

Capítulo 1

GPS - Test 2

1.1. Objetivos

En el capítulo anterior se comenzó a analizar la performance del GPS. Se intentó reconstruir un polígono, y se analizó el error al estimar la posición de un punto fijo. En este capítulo se continúa dicho análisis, repitiendo el procedimiento, pero con un polígono más grande, y tiempo más largos para la estimación de la posición de un punto fijo.

1.2. Materiales

- GPS.
- Laptop.
- Trípode (de fotografía).
- Cinta métrica, pintura y cuerda.

1.3. Procedimiento

En esta prueba se trata de obtener el error del GPS en el plano paralelo a la tierra, es decir, el error en latitud y longitud.

El experimento que se diseñó consiste en marcar un rectángulo sobre el suelo (pasto), utilizando 6 puntos, con la siguiente disposición:

```

      Árbol
Árbol      Árbol
      Gente_q_me_va_a_afanar
      Árbol
-- < -- < -- < -- < -- < -- <
calle que sube de la rambla
-- > -- > -- > -- > -- > -- >
3          2          1
x ----- x ----- x
|
|
|
|
x ----- x ----- x
6          5          4

```

Estacionamiento de la fac

Orientación del GPS:

```

      led
      ^
      |
      |
      usb

```

A diferencia del experimento de la sección 1.1, aquí todas líneas punteadas son de 6m de largo, en lugar de 1m. Resulta en un rectángulo de 6m por 12m.

Los pasos a seguir son los siguientes:

1. Construir el rectángulo sobre un superficie plana.
 - Se utilizó pintura para marcar los vértices del triángulo.
 - Para trazar uno de los lados de 12 metros (puntos 1,2 y 3), se fijó una cuerda de 12 metros (con el punto medio marcado) a un punto, y se extendió (sin estirla). El principio (1) y el final (3) de la cuerda son vértices del polígono, y el punto medio (2) es otro de los puntos de interés.
 - Para construir perpendiculares se utilizó una cuerda de 6m, y otra de 8.5m¹. Uno de los extremos de la cuerda de 6 metros se fijó al 1, y uno

¹Pitágoras: $8,5 \approx \sqrt{6^2 + 6^2} = 8,4852...$

de los extremos de la cuerda de 8.5m se fijó a 2. El punto donde ambas se intersectan corresponde a 4. Un procedimiento similar se siguió para determinar la ubicación de 5 y 6.

2. Medir, con un metro, las distancias entre todos los puntos.
3. Utilizar mínimos cuadrados para minimizar el error entre las distancias esperadas, y las experimentales. Esto puede llevar a trabajar con un polígono que **no** sea un rectángulo, pero el error será menor que el que resultaría de usar los valores teóricos.
4. Fijar la altura y la orientación del GPS, y tomar medidas en cada uno de los puntos [1,2,3,4,5,6].
5. Tomar un punto como origen, y comparar la figura que resulta de los datos provenientes del GPS con las medidas tomadas con el metro.

En la figura 1.1a se observa el trípode que sostiene al GPS. El objetivo era tener el GPS a una altura fija, y separado del piso. Al nivel del piso los rebotes degradan seriamente la performance del GPS. La cuerda que marca el lado del polígono, junto con las patas del trípode, se utilizaron para fijar la orientación del GPS durante el experimento.



(a) Trípode de fotografía, con el GPS atado en lugar de la cámara..



(b) GPS amarrado al trípode.

Figura 1.1: GPS + Atril

1.3.1. Verificación del polígono

Una vez construido el polígono, es de interés medir todas las diagonales (con la cinta métrica) por dos motivos:

- Verificar que no se cometieron errores.
- Hacer mínimos cuadrados con las medidas, de manera de obtener un polígono, que no tiene porqué ser (y en general no será) un rectángulo, sino algo similar a un rectángulo, más ajustado a la realidad.

Las medidas tomadas se resumen en la tabla 1.1, donde D12 representa la medida de la recta que une el punto 1 con el punto 2, en cm.

D12	D14	D15	D16	D23	D24	D25	D26	D34	D35	D36	D45	D56
603	606	855	1345	603	853	608	853	1344	850	602	602	603

Cuadro 1.1: Diagonales del polígono en cm. Lectura: D_{42} representa la longitud (en cm) de la recta que une el punto 4 con el punto 2.

1.3.2. Punto fijo - 10 minutos

Se tomaron datos durante 10 minutos (≈ 600 muestras) en cada uno de los vértices del polígono, con el objetivo de observar la estabilidad de la información proveniente del GPS.

En la figura 1.2 se muestran los datos luego de restar el promedio, o sea que se muestra el error respecto al valor promedio.

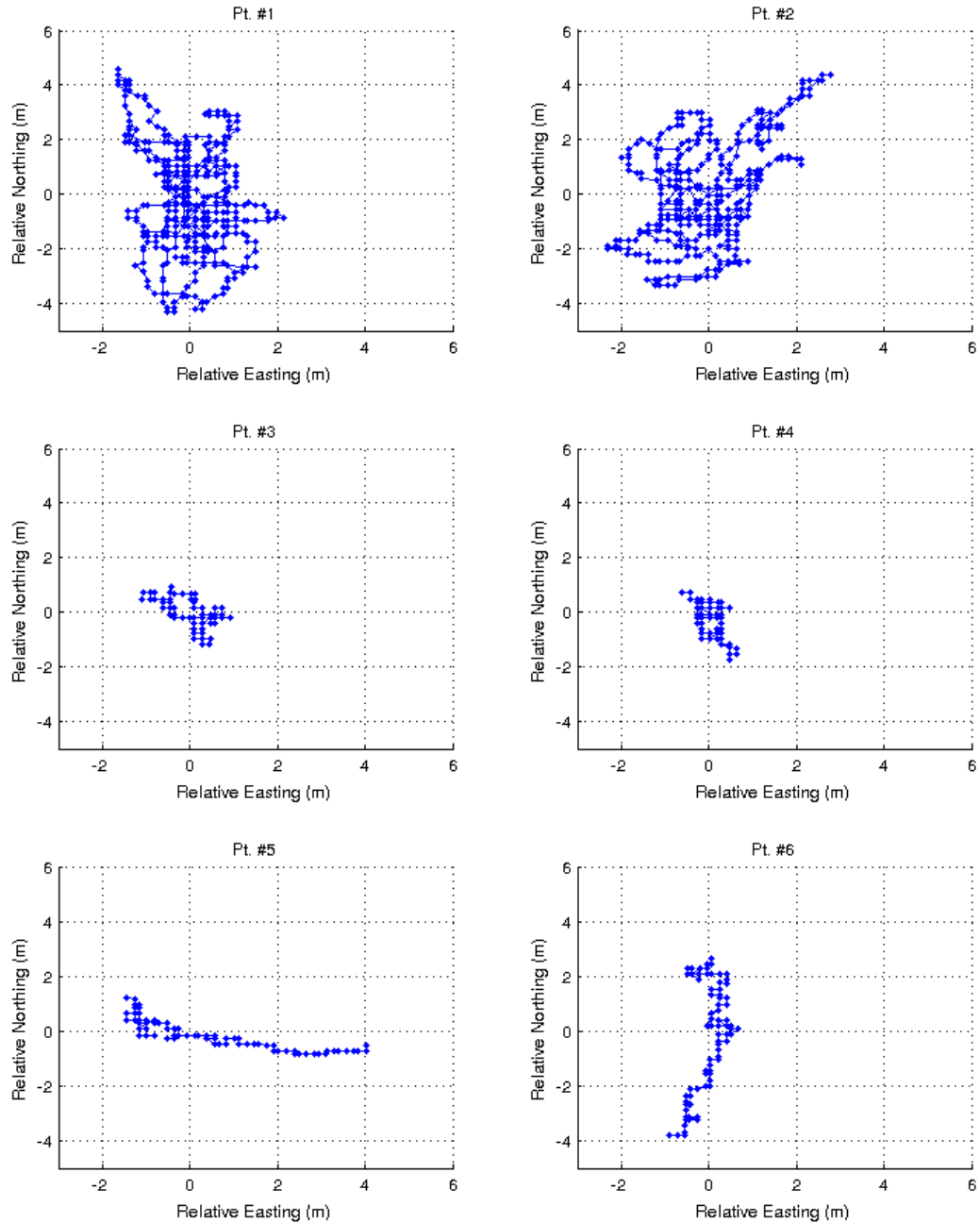


Figura 1.2: GPS quieto en cada punto del polígono, GPS orientado como se describe en 1.3 y se muestra en 1.1b.

En la figura 1.3 se observan todas las gráficas de la figura 1.2, pero superpuestas.

Si el GPS fuese perfecto, entonces todas las muestras coincidirían con el promedio, y estarían ubicadas en el punto $[0,0]$. El círculo negro tiene 2.5m de radio, las muestras que caen fuera de él están a más de 2.5m del valor promedio. En la leyenda se muestra que porcentaje de las muestras caen fuera del círculo.

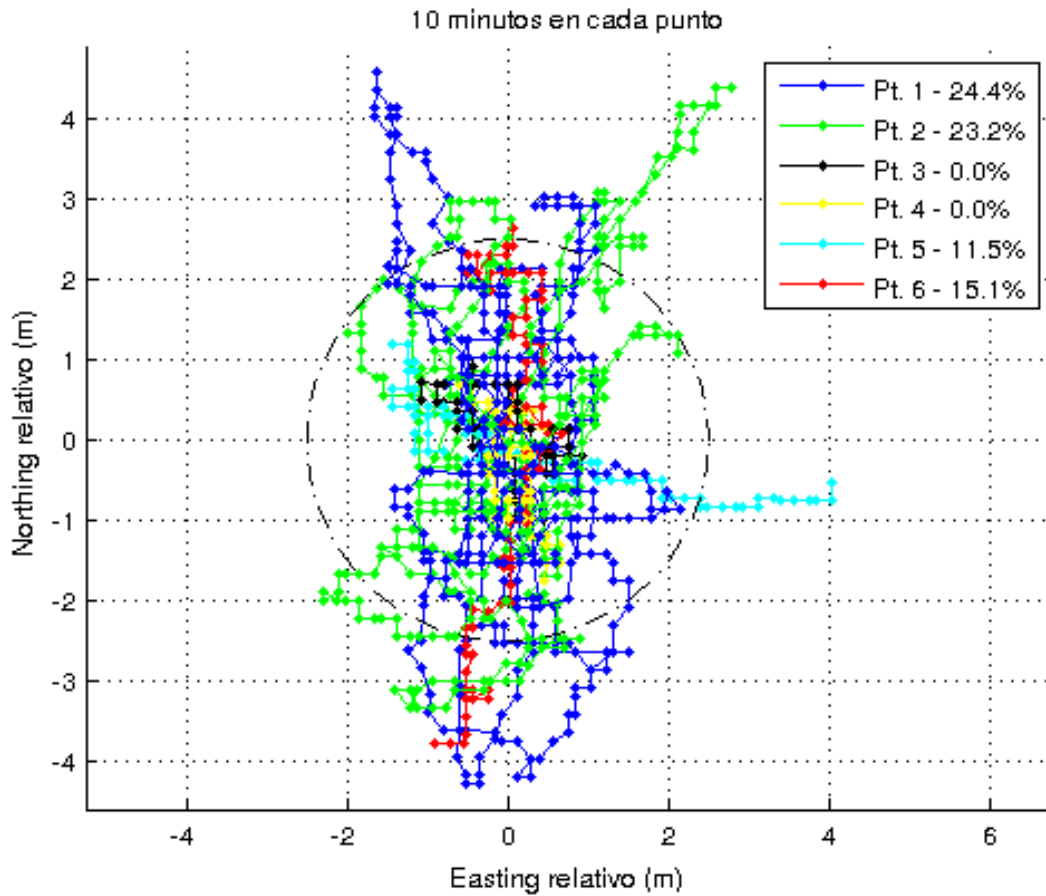


Figura 1.3: Error respecto al valor medio (Plots de 1.2 superpuestos). En la leyenda se muestran que porcentaje de muestras que caen a más de 2.5m del promedio.

1.3.3. Punto fijo - 2 minutos

Se repitió el experimento tomando solamente 2 minutos de muestras por punto. Se optó por tomar datos durante solamente 2 minutos para agilizar el experimento. Los resultados son similares a los que se obtuvieron con el experimento de 10 minutos.

Se orientó el GPS de 3 maneras distintas, siempre alineando el trípode con uno de los lados de 12m del rectángulo:

1. USB hacia la calle, LED hacia el estacionamiento, como en la figura 1.4b.
2. USB hacia la rambla, LED hacia el IIE.
3. Como en la figura 1.4a.
4. Nuevamente, USB hacia la calle, LED hacia el estacionamiento, como en la figura 1.4b.



(a) Orientación #3



(b) Orientación #4.

Figura 1.4: Fotos de algunas de las orientaciones del GPS en las pruebas de 2 minutos por punto.

Los resultados se observan en las siguientes figuras. Nuevamente, en la leyenda se muestra que **porcentaje de las muestras a más de 2.5m del valor promedio.**

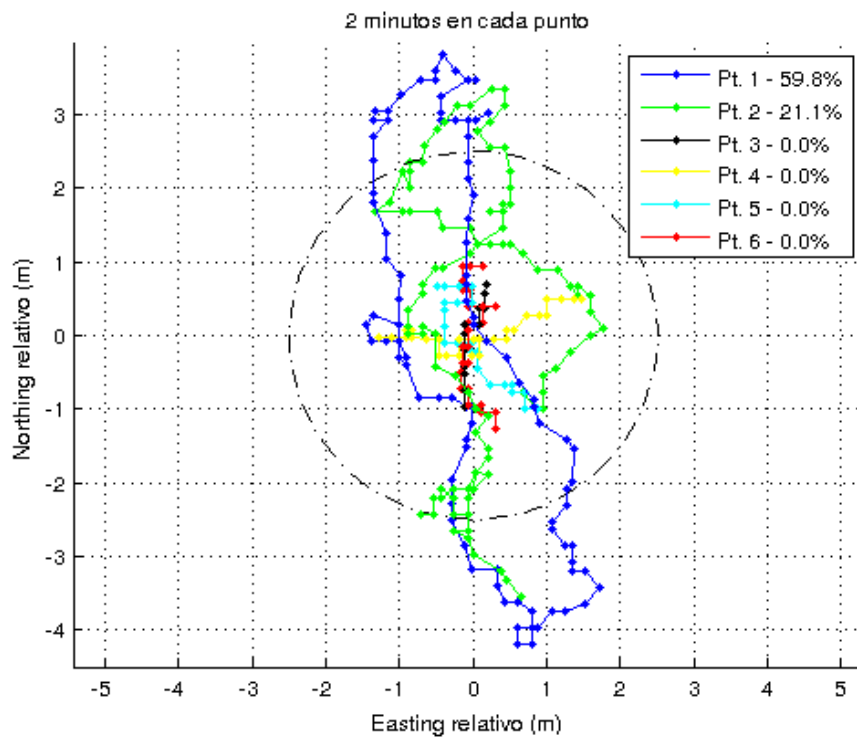


Figura 1.5: Orientación: USB hacia la calle, LED hacia el estacionamiento, como en la figura 1.4b.

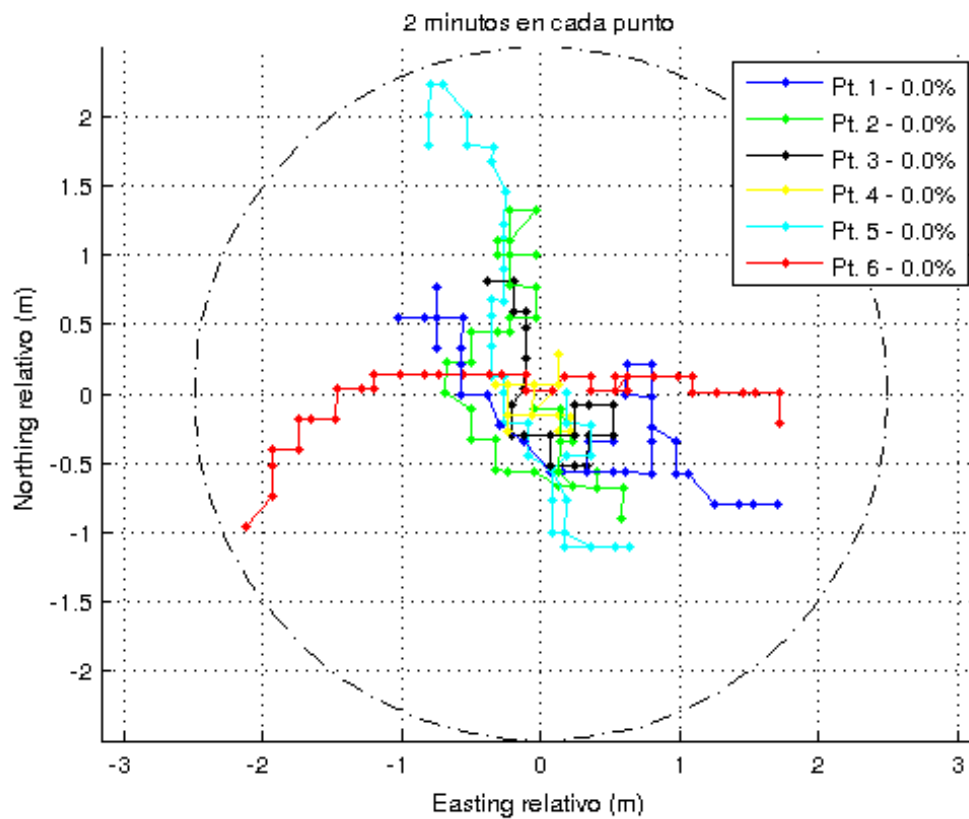


Figura 1.6: Orientación: USB hacia la rambla, LED hacia el IIE.

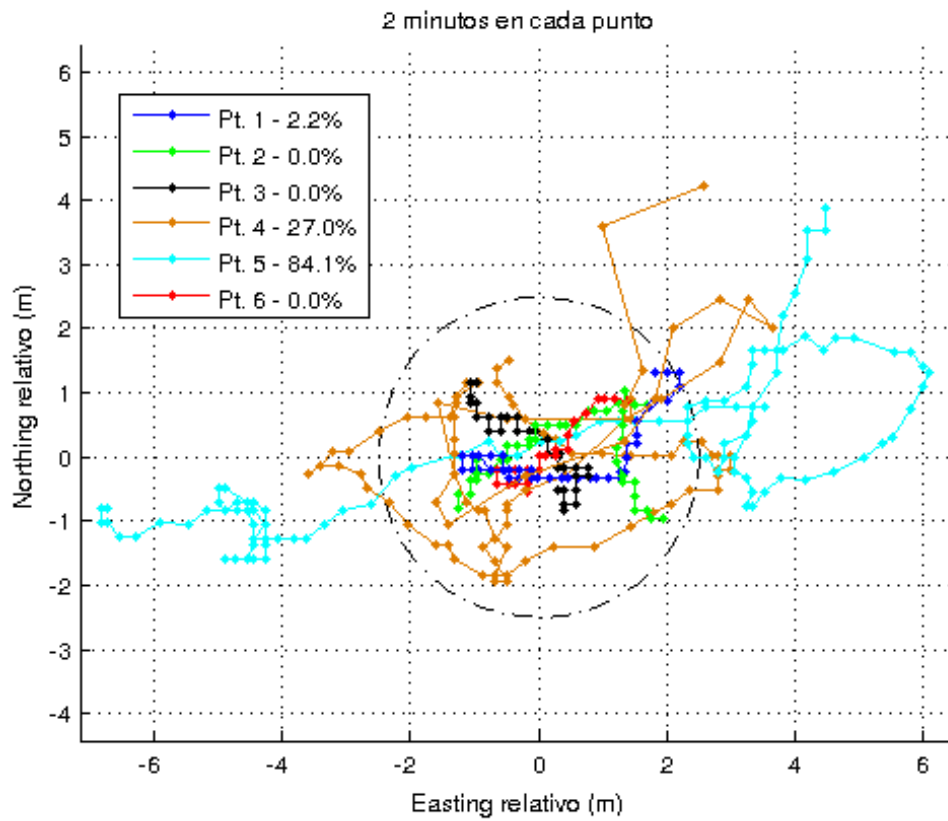


Figura 1.7: Orientación: Como en la figura 1.4a.

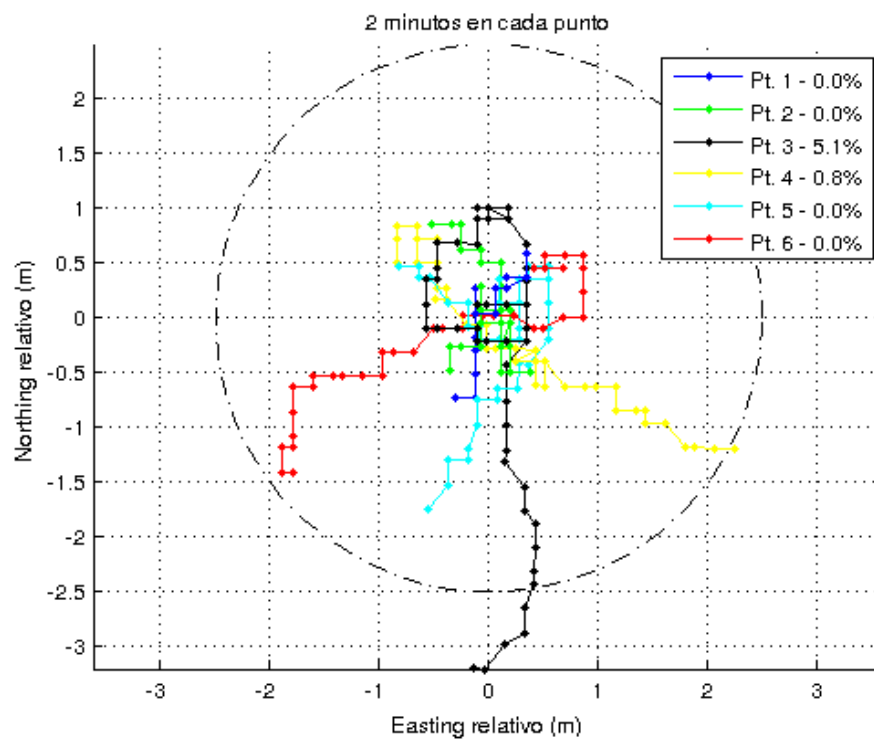


Figura 1.8: Orientación: USB hacia la calle, LED hacia el estacionamiento, como en la figura 1.4b.

Punto fijo: Análisis

■ Influencia de la cantidad de **satélites disponibles**

La teoría dice que con 4 satélites debería alcanzar para obtener un *fix 3D*, es decir, estimar la posición sobre la esfera terrestre, y la distancia (altura) a la misma. Durante el experimento de la figura 1.7, en un momento el GPS perdió señal, y el número de satélites disponibles, que usualmente anda por los 9 o 10, pasó a ser 4. Los datos correspondientes se muestran en la figura 1.9. El trazo naranja, con un error de hasta 23 metros, corresponde a instantes donde la cantidad de satélites era entre 4 y 5. Luego de volver a 9 o 10 satélites, los datos vuelven a ser más razonables.

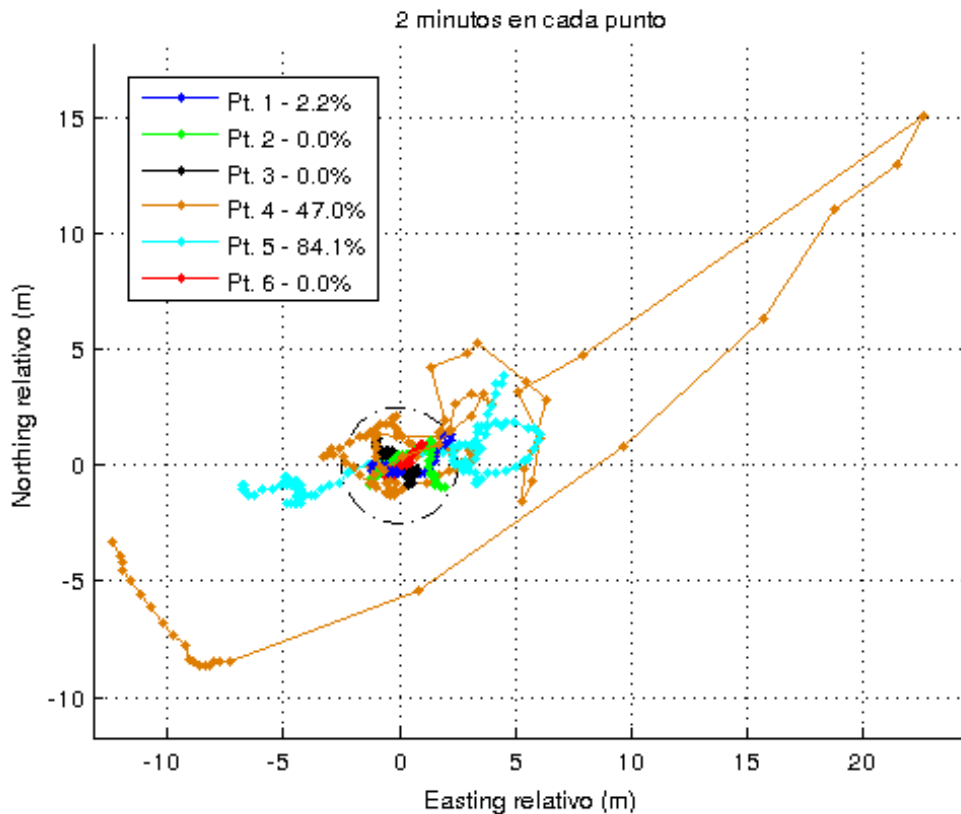


Figura 1.9: Datos con solamente 4 satélites. Orientación: Como en la figura 1.4a.

En la figura 1.7 se observa el mismo log que en 1.9, pero luego de haber quitado las muestras correspondientes al período donde se deterioró la señal.

No se pudo encontrar una explicación para la mala calidad de las muestras correspondientes al punto 5 en la figura 1.7. La cantidad de satélites disponibles se mantuvo estable en 9 o 10 durante la adquisición de esos datos.

■ Influencia de la **orientación**:

No parece haber una correlación directa entre resultados y la orientación del GPS, evidencia de esto son las figuras 1.8 y 1.5, que fueron tomadas con la misma orientación.

Resulta intuitivo suponer que existe, debido a que el GPS tiene una antena adentro. En la sección 1.3.3 se estudia un poco más este asunto.

Orientación

Para evaluar si existe una correlación entre la orientación y las medidas del GPS, se hizo el siguiente experimento:

1. Tomar datos durante 10 minutos con el GPS arriba del trípode, dos patas alineadas con una recta fija.
2. Rotar el trípode 120 grados en sentido horario (visto desde arriba), de manera que otro lado del triángulo que forman las patas del trípode quede alineado con la recta. Tomar datos durante 10 minutos.
3. Rotar y tomar datos nuevamente.

Los resultados del experimento se observan en la figura.

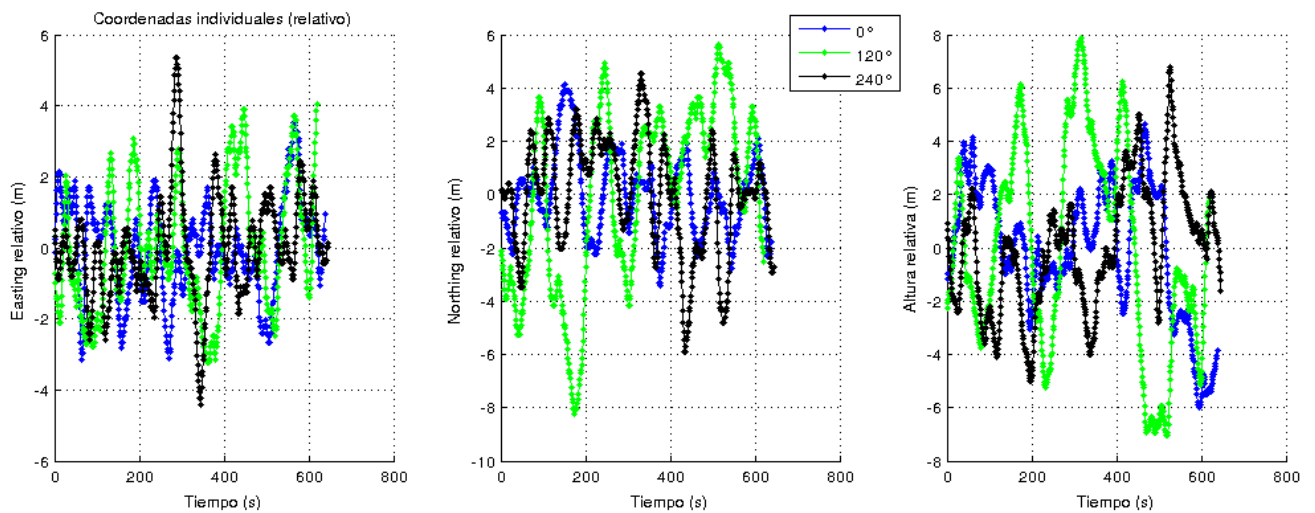


Figura 1.10: Datos rotando el GPS sobre un punto fijo.

Orientación - Conclusiones

No se encontró una correlación entre la orientación del GPS y el error en las medidas. El experimento se realizó con cielo abierto, con una buena geometría. Tal vez en situaciones de visibilidad limitada se podría observar una correlación.

Tener visibilidad limitada por obstáculo deteriora la performance del GPS. No es el objetivo de este informe evaluar la performance en ambientes complicados.

1.3.4. Polígono

En la figura 1.11, en rojo se observa el polígono resultante de unir el promedio de las muestras de 10 minutos tomadas en cada uno de los vértices. En la figura 1.12 se dicho polígono, proyectado sobre una foto satelital² observa lo mismo, pero con promedio de 2 minutos.

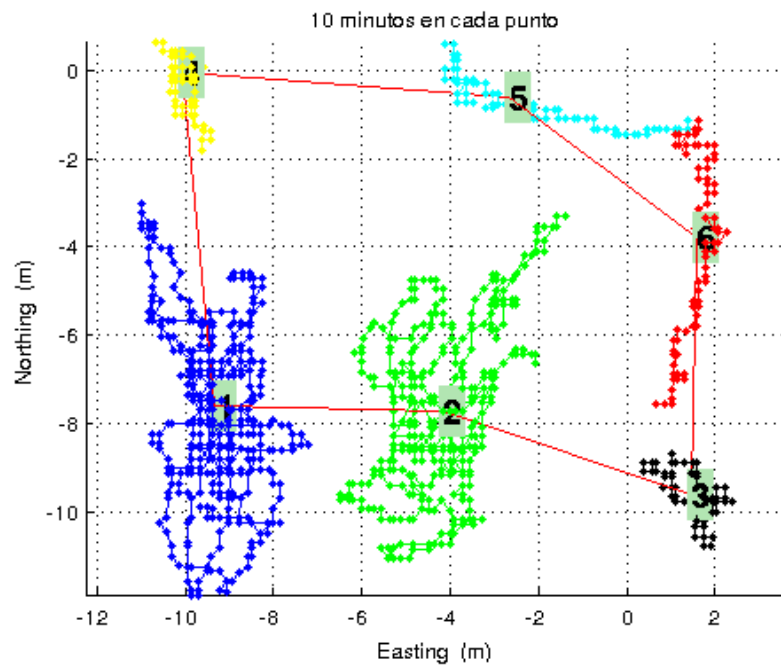


Figura 1.11: Polígono formado por los promedios de 10 minutos.



Figura 1.12: Proyección del polígono formado por los promedios de 10 minutos sobre una foto satelital..

²El mapa y las fotos se obtuvieron de <http://sig.montevideo.gub.uy/mapas/mapa-principal>

1.4. Conclusión