13	-14,7 ± 1,4	-18,4 ± 0,9	-13,5 ± 1,3
Bogota14	-10,3 ± 1,8	-9,1 ± 1,3	-11,7 ± 1,5
Bogota15	-21,2 ± 1,3	-17,0 ± 1,0	-20,7 ± 1,2
Bogota16	-5,5 ± 1,6	-2,3 ± 1,9	-3,4 ± 1,9
Bogota17	-11,6 ± 1,6	-13,5 ± 0,9	-10,1 ± 1,5
Bogota18	1,4 ± 1,6	-1,7 ± 1,4	-0,6 ± 1,8
Bogota19	-0,3 ± 2,6	-4,7 ± 2,5	-2,9 ± 1,2
Bogota20	0,3 ± 1,7	-2,2 ± 1,1	-1,1 ± 1,5
BOGA	-48,9 ± 0,1	-58,2 ± 0,1	-54,9 ± 0,1
BOGT	-41,9 ± 0,1	-51,1 ± 0,1	-47,8 ± 0,1
Cazadores	1,2 ± 2,1	1,1 ± 2,0	1,4 ± 1,6
Cruz Verde	3,1 ± 0,8	4,4 ± 0,7	3,8 ± 0,6
Usaquen	1,4 ± 1,6	-0,3 ± 1,6	-1,5 ± 1,0

Cambios en las alturas derivados de GNSS (2)



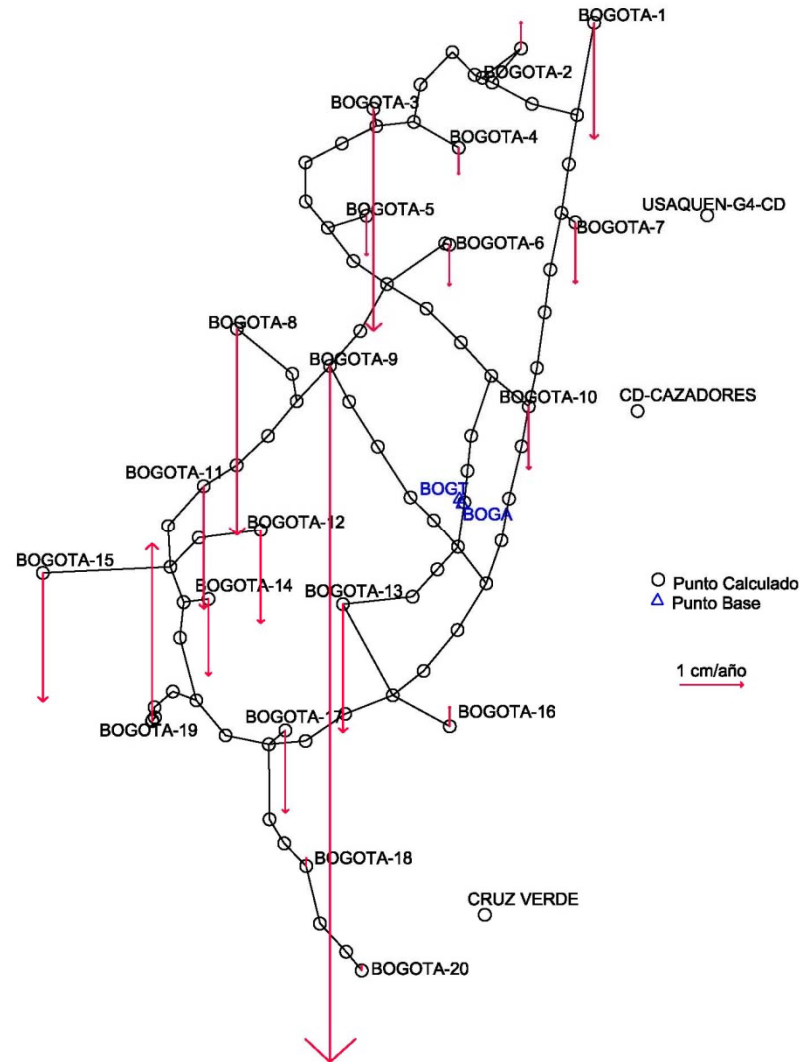
Cambios en las alturas derivados de GNSS (2)



Cambios en las alturas derivados de nivelación geométrica (1)

ID PUNTO	Diferencia 2003-2007 (mm/año)
BOGOTA-1	-18,5
BOGOTA-2	4,2
BOGOTA-3	-35,4
BOGOTA-4	-4,2
BOGOTA-5	-6,3
BOGOTA-6	-6,5
BOGOTA-7	-9,7
BOGOTA-8	-33,0
BOGOTA-9	-110,8
BOGOTA-10	-10,0
BOGOTA-11	-19,7
BOGOTA-12	-14,9
BOGOTA-13	-20,4
BOGOTA-14	-12,2
BOGOTA-15	-20,5
BOGOTA-16	3,1
BOGOTA-17	-13,1
BOGOTA-18	1,3
BOGOTA-19	28,3
BOGOTA-20	0,8

Cambios en las alturas derivados de nivelación geométrica (2)

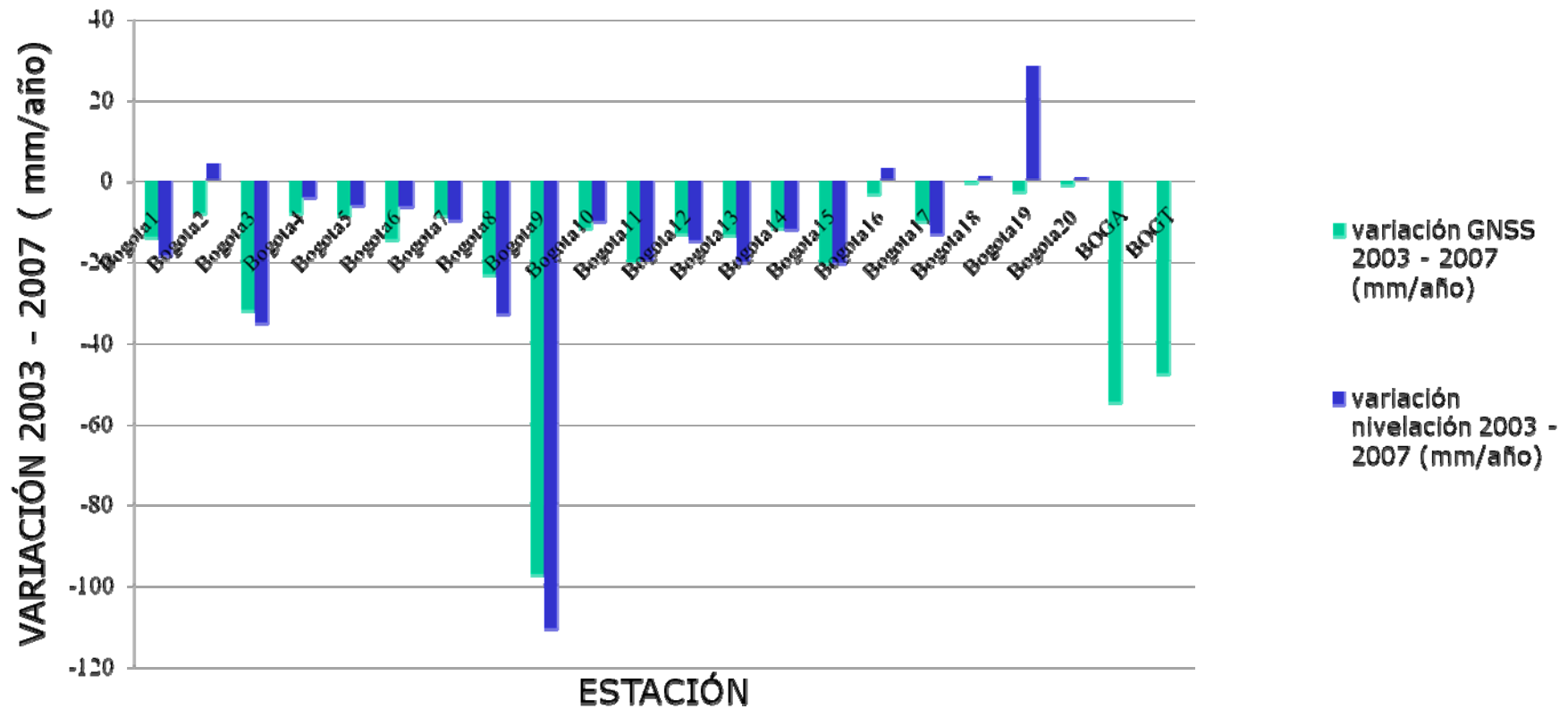


Comparación (1)

ID PUNTO	Diferencia GPS - Diferencia nivelación (mm/año) 2003-2007
BOGOTA-1	4,5
BOGOTA-2	-12,3
BOGOTA-3	3,3
BOGOTA-4	-3,9
BOGOTA-5	-2,5
BOGOTA-6	-8,1
BOGOTA-7	1,1
BOGOTA-8	9,6
BOGOTA-9	13,3
BOGOTA-10	-1,7
BOGOTA-11	-0,2
BOGOTA-12	1,6
BOGOTA-13	6,9
BOGOTA-14	0,5
BOGOTA-15	-0,2
BOGOTA-16	-6,5
BOGOTA-17	3
BOGOTA-18	-1,9
BOGOTA-19	-31,2
BOGOTA-20	-1,9

Comparación (2)

Comparación variaciones GNSS y nivelación 2003 - 2007



Conclusiones

- Nivelar geoméricamente las estaciones BOGA Y BOGT
- Reducir el intervalo de campañas a un (1) año
- Realizar las campañas en temporada seca (diciembre – febrero)
- Fortalecer las capacidades de interpretación: apoyo equipo multidisciplinario
- Aumentar el número de estaciones GNSS continuas en Bogotá