

**DISEÑO DEL PROTOTIPO DE UN SISTEMA DE UBICACIÓN,
PARA PERSONAS INVIDENTES EN LA UNIVERSIDAD
DE CUNDINAMARCA, SEDE FUSAGASUGÁ**

SINDI ANGÉLICA ROJAS SANDOVAL

Código: 162212140

MARYORI GINNETH TORRES NOVOA

Código: 162111227

Universidad de Cundinamarca

Facultad de Ingeniería

Ingeniera Electrónica

Fusagasugá, Colombia

2017

DISEÑO DEL PROTOTIPO DE UN SISTEMA DE UBICACIÓN, PARA PERSONAS INVIDENTES EN LA UNIVERSIDAD DE CUNDINAMARCA, SEDE FUSAGASUGÁ

Trabajo de grado presentado como requisito para optar por el título de ingeniero
electrónico

SINDI ANGÉLICA ROJAS SANDOVAL

162212140

MARYORI GINNETH TORRES NOVOA

162111227

Asesor:

ISMAEL ROA LAGUADO

Ingeniero electrónico

Docente Tiempo Completo

Línea de investigación:

SOFTWARE, SISTEMAS EMERGENTES y NUEVAS TECNOLOGIAS

Universidad de Cundinamarca

Facultad de Ingeniería

Ingeniería Electrónica

Fusagasugá, Colombia

2017

Agradecimientos

Agradecemos a cada una de las personas que en las diferentes etapas del desarrollo metodológico influyeron positivamente, permitiéndonos obtener enfoques diferentes y logros satisfactorios durante la realización de este proyecto, en especial a los estudiantes Jhon López y Michelle Espitia quienes en todo momento estuvieron dispuestos con la mejor la actitud para ayudarnos, al ingeniero Ismael Roa por su orientación y guía desde el inicio del proyecto hasta la culminación de cada una de las actividades realizadas, ayudándonos a superar los diferentes obstáculos, y por ultimo a nuestros compañeros y familias quienes nos apoyaron incondicionalmente.

Resumen

Uno de los principales problemas que aquejan a la población con discapacidad visual corresponde a la falta de movilización autónoma en diferentes ambientes, debido a la dinámica de los lugares y al cambio continuo que pueden llegar a presentar las instalaciones donde ellos desarrollan actividades diarias u ocasionales, generándose así, un nivel de desigualdad respecto al resto de la población, ya que hay una dependencia de una persona de apoyo, las principales consecuencias de esto son la inseguridad en el conocimiento de la ubicación, la pérdida de tiempo en búsqueda del destino al que se desea llegar y la dificultad que se presenta para adaptarse a los entornos.

Observando las pocas tecnologías implementadas en la Universidad de Cundinamarca sede Fusagasugá y buscando dar respuesta a la ley Estatutaria 1618 de 2013 la cual, busca asegurar el ejercicio efectivo de los derechos de las personas con discapacidad, mediante la adopción de medidas de inclusión, se propone el diseño del prototipo de un sistema de ubicación en ambientes exteriores, que permita a personas con dicha dificultad conocer el lugar donde se encuentran y los sitios cercanos a los que pueden acceder, buscando mejorar las actividades que desarrollan a diario dentro del campus de la Universidad de Cundinamarca, sede Fusagasugá, para el máximo aprovechamiento de cada una de las áreas académicas.

El prototipo del sistema de ubicación para personas invidentes se diseñó luego de una comparación entre diferentes tecnologías, se concluyó que la tecnología que mejor se adaptaba a las necesidades particulares del proyecto es la GPS (Sistema de Posicionamiento Global) en conjunto con un micro controlador de la familia Arduino, después de la selección de la tecnología y basados en las necesidades expresadas por los estudiantes con dicha discapacidad, se determinaron los lugares estratégicos más importantes para ellos, finalmente se obtuvo un total de 22 zonas.

Posteriormente se generó un algoritmo el cual depende de los datos que arrojan el GPS y una brújula digital, para emitir mensajes de voz, indicando el lugar en que se encuentra y las zonas cercanas a las que se dirige. De esta manera el dispositivo interactúa con los usuarios guiándolos dentro de la Universidad De Cundinamarca, sede Fusagasugá, por medio de comandos de voz, pues al no contar con el sentido de la vista, el sentido de la audición toma mayor importancia.

Para evaluar el funcionamiento del prototipo se realizaron diferentes pruebas con los potenciales usuarios finales, en las cuales se obtuvo un alto porcentaje de efectividad en cuanto a ubicación y dirección.

Abstract

One of the main problems that afflict the visual handicapped population around the world is the lack of autonomous mobilization in their everyday life environment, due to the dynamic and changes of the places and installations where they develop, creating a level of inequality compare with the rest of the population; unknown their destination, waste of time searching for a place, difficulty to adapt themselves to a change in their surroundings are some of the consequences making that disable people depends on support personnel.

Looking for the few technologies implemented in the Universidad de Cundinamarca Fusagasugá and searching for an answer to the requirement of the law 1618 of 2013 that seeks to ensure the effective exercise of the rights of persons with disabilities by adopting inclusion measures, it is proposed to design a prototype of an outdoor location system that allows people with such difficulty to know where they are and the sites nearby that they can access in the campus, seeking to improve the activities they develop daily within the campus of the Universidad de Cundinamarca, Fusagasugá, for maximum use of each of the academic areas.

The prototype of the outdoor location system for blind people was designed after a comparison between different technologies, it was concluded that the technology that best suited to the particular needs of the project is the GPS (Global Positioning System) in combination with a microprocessor of the Arduino family, after the selection of technology and based on the needs expressed by students with this disability, the most important strategic locations inside the campus were determined for them, finally a total of 22 areas were acquired.

During the design process an algorithm using the GPS and gyroscope data was generated to produce a voice message, indicating the actual position of the user inside the campus and the nearby areas where he/she wants to go. In this way the device interacts with the users guiding them within the Universidad de Cundinamarca Fusagasugá, through voice commands, because without the sense of sight, the sense of hearing becomes more important.

In order to evaluate the operation of the prototype, different tests were carried out with the final potential users, in which a high percentage of effectiveness in terms of location and direction were obtained.

Introducción

El desplazamiento personal es una actividad que depende en gran medida del sentido de la vista, por lo que las personas con limitaciones visuales a diario enfrentan grandes retos, el hecho de no poder captar toda la información del ambiente que los rodea trae como consecuencia la falta de autonomía, por esta razón, es común que esta población recurra a instrumentos y técnicas que sirven de ayuda, por ejemplo una representación mental del espacio, conteo de pasos, asignación de puntos de referencia [36], uso de bastón, perro guía, entre otros. Diferentes estudios muestran la importancia de la audición para las personas con deficiencias visuales, por lo que generar interfaces basadas en audio es una gran opción de solución.

Aunque en Colombia varias Universidades han realizado aportes e investigaciones para el desarrollo de diferentes aplicaciones con una diversidad de metodologías, que permitan mejorar la calidad de vida de las personas en condición de discapacidad, no se cuenta con una tecnología en particular que pueda facilitar el desplazamiento en áreas determinadas, más que el tradicional bastón. Por lo cual, es necesario aplicar las nuevas tecnologías para que sirvan de apoyo al proceso de movilidad.

Con la realización de este proyecto se desarrolló un prototipo de un sistema de ubicación para que las personas invidentes mejoren su movilidad dentro del campus de la Universidad de Cundinamarca, este prototipo se implementó de acuerdo a los requerimientos de bajo costo, aprovechamiento de nuevas tecnologías, y notificaciones por medio de audio.

Contenido

Resumen.....	4
Abstract	5
Introducción.....	6
1. EL PROBLEMA	14
1.1. Planteamiento Del Problema.....	14
1.2. Hipótesis	15
1.3. Objetivos	15
1.3.1. Objetivo general.....	15
1.3.2. Objetivos específicos.....	15
1.4. Justificación.....	16
1.5. Alcances y limitaciones	17
1.5.1. Alcances	17
1.5.2. Limitaciones.....	17
2. MARCO TEÓRICO	18
2.1. Estado Del Arte	18
2.2. Fundamentos Teóricos.....	24
2.2.1. Discapacidad visual	24
2.2.1.1. Ceguera.....	25
2.2.1.2. Baja Visión.....	25
2.2.2. Tipos de Tecnologías	25
2.2.2.1 RFID	25
2.2.2.3 ZIGBEE	26
2.2.2.4 GPS	26
2.2.2.5 WI-FI.....	27
3 DISEÑO METODOLÓGICO	28
3.1 Entrevista Con Estudiantes Invidentes.....	28
3.1.1 Diseño de encuesta.....	28

3.1.2	Resultados.....	28
3.1.3	Análisis de resultados.....	29
3.2	Selección De Tecnología	31
3.3	Selección De La Plataforma o Microcontrolador	32
3.4	Diseño De Software Para El Sistema De Ubicación Por Medio De Mensajes De Voz.....	33
3.4.1	Selección de Zonas Estratégicas.....	33
3.4.2	Adquisición de coordenadas en zonas determinadas de la Universidad.....	33
3.4.3	Análisis de factores exteriores.....	35
3.4.3.1	Comparación entre dos módulos GPS	35
3.4.4	Análisis estadístico de datos	37
4.	DESARROLLO DEL SOFTWARE	55
4.1	Módulo GPS.....	55
4.1.1	Algoritmo modulo GPS	56
4.2	Módulo de Direccionamiento.....	61
4.2.1	Algoritmo módulo de direccionamiento.....	61
4.2.2	Algoritmo para la detección de la zona y la dirección	65
4.3	Módulo de Audio	68
4.3.1	Algoritmo módulo de audio	70
5.	DISEÑO DE HARDWARE	72
5.1.	Diagrama de Bloques.....	72
5.2.	Esquema Modular	72
5.2.1.	Modulo GPS	73
5.2.2.	Módulo de Dirección	73
5.2.3.	Módulo de Sonido.....	74
5.3.	Prototipo.....	74
5.3.1.	Esquema Físico	75
5.3.2.	Diagrama Eléctrico	75
5.3.3.	Vista PCB	76
5.4.	Producto Final.....	76

6. EVALUACIÓN Y VALIDACIÓN.....	81
6.1 Evaluación.....	81
6.1.1 Evaluación y verificación de coordenadas	81
6.2 Validación.....	85
6.2.1 Familiarización.....	85
6.2.2 Pruebas de campo con usuarios	86
7. PRESUPUESTO.....	92
7.1 Bibliografía y papelería.....	92
7.2 Materiales.....	92
7.3 Costo personal	93
7.4 Costo total	93
8. ANÁLISIS DE RESULTADOS Y DISCUSIÓN	94
9. CONCLUSIONES Y TRABAJOS FUTUROS.....	95
Bibliografía	96
Anexos	100
A.1. ENTREVISTA.....	100
A.2. RESULTADOS ENTREVISTA.....	102
A.3. ANALISIS ESTADISTICO.....	106
A.4. VERIFICACIÓN	126
A.5. MANUAL DE USUARIO	147
A.6. CÓDIGO	151

Índice de figuras

Figura 1: etapas de diseño metodológico, fuente autoras	28
Figura 2: mapa de zonas generales, fuente oficina planeación u Cundinamarca, edición autoras.	30
Figura 3: modulo gps, Tomado de: http://electronilab.co/	34
Figura 4: campana de gauss longitud, zona entrada, fuente autoras	38
Figura 5: campana de gauss latitud, zona entrada, fuente autoras.....	39
Figura 6: campana de gauss longitud zona Emilio Sierra, fuente autoras.....	41
Figura 7: campana de gauss latitud zona Emilio Sierra, fuente autoras.....	41
Figura 8: Valores Para Dato, Según El Algoritmo, Fuente Oficina De Planeación, Edición Autoras	56
Figura 9: Algoritmo mod. GPS parte A	57
Figura 10: Algoritmo Mod. GPS Parte B.....	58
Figura 11: Algoritmo Mod. GPS Parte C	59
Figura 12: Algoritmo Mod. GPS Parte D	60
Figura 13: modulo Brújula Digital, tomado de: www.Vistronica.com	61
Figura 14: Visualización Rango de Direcciones, fuente autoras	62
Figura 15: Algoritmo Mod. Direccionamiento Parte A.....	63
Figura 16: Algoritmo Mod. Direccionamiento Parte B.....	64
Figura 17: valores en el Mapa, Fuente: Oficina de planeación, Edición Autoras	66
Figura 18: Algoritmo georreferenciación Parte A.....	67
Figura 19: Algoritmo Georreferenciación Parte B.....	68
Figura 20: modulo reproductor de sonido, tomado de: http://microstronic.com/	69
Figura 21: Algoritmo Mod. Sonido	71
Figura 22: Diagrama de Bloques, fuente autoras	72
Figura 23: Esquema Modulo GPS, elaborado en fritzing por autoras	73
Figura 24: Esquema Mod. Dirección, elaborado en fritzing por autoras.....	73
Figura 25: Esquema Mod. Sonido, elaborado en fritzing por autoras.....	74
Figura 26: Esquema Físico, elaborado en fritzing por autoras	75
Figura 27: Diagrama Eléctrico, elaborado en fritzing por autoras.....	75

Figura 28: Vista de PCB, elaborado en fritzing por autoras	76
Figura 29: Rutas Finales, elaborado en fritzing por autoras	77
Figura 30: Baquela Vista Inferior, fuente autoras	77
Figura 31: Baquela Vista Superior, fuente autoras	78
Figura 32: Vista lateral sobre arduino, fuente autoras.....	78
Figura 33: Caja Dispositivo, fotografía tomada por las autoras	79
Figura 34: Vista Frontal, fotografía tomada por las autoras	79
Figura 35: Vista prototipo con batería, fotografía tomada por las autoras	80
Figura 36: Prueba de Funcionamiento, fotografía tomada por las autoras.....	80
Figura 37. Vista en Google Maps de las 22 zonas, fuente Google Maps.	81
Figura 38: comparación Google Maps Vs Mod. GPS en Longitud, zona Entrada, fuente autoras	82
Figura 39: Comparación Google Maps Vs Mod. GPS, en Latitud zona Entrada, fuente autoras	83
Figura 40. Recorrido 1, Michelle, fuente mapa: oficina de planeación, edición: autoras	86
Figura 41: Recorrido 2, Michelle, fuente mapa: oficina de planeación, edición: autoras	87
Figura 42: Recorrido 3, fuente mapa: oficina de planeación, edición: autoras	88
Figura 43: Recorrido 4, Michelle, fuente mapa: oficina de planeación, edición: autoras	88
Figura 44: Recorrido 1, John, fuente mapa: oficina de planeación, edición: autoras	89
Figura 45: Recorrido 2, John, fuente mapa: oficina de planeación, edición: autoras	90
Figura 46: Recorrido 3, John, fuente mapa: oficina de planeación, edición: autoras	90

Índice de tablas

Tabla 1. Zonas Seleccionadas, fuente autoras	29
Tabla 2. comparación de tecnologías. fuente autoras.....	31
TABLA 3. Comparación De Plataformas Y Microcontrolador, Fuente Autoras.....	32
Tabla 4. características modulo gps, fuente fabricante, edición autoras	34
Tabla 5. Comparación de rangos entre dos módulos por tres días. Fuente autoras.	35
Tabla 6. comparación de rangos módulos GPS, fuente autoras	36
Tabla 7. Valores Máximos Y Mínimos En Latitud Y Longitud Zona Entrada, Fuente Autoras.....	38
Tabla 8. valor desviación estándar, zona entrada, fuente autoras	38
Tabla 9. desviación estándar y media para latitud zona entrada, fuente autoras.....	39
Tabla 10. valores máximo y mínimo de las adquisiciones, zona Emilio sierra, fuente autoras	40
Tabla 11. valor promedio y desviación, longitud zona Emilio sierra, fuente autoras .	40
Tabla 12. valor promedio y desviación estándar latitud zona Emilio sierra, fuente autoras	41
Tabla 13. valores adq. zona bloque administrativo, fuente autoras.....	42
Tabla 14. valores adq. zona biblioteca, fuente autoras	43
Tabla 15. valores adq. zona Aula Múltiple, fuente autoras.....	43
Tabla 16. valores adq. zona Kiosco, fuente autoras.....	44
Tabla 17. valores adq. zona Cancha 6 de Mayo, fuente autoras	45
Tabla 18. valores adq. zona Bloque B, fuente autoras.....	45
Tabla 19. valores adq. zona Laboratorios de física y electrónica, fuente autoras	46
Tabla 20. valores adq. zona cancha múltiple, fuente autoras	46
Tabla 21. valores adq. zona cafetería edufisicos, fuente autoras.....	47
Tabla 22. valores adq. zona Bloques C y D, fuente autoras	48
Tabla 23. valores adq. zona Cancha de Tenis, fuente autoras	48
Tabla 24. valores adq. zona Plaza Sativa, fuente autoras	49
Tabla 25. valores adq. zona Plaza de Niños, fuente autoras	49

Tabla 26. valores adq. zona Bienestar, fuente autoras	50
Tabla 27. valores adq. zona Laboratorios de Química y Biología, fuente autoras.....	51
Tabla 28. valores adq. zona Parquaderos F y E, fuente autoras.....	51
Tabla 29. valores adq. zona Bloques F y E, fuente autoras	52
Tabla 30. valores adq. zona Parquadero Gimnasio, fuente autoras.....	52
Tabla 31. valores adq. zona Gimnasio, fuente autoras	53
Tabla 32. valores adq. zona Cancha de Futbol, fuente autoras	54
Tabla 33. Intervalos en latitud y longitud de cada una de las zonas. fuente autoras	54
Tabla 34. Valores para la variable dato, fuente autoras	56
Tabla 35. características de la bruja digital, fuente fabricante, Edición autoras	61
Tabla 36. características módulo wtv020-16, Fuente: fabricante, Edición Autoras ...	69
Tabla 37. comparación Google Maps Vs mod. GPS, zona Entrada, fuente autoras .	82
Tabla 38. Comparación Google Maps Vs mod GPS en zonas seleccionadas, fuente autoras	84
Tabla 39. Resultados Recorridos, fuente autoras	91
Tabla 40. Presupuesto Bibliografía y Papelería, fuente autoras.....	92
Tabla 41. Presupuesto Materiales, fuente autoras	93
Tabla 42. Presupuesto Costos Personal, Fuente Autoras.....	93
Tabla 43. Costo Total, fuente autoras	93

Índice de Ecuaciones

Ecuación 1: Rango	35
Ecuación 2. Promedio	35
Ecuación 3: Media.....	37
Ecuación 4: Desviación Estándar.....	37
Ecuación 5: Distribución Normal	37
Ecuación 6: Posibles valores para la variable Dato, fuente autoras.....	55

1. EL PROBLEMA

1.1. Planteamiento Del Problema

Partiendo de la declaración universal de los derechos humanos que define la educación como un derecho fundamental, se hace necesario generar herramientas para que se llegue a cumplir tal derecho en el 100% de la población, tomando como referencia la ley Estatutaria 1618 del 2013 la cual establece las disposiciones para garantizar el pleno ejercicio de los derechos de las personas con limitaciones físicas [16], resaltando la importancia de la implementación de acciones y medidas pertinentes que deben cumplir las instalaciones, para adaptar el entorno con el fin de asegurar el acceso de las personas con discapacidad en igualdad de condiciones, eliminando así toda forma de discriminación. De acuerdo con esta ley las entidades públicas, son responsables de la inclusión real y efectiva de las personas con discapacidad, debiendo asegurar que todas las políticas, planes y programas, garanticen el ejercicio total y efectivo de sus derechos.

La Universidad de Cundinamarca como entidad pública, ha generado ciertas acciones para la sana convivencia dentro del campus, que promueven la inclusión de los discapacitados en la comunidad educativa, pero cabe resaltar que cada tipo de discapacidad conlleva diferentes acciones, por ende es posible observar algunas deficiencias, como el hecho que aún no se cuenta con soluciones a los diferentes obstáculos y dificultades a los que se enfrentan personas con limitación visual al momento de ubicarse dentro del campus universitario, este tipo de dificultades los afectan constantemente sin importar la práctica o experiencia que tengan, por tal motivo es posible observar varios momentos críticos, el primero de ellos es cuando la persona ingresa por primera vez a la Universidad, el desconocimiento del lugar hace que sea necesario el acompañamiento, guía, o ayuda permanente de otra persona, mientras aprenden a conocer y recordar la ubicación de los edificios, sin embargo hay que tener en cuenta que después de tener cierta experiencia y desarrollo de técnicas para la movilidad, factores externos como cambios en el terreno, pueden ocasionar diversas dificultades para ubicarse dentro de las instalaciones, el segundo momento crítico se da cuando la persona invidente no tiene autonomía de movilización dentro del campus de la Universidad, quedando en desventaja respecto a los demás estudiantes, hay que tener en cuenta que no solo se pierde autonomía sino que también surgen problemas colaterales como pérdida de tiempo en la búsqueda del destino.

Mediante la observación directa se confirman las dificultades de movilización que presentan los estudiantes con discapacidades visuales, posteriormente se hace un acercamiento a dichas personas donde se confirma que el problema viene ocurriendo desde hace mucho tiempo atrás y que hasta el momento no se han planteado herramientas o soluciones incluyentes para la ubicación de ellos.

Las Universidades desde su rol educativo ayudan a generar cambios que contribuyen al avance de la sociedad, es importante que planteles educativos integren en sus planes de desarrollo, mejoras enfocadas a la inclusión de personas con discapacidad visual, obteniendo condiciones donde se creen iguales oportunidades para todos, es por esta razón que es importante realizar un sistema de posicionamiento para personas invidentes dentro de la Universidad de Cundinamarca, garantizando una accesibilidad a las instalaciones con las menores dificultades posibles, esto se puede desarrollar por medio de la implementación de diferentes tecnologías dentro del campus, generando un nuevo dispositivo que podrá utilizar cada persona con discapacidad visual.

1.2. Hipótesis

¿Es posible mediante el uso y aplicación de nuevas tecnologías ayudar a reducir el problema de ubicación de las personas invidentes en la Universidad de Cundinamarca sede Fusagasugá?

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo general

Desarrollar un prototipo de un sistema de ubicación aplicando nuevas tecnologías para personas invidentes, que informe del lugar en donde se encuentran en tiempo real por medio de mensajes de voz pregrabados, aplicado en la Universidad de Cundinamarca sede Fusagasugá en áreas abiertas del campus.

1.3.2. Objetivos específicos

- Reconocer necesidades de movilización de personas invidentes, pertenecientes a la Universidad de Cundinamarca, evidenciando rutas de desplazamiento y lugares más frecuentados por ellos, así como las tácticas o técnicas que usan para desplazarse actualmente en la infraestructura de la Universidad.
- Identificar el tipo de tecnología más adecuado para el desarrollo del prototipo del sistema de ubicación.
- Diseñar e implementar prototipo electrónico de ubicación, tomando como referencia zonas abiertas en el campus.
- Evaluar y validar el funcionamiento del prototipo del dispositivo electrónico final.

1.4. Justificación

Teniendo en cuenta que la educación es la base del desarrollo y crecimiento tanto para las personas como para las sociedades, es importante garantizar el fácil acceso a las instalaciones físicas a todos los interesados, en condiciones igualitarias teniendo en cuenta el tipo de discapacidad física que tenga la persona.

Por esta razón se diseñó el prototipo de un sistema de posicionamiento dentro del campus de la Universidad de Cundinamarca sede Fusagasugá, especialmente enfocado para los estudiantes con discapacidad visual, este prototipo servirá de apoyo para que se puedan ubicar de manera autónoma.

Es importante implementar un dispositivo aplicando nuevas tecnologías para el posicionamiento, tal dispositivo fue diseñado de manera que fuera accesible y modificable según los objetivos propuestos, lo que permitió que el resultado este enfocado y adaptado exclusivamente a la infraestructura de la Universidad de Cundinamarca sede Fusagasugá, siendo así capaz de suplir las necesidades de movilidad que tienen las personas invidentes de forma eficaz, segura y económica. Teniendo como resultado un prototipo cómodo y fácil de usar ya que se tienen en cuenta características como peso y volumen, brindando información del entorno por medio de mensajes auditivos.

Implementar sistemas que ayuden a la inclusión, es de gran importancia por lo que no solo sirven de apoyo a los estudiantes con discapacidad, sino que también puede servir de incentivo para que otras personas en esta situación inicien sus estudios. En Colombia la población que presenta algún tipo de discapacidad visual corresponde al 47% del total de la población que presenta discapacidad física, y 2.7% del total de la población del país. En Fusagasugá cerca de 30 personas presentan alguna discapacidad visual. La mayor parte de la población invidente se concentra en el contexto de bajos recursos, como se puede encontrar en los registros del DANE, donde 86% de la población con discapacidad visual se encuentra en estratos socioeconómicos 1 y 2.¹ Por ende es importante que los dispositivos sean de bajo costo y ayuden a solventar satisfactoriamente las diferentes dificultades que presentan día a día.

¹ Tomado de http://www.dane.gov.co/files/investigaciones/discapacidad/inform_estad.pdf

1.5. Alcances y limitaciones

1.5.1. Alcances

Desarrollo de un prototipo de ubicación para personas invidentes en áreas abiertas dentro de la Universidad de Cundinamarca tomando zonas principales como base para referenciación, la interacción con el usuario se desarrollará por medio de mensajes de voz pregrabadas y almacenadas que serán reproducidas según el algoritmo e identificadas por el usuario mediante el uso de audífonos o por altavoz. El prototipo cuenta con 22 zonas de referencia, aunque a futuro se pueden agregar más zonas.

1.5.2. Limitaciones

Las limitaciones del proyecto se fundamentan en un sistema de guía que descarta áreas interiores (aulas, sitios cerrados) de la Universidad, además de omitir retroalimentación del usuario con el dispositivo, por lo cual el usuario no podrá generar rutas personales o definir las. La comunicación del dispositivo será unidireccional dispositivo-usuario restringiendo el uso de elementos inalámbricos para la reproducción de sonidos pregrabados.

2. MARCO TEÓRICO

2.1. Estado Del Arte

En el ámbito académico se han desarrollado diferentes propuestas tecnológicas para facilitar el desplazamiento y ubicación dentro de diferentes áreas para las personas con limitaciones visuales, se han utilizado diferentes tecnologías a través de los últimos años tanto en Colombia como en otros países.

Quizás la tecnología de mayor aplicación debido a su amplio mercado es la GPS (Sistema de posicionamiento Global), el artículo de autoría de M. Song. Et all. [37] Expone una propuesta interesante de programación ya que combinan señales de ultrasonido y GPS utilizando ZigBee como base de comunicación. Ellos utilizan diferentes sensores y los implementan de forma independiente por lo que se genera mayor eficiencia. El prototipo fue implementado en una chaqueta, los sensores de se localizan al frente, para detectar los obstáculos. En el hombro de la chaqueta se encuentra el GPS para guiar a la persona mediante mensajes verbales por medio de un audífono. Por su parte J. Nishant y H. Ashish [23]. Plantean un sistema basado en Arduino asociado a un GPS y un magnetómetro para la navegación, y para la detección de obstáculos que utiliza sensores de ultrasonido. Todo esto aplicado al clásico bastón. El GPS consigue las coordenadas de latitud y longitud, y el magnetómetro consigue la dirección en grados. La retroalimentación permite obtener audio a través de audífonos o vibraciones en la mano a través del bastón.

Por su parte I. Valencia. Et all. [38]. En su artículo combinan dos tecnologías muy conocidas como lo son WIFI y GPS, su prototipo fue llamado UbicaT y utiliza la tecnología Wi-Fi (Wireless Fidelity) para posicionar a los usuarios dentro del campus de la Universidad de Colima. Esta tecnología se encuentra implementada dentro de las instalaciones con puntos de acceso ubicados estratégicamente para proporcionar cobertura en la mayoría de zonas del campus central universitario. El sistema UbicaT se desarrolló para el sistema operativo Android y hace uso de dispositivos móviles para presentar una interfaz simple que permite a las personas invidentes orientarse mediante mensajes de audio de acuerdo a su ubicación en el campus. De igual manera N. Cadme [2]. En su proyecto de grado busca el uso de nuevas tecnologías para las personas con discapacidades visuales o baja visión, por medio de la aplicación de técnicas, y teorías que mejoren la calidad de vida. Tomó como base un dispositivo GPS existente en el mercado que por sus

características y con la ayuda de un microcontrolador PIC, generó una interfaz que consta de 3 botones, uno para bloquear, otro para desbloquear y otro para la opción “donde estoy” además de adapta la salida a un audífono.

T. Merino [21] creó una aplicación capaz de almacenar y recrear rutas que guían a las personas dentro del campus de la Universidad Autónoma de Madrid, escogiendo la plataforma iOS de Apple. Inicialmente él tiene en cuenta la interfaz del programa, utiliza iOS de Apple ya que ofrece mayores facilidades para personas invidentes. La aplicación ofrece instrucciones e información del campus, generando posibles destinos a los que la persona quiera llegar, guardando las rutas preferidas del usuario. La información se genera en forma de voz, pero las instrucciones que ingresa el usuario son por medio de pulsaciones. De igual manera J. Sánchez. y M. Sáenz [35] generaron un sistema de experiencia GPS para llegar a dar solución a la ubicación de las personas invidentes, basados en un software con sonido integrado a un móvil. El dispositivo principal consiste en un GPS, para la interpretación de datos de un handheld pocket PC debido a su adaptabilidad y su conversión a voz. Desde que se recibe la señal de GPS, el sistema retroalimenta la distancia que hay para llegar a los destinos. Para calcular el destino se tiene en cuenta tres puntos: punto de inicio, punto actual y destino, de esta forma se llega a calcular el ángulo y el camino para llegar al destino.

Otra combinación de GPS y otras tecnologías es trabajada por M. Guerra [10] quien proporciona una solución que consiste en la integración de varias tecnologías tales como eco-localización, GPS y Google Maps. Como hardware utilizó un dispositivo emisor-receptor de ondas de ultrasonido, y celular Android con GPS y bluetooth integrado. El dispositivo de ultrasonido logra detectar la distancia de los objetos a un máximo de 5 metros, y el tamaño del objeto, esta información es procesada y enviada al celular vía bluetooth, posteriormente se hace una conversión de datos a voz. El software informa sobre las rutas a seguir, lo que es de gran utilidad para los discapacitados.

La identificación por radiofrecuencia RFID, es otro método de solución muy común, en su artículo, B. Ding. et all [7] se basan en la investigación de las rutinas diarias de las personas invidentes y las dificultades que presentan de forma diaria, de esta manera desarrollaron un sistema de navegación basado en RFID, donde hay varios puntos en los que se encuentran servidores que permitirán al usuario caminar, encontrar el destino, tomar el bus, entre otros. RFID se conecta mediante bluetooth a teléfonos móviles, la aplicación móvil permite generar indicaciones por medio de voz. La información presente en los servidores permite determinar el camino más

corto para el destino, esto es dependiente de las tarjetas RFID incluidas en el bastón, para posteriormente enviar una señal por medio de bluetooth al software del celular y reproducir los comandos de voz, de forma análoga el celular se comunica con el servidor más cercano enviando la ubicación exacta de la persona, y este devolviendo rutas más factibles incluyendo rutas de buses para llegar al destino deseado.

R. Sammouda. A. ALRjoub. [34] Sugieren un sistema de navegación enfocado al área de campus de la Universidad King Saud. Las tecnologías utilizadas son: dispositivos móviles, RFID y tags pasivos, GPS, reconocimiento de voz y WIFI. La aplicación se desarrolla haciendo uso de un bastón además se requiere un sistema operativo android móvil, que permita generar la interconexión con los tags de RFID Y WIFI. Los tags de RFID se colocaron a diferentes distancias de los principales puntos en el campus universitario permitiendo generar una ruta para el usuario, por medio de un algoritmo el cual decide cual es el camino más acertado. Generalmente cuando no hay accesibilidad al WIFI, se genera la ubicación por medio de RFID.

Hasta el momento se ha explicado cómo la aplicación de diferentes tecnologías sirve para la generación de prototipos, o sistemas que ayudan a los invidentes a su correcta ubicación, pero desde el ámbito universitario diferentes estudiantes han usado las características propias de los diferentes sensores a continuación se exponen algunos de los más destacados:

M. Mekhalfi et all, [20] dan a conocer un prototipo que ofrece a los discapacitados la opción de moverse de manera autónoma, y a la vez reconocer los obstáculos u objetos que los rodean en ambientes interiores, para ello combinan hardware y software, con un diseño ligero para que el dispositivo pueda ser llevado en el pecho del usuario, este dispositivo permite la interacción a través de módulos de reconocimiento y síntesis de la voz.

M. Owayjan. Et all [25] generaron un sistema que cuenta con un sensor "Microsoft Kinect", una laptop y un microcontrolador, un control SOS que active la aplicación móvil y auricular bluetooth. El sensor Kinect se conecta mediante programación Matlab, posteriormente se genera procesamiento de imágenes. Por medio del programa y el sensor Kinect se calcula la distancia de los objetos en un rango menor de 0.5 metros. Por último, se genera la aplicación móvil a la que tendrá acceso las personas con discapacidades visuales, siendo posible con la ayuda de un Arduino que acopla la conexión entre el sensor y el programa Matlab. Matlab genera un texto en respuesta para el usuario, tal texto es escuchado por los usuarios. El sistema completo se implementó en un chaleco.

J. Ramesh. Et all [29] proponen un bastón que tiene agregado una rueda en el pie, la cual mide la cantidad de distancia recorrida, por medio de un sensor que permite hacer la lectura de las rotaciones y así definir la ruta a seguir. Existe una cámara de video que reconoce los objetos y transmite la señal en forma de voz por medio de audífonos. El sistema se utilizó dentro de una casa con 6 alcobas, y tuvieron que predefinir las cortas distancias. La herramienta solo puede ser utilizada en construcciones de espacios cerradas.

A. Keyes. Et all [13] exponen un sistema de navegación para invidentes usando sensores inalámbricos por medio de un guante háptico, el sistema consiste principalmente en una red de sensores, el servidor, y un dispositivo háptico, el cual propone una retroalimentación con el usuario para evitar obstáculos durante el camino, mediante motores que se activaban en el momento en que los sensores tienen un diferencial eléctrico, una de las tecnologías utilizadas en este artículo consistió en RSSI para determinar la posición del usuario, generando triangulación entre el usuario, RSSI y el GPS para generar una posición más exacta

M. Peralta. J. Urmendiz [26] en su trabajo de grado tratan de solucionar los problemas no solo motrices sino también psicológicos por lo que el desarrollo del trabajo se basa en el método estructurado descrito por Karl T. Ulrich y Steven D. Eppinger, en el libro “Diseño y Desarrollo de productos”. Después de un análisis de diferentes soluciones se escogió que el prototipo del sistema de asistencia y guía para invidentes que es configurable en bastón, alimentado por baterías Ni-MH, con detección de obstáculos por medio de sensores ultrasónicos, procesamiento a través de la plataforma Arduino, transmisión de datos y comunicación con otros dispositivos de telefonía móvil a través de Bluetooth, comunicación de alerta al usuario con motor vibrador y aplicación de asistencia destinada a utilizarse en el sistema operativo móvil Android.

A. Martínez [19] realizó un trabajo de grado después de analizar el estado del arte, el autor tomó las partes más importantes y los reunió todos en un solo bastón, por lo que este bastón cuenta con una rueda en su extremo inferior para que no se tenga la necesidad de mover el bastón de lado a lado, se puede plegar o recoger para que no ocupe mucho espacio cuando no se necesita, tiene un sensor ultrasónico a 20cm del piso para que detecte deformaciones del terreno y objetos que se puedan encontrar en el piso, tiene un sensor infrarrojo a 63 cm del piso para detectar posibles muros, esto está interconectado con dos motores que vibran para avisar de la presencia de los obstáculos y se controla por medio de un microprocesador, todo está alimentado por baterías de 9v.

J. Rincón [31] genera un dispositivo de detección de obstáculos con un comportamiento lineal, esto significa que a una distancia cualquiera él puede detectar un obstáculo de diferentes materiales. Las alarmas del detector previenen continuamente la presencia de varios obstáculos mediante avisos vibratorios. El dispositivo se debe alojar en la cintura, en forma frontal, de esta forma se puede aprovechar el rango del dispositivo para la detección de obstáculos en ciertas distancias.

I. Lengua. Et all. [15] Presentaron una nueva solución basada en un dispositivo de tecnología time of flight y sensores de ultrasonido que permiten detectar obstáculos a una distancia de 0.5 m a 5 m y ángulos de 30° hacia a la izquierda y 30° hacia la derecha. Manejan una FPGA que procesa la información sobre los obstáculos presentes y llega a convertir tal información en audio para audífonos.

J. Neves. [22] propone un dispositivo que genera sonidos al detectar obstáculos, el fin de este proyecto es generar así un método de ubicación e información para las personas invidentes en un ambiente como el metro de Porto y cada una de sus estaciones. Se basan en el hecho que los limitados visuales, perfeccionan otros sentidos como el oído. Además de los sensores instalados se hace necesario desarrollar un software que interactúe con el sistema, para que procese las señales y arroje la información necesaria para que los usuarios se ubiquen en las estaciones del metro de Porto.

Riberiro, F. et all. [30] muestra un dispositivo adaptable a la muñeca del usuario integrado con un microcontrolador. Cuyo sensor mide distancias cada 50 milisegundos y para ser direccional puede transmitir información sin demora en comparación con el movimiento del brazo del usuario, el vibrador, proporciona a las personas que tienen discapacidad visual y auditiva (en conjunto) una ayuda para conocer su entorno sin problemas de no identificar un indicador acústico, sino más bien la identificación y comprensión de la señal a través del tacto.

C.M. Rodrigues [17] utilizó un método muy común en los dispositivos que son diseñados para mejorar la calidad de vida de las personas invidentes, ya que estos se basan en la estimulación de los otros sentidos, en este caso, los estímulos se generan desde unos motores, por lo que el usuario siente vibraciones, para indicar lateralidad es decir izquierda y derecha se usa un agente vibratorio en cada mano. El uso de la vibración es más eficiente que la presión, ya que los usuarios tienden a ignorar este último después de un tiempo; Las vibraciones deben indicar solamente, "derecho" de "izquierda" y "stop"; Al final, un dispositivo háptico en forma de una pulsera, se desarrolló con éxito.

A. Idrees. Et all. [12] Elaboraron un sistema de navegación para invidentes en un celular con android con instrucciones por voz del camino más corto en interiores, la aplicación usa códigos QR. Los códigos QR se encuentran de forma previa en el piso y son escaneados por el celular, cuando sucede esto se genera la ubicación actual del usuario y se pregunta el destino que desea, entonces se le ofrece el camino más corto por medio de un algoritmo.

Gracias al avance en los sistemas móviles y la gran variedad de celulares que se encuentran en el mercado se observa que algunas soluciones se han implementado usando dichos dispositivos, en Bogotá, Colombia D. Lancheros. Et all. [14] Generaron una aplicación para celular que pueda ser utilizada por personas con discapacidad visual. La aplicación logra brindar un gran apoyo e independencia en cuanto a la movilidad, pues con ella pueden ir a diferentes lugares, sin ayuda de personas extrañas. Para el diseño de la aplicación se analizaron las dificultades que las personas invidentes tiene al utilizar un celular táctil, para estas problemáticas se consideraron sus posibles soluciones, como lo fue la tecnología NFC(Near field communication) característica que se aprovechó del celular para acceder a la aplicación y así mismo realizar las configuraciones de ubicación necesarias, además el audio, con el cual se le indica al usuario de manera concisa y sencilla lo que debe hacer en cuanto al manejo de la aplicación desde el inicio hasta el fin. De igual manera J. Fernández [9] implementa un sistema de ubicación usando un teléfono móvil con sistema operativo android con Bluetooth y brújula digital para facilitar la experiencia del usuario. Al momento de desplazarse en el metro de la ciudad de Quito. Con este sistema básicamente en el momento en que la persona invidente llega a la estación encuentra un receptor que al conectarse con su celular de forma inalámbrica le dice su ubicación por medio de voz y le indica los diferentes destinos a los que este puede llegar, el sistema seguirá guiándole cada vez que encuentre una señal, de forma análoga a los comandos de voz. La gran velocidad de transmisión supuso un problema que fue solucionado de forma acertada, generando comandos de voz en tiempo real.

M. Sáenz [33] desarrolló y evaluó un sistema computacional que permite a un usuario no vidente conocer su posición y orientación en un ambiente cerrado. La aplicación se basa en el uso de tecnología Wi-Fi en conjunto con la representación previa del ambiente, lo que admite un menor número de puntos de acceso para determinar la información necesaria que permita conocer la posición y orientación del usuario. El sistema consta una aplicación llamada PYOM con está captura la intensidad de señal Wi-Fi en el ambiente y compara los resultados unos

previamente almacenados, pudiendo entregar al usuario la información de posición y orientación solicitada.

S. Castaño [3] propuso un dispositivo de bajo costo, que permite identificar objetos relacionados a través de marcadores por medio de una cámara web entregando información auditiva sobre el tipo de objeto reconocido. La cámara fue incorporada a unas gafas convencionales para que ésta pudiese ser utilizada por el usuario a la altura de los ojos, y se le adaptaron los audífonos para la salida de la información.

N. Ruiz y V. Acosta. [32] Hacen un sistema guiado a personas invidentes para ubicarse dentro de transporte en Bogotá, utilizando como tecnología radios Motorola que trabajan en bandas libres y tienen un radio de 1km-2Km, se integra con el GPS con el que cuentan los automóviles, y así pueden identificar el bus en el paradero y acceder al sistema con facilidad.

E. Oliveira. [24] Desarrollo un proyecto donde partió de la encuesta a las personas con discapacidad para conocer las dificultades que ellos tienen, de la encuesta se concluyó que debido a la falta de conocimiento de la tecnología la accesibilidad en dispositivos con pantalla táctil, son poco usados. El sistema desarrollado en este proyecto fue llamado BLINDKEY y consiste en dos partes: La primera es una aplicación que se instala en el dispositivo móvil. La segunda parte consiste en una unidad remota que tiene un firmware incrustado con el fin de gestionar un teclado Braille, de ahí el término Blindkey un zumbador y otra vibración, así como un LED.

2.2. Fundamentos Teóricos

A continuación, se definen conceptos relacionados con ceguera y diferentes tecnologías emergentes actuales aplicables al dispositivo.

2.2.1. Discapacidad visual

Según la Organización Mundial de la Salud la discapacidad visual es "cualquier restricción o carencia (resultado de una deficiencia) de la capacidad de realizar una actividad en la misma forma o grado que se considera normal para un ser humano. Se refiere a actividades complejas e integradas que se esperan de las personas o del cuerpo en conjunto, como pueden ser las representadas por tareas, aptitudes y conductas". Existen diferentes grados de pérdida de visión, que abarcan desde las deficiencias visuales (pérdida parcial) a la ceguera (pérdida total de visión).

2.2.1.1. Ceguera

Según la organización mundial de la salud la ceguera es aquella que tiene una disminución del campo visual menor al 10% o una agudeza visual menor al 5% hasta la no percepción de la luz.

2.2.1.2. Baja Visión

A. Ammar [1], en su trabajo usa la siguiente definición:

Baja visión una visión insuficiente para realizar una tarea determinada desde un punto de vista funcional puede considerarse personas con baja visión a aquellas capaces de detectar la luz y orientarse por ella.

2.2.2. Tipos de Tecnologías

2.2.2.1 RFID

En el informe de vigilancia tecnológica de la fundación Madrid+d [28] define la tecnología RFID (Identificación por Radiofrecuencia) como un método de almacenamiento y recuperación remota de datos, basado en el empleo de etiquetas o “tags” en las que reside la información. RFID se basa en un concepto similar al del sistema de código de barras; la principal diferencia entre ambos reside en que el segundo utiliza señales ópticas para transmitir los datos entre la etiqueta y el lector, y RFID, en cambio, emplea señales de radiofrecuencia (en diferentes bandas dependiendo del tipo de sistema, típicamente 125 KHz, 13,56 MHz, 433-860-960 MHz y 2,45 GHz)

2.2.2.2 BLUETOOTH

M. Sánchez [33] define la tecnología bluetooth como una norma global estándar de comunicación que posibilita tener transmisión de voz y datos entre diferentes dispositivos mediante un enlace especial. El objetivo de esta norma es facilitar las comunicaciones entre distintos dispositivos móviles y fijos, eliminar el uso de cables y conectores especiales, y ofrecer la posibilidad de crear pequeñas redes facilitando la sincronización de datos entre equipos personales, especialmente para dispositivos de bajo consumo, con una cobertura baja y basados en transceptores de bajo costo. Gracias a este protocolo, los dispositivos

que lo implementan pueden comunicarse entre ellos cuando se encuentran dentro de su alcance. Según el nivel de potencia de transmisión del dispositivo, los dispositivos bluetooth se califican en tres clases, "Clase 1", "Clase 2" y "Clase 3". Una de las ventajas es que todas las clases son compatibles con las otras. Una de las ventajas que provee esta tecnología es que prácticamente todos los equipos móviles actuales la tienen incorporada.

2.2.2.3 ZIGBEE

Marco A et all [18] en su trabajo hablan que ZigBee es un estándar que define un conjunto de protocolos para el armado de redes inalámbricas de corta distancia y baja velocidad de datos. Opera en las bandas de 868 MHz, 915 MHz y 2.4 GHz y puede transferir datos hasta 250Kbps.

El estándar ZigBee fue diseñado con las siguientes especificaciones:

- Ultra bajo consumo que permita usar equipos a batería
- Bajo costo de dispositivos y de instalación y mantenimiento de ellos.
- Alcance corto (típico menor a 50 metros).
- Optimizado para ciclo efectivo de transmisión menor a 0.1 %
- Velocidad de transmisión menor que 250 kbps. Típica: menor que 20 kbps.

2.2.2.4 GPS

M. Fargas [8] hace alusión al GPS como: La abreviatura de Global Positioning System y utiliza la constelación NAVSTAR, siendo el acrónimo en inglés de NAVigation System for Time And Ranging, traducido como Sistema de Posicionamiento Global. La metodología se basa en la determinación de la posición de puntos sobre la superficie terrestre, apoyándose en la información radioeléctrica enviada por satélites.

El GPS es un sistema basado en satélites artificiales activos, formando una constelación con un mínimo de 24 de ellos. Permite diferentes rangos de exactitud según el tipo de receptor utilizado y la técnica aplicada. El GPS es un sistema que permite obtener la posición de un punto midiendo las distancias existentes entre las antenas emisoras de los satélites y la antena receptora del equipo de campo. Existen dos métodos fundamentales: mediante pseudodistancias (o código) o por medidas de

fase. En ambos casos el objetivo es la determinación de la distancia entre la antena GPS y el satélite del que recibe la señal. Calculando la distancia como mínimo a tres satélites e intersectando inversamente en el espacio se puede determinar las coordenadas de la antena receptora, si el reloj del satélite y el reloj del receptor estuviesen sincronizados, en la práctica son necesarios 4 satélites para resolver con el cuarto la incógnita del estado del reloj.

2.2.2.5 WI-FI

Pérez [27] describe WIFI como: Acrónimo de Wireless Fidelity, es una marca de la Wi-Fi Alliance (anteriormente la Wireless Ethernet Compatibility Alliance), la organización comercial que prueba y certifica que los equipos cumplen los conjuntos de estándares IEEE 802.11x para redes inalámbricas.

Tipos de Wi-Fi:

- IEEE 802.11b e IEEE 802.11g que disfrutan de una aceptación internacional debido a que la banda de 2.4 GHz está disponible casi universalmente. Y con una velocidad de hasta 11 Mbps y 54 Mbps, respectivamente.
- En los Estados Unidos y Japón, IEEE 802.11a, que opera en la banda de 5 GHz y que disfruta de una operatividad con canales relativamente limpios. En otras zonas, como la Unión Europea, 802.11a no está aprobado todavía para operar en la banda de 5 GHz, y los reguladores europeos están todavía considerando el uso del estándar europeo HIPERLAN.

3 DISEÑO METODOLÓGICO

Además de comprender los conceptos tecnológicos, para desarrollar el proyecto fue necesario conocer y manejar conceptos básicos relacionados con personas invidentes tales como enfermedades, tipos de limitaciones visuales y técnicas de movilización, todo esto para obtener una idea aproximada a las necesidades reales de las personas invidentes y así generar un dispositivo apropiado para ellos, el cual brinde soluciones a la movilización de los estudiantes invidentes de la Universidad de Cundinamarca, para esto se planteó un diseño metodológico que se observa en la figura 1.

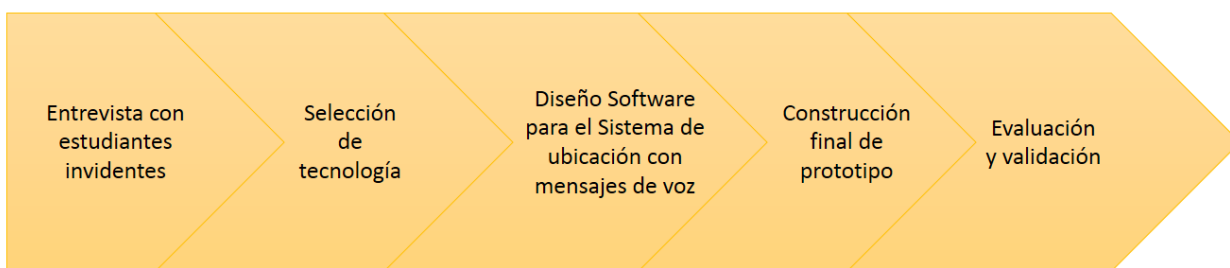


FIGURA 1: ETAPAS DE DISEÑO METODOLÓGICO, FUENTE AUTORAS

3.1 Entrevista Con Estudiantes Invidentes.

3.1.1 Diseño de encuesta

Para conocer las opiniones y requerimientos de los estudiantes invidentes de la Universidad de Cundinamarca sede Fusagasugá se realizó una entrevista tipo encuesta con la cual se logró identificar las zonas más transitadas por ellos y las dificultades en movilidad a las que se enfrentan en la Universidad, generando las bases para el desarrollo del proyecto. El diseño de la encuesta se observa en el anexo [A1](#).

3.1.2 Resultados

La encuesta diseñada fue aplicada a dos estudiantes de la Universidad de Cundinamarca sede Fusagasugá y los resultados se observan en el anexo [A2](#).

3.1.3 Análisis de resultados

Luego de aplicar la encuesta se obtienen respuestas que indican que los lugares más transitados en el campus corresponden a biblioteca, salas de sistemas, bloque C, bloques F y E y gimnasio, por lo cual se establecen zonas que permitan la georreferenciación de dichos lugares de manera sencilla y acertada, como algunas ubicaciones están muy distantes fue necesario implementar zonas intermedias, obteniendo en total 22 zonas, esto se puede observar en la figura 2. Las convenciones de este mapa, se observan en la tabla 1.

Adicionalmente la encuesta permitió conocer factores importantes que se convirtieron en requerimientos del diseño, entre ellos se especifica características del dispositivo como su peso, tamaño, forma de manipular y la emisión de los mensajes.

Zona	
1	Entrada
2	Bloque administrativos
3	Biblioteca
4	Aula múltiple
5	Kiosco
6	Cancha 6 de mayo
7	Bloque B
8	Laboratorios de electrónica
9	Cancha múltiple
10	Cafetería edufisicos
11	Bloque C y D
12	Camino sendero vía cancha de tenis
13	Plaza sativa
14	Plaza de niños
15	Bienestar universitario
16	Laboratorios química y biología
17	Parqueaderos F y E
18	Bloques F y E
19	Parqueadero gimnasio
20	Gimnasio
21	Cancha de futbol
22	Entrada Emilio sierra

TABLA 1. ZONAS SELECCIONADAS, FUENTE AUTORAS



FIGURA 2: MAPA DE ZONAS GENERALES, FUENTE OFICINA PLANEACIÓN U CUNDINAMARCA, EDICIÓN AUTORAS.

3.2 Selección De Tecnología

Luego de investigar sobre las diferentes tecnologías disponibles se tienen en cuenta sus características principales y se organizan en una tabla comparativa para poder seleccionar la que mejor se adapte a los requisitos del proyecto.

Característica	GPS	WIFI	BLUETOOTH	ZigBee	RFID (Tags pasivos)					
Rango de cobertura (mts)	Alto	5	30 a 100	4	10 a 100	2	más de 100	2	3	1
Precisión	Media	3	Media	3	Media	3	Baja	1	Baja	1
Ubicación	Si	5	Si	5	Si	5	No	1	Si	5
Frecuencia	1600 MHz	1	2.4GHz y 5 GHz	1	2.4GHz	1	2.GHz, 915 MHz, 868 MHz	1	13.56M Hz	1
Costo	MEDIO	3	ALTO	1	BAJO	5	MEDIO	3	BAJO	3
Velocidad	Alta	5	11 Mbit/s (IEEE 802.11 b)	5	3000 kbit/s	3	250 kbit/s	3	106Kbps	2
Total		22	19	19	11	13				

TABLA 2. COMPARACIÓN DE TECNOLOGÍAS. FUENTE AUTORAS

En la tabla 2 se observan las principales características de las diferentes tecnologías con las que se puede trabajar, para poder seleccionar la mejor, se le dio un valor desde 1 hasta 5 para las diferentes características, en donde 1 es lo más bajo y 5 lo más alto. Finalmente, la tecnología seleccionada fue GPS debido a sus características de: rango de cobertura, accesibilidad, precio, velocidad, etc. Ya que se adecua a los parámetros específicos del proyecto.

3.3 Selección De La Plataforma o Microcontrolador

En el mercado se encuentran diferentes plataformas para prototipos, cada una con sus características especiales, en la tabla 3 se observa la comparación entre las plataformas más importantes.





Característica	Tiva Launch Path		Arduino		raspberry pi		PIC	
Modelo	LAUNCHPAD MSP-EXP430G2		Uno R3 con CH340		Model B		PIC18F4550	
Microcontrolador	MSP430G2		ATmega168 328 8bits		ARM11		PIC18F4550	
Imagen								
	2		3		4		5	
Dimensiones (cm)	6.8 x 5.1 x 1.3	4	6.86 X 5.3 X 1.9	4	8.56 x 5.398 x 6.4	3	1.4 X 5.24 X 3.0	5
Precio	\$ 53.550	3	\$ 26.200	5	\$ 209.440	1	\$ 24.990	5
Adaptabilidad modulo GPS GY-NEO6MV2	Media	3	Alta	5	Alta	5	Alta	5
Facilidad de Entorno de desarrollo integrado	Code Composer Studio, Mentor Embedded, IAR Systems y ARMKEIL	4	Arduino tool	5	Scratch, IDLE, cualquiera con soporte Linux	3	MPLAB	2
Total	14		19		12		17	

TABLA 3. Comparación De Plataformas Y Microcontrolador, Fuente Autoras

² Imagen Tiva Launch Path, Tomado de: <https://www.vistronica.com/launchpad/launchpad-msp-exp430g2-detail.html>

³ Imagen Arduino Uno, Tomado de: <https://www.vistronica.com/arduino/board/arduino-uno-r3-con-ch340-detail.html>

⁴ Imagen raspberry Pi, Tomado de: <https://www.vistronica.com/raspberry-pi/raspberry-pi-3-model-b-detail.html>

⁵ Imagen PIC18f4550, Tomado de: <https://www.vistronica.com/componentes-activos/microcontroladores-/microcontrolador-pic18f4550-ip-detail.html>

Según los resultados de la tabla 3, se selecciona el Arduino que es el de mayor puntaje, pues este posee una interfaz que facilita la generación del código necesario, además en el mercado existen gran cantidad de módulos para diferentes funciones que son compatibles con este.

3.4 Diseño De Software Para El Sistema De Ubicación Por Medio De Mensajes De Voz

Siguiendo la metodología planteada, se procede a seleccionar las zonas en las cuales se tomarán las coordenadas, y se realizaran diferentes actividades para reducir los posibles errores que se pueden presentar, así mismo se describe el proceso matemático por el cual se selecciona el intervalo de valores en cuanto a latitud y longitud que puede manejar cada zona.

3.4.1 Selección de Zonas Estratégicas

Inicialmente se determinan zonas estratégicas con una distancia mínima de 10 metros entre ellas, los lugares seleccionados se pueden observar en la tabla 1. (Ver también el mapa de la figura 1)

3.4.2 Adquisición de coordenadas en zonas determinadas de la Universidad

Para conocer las coordenadas de las diferentes zonas seleccionadas fue necesario emplear un módulo GPS, en este caso se trabajó con el modulo NEO-6 u-blox 6 GPS, por sus características de fácil manejo, compatibilidad con la plataforma Arduino, además se pudo adquirir en el mercado local, a un bajo costo. Las principales características se pueden observar en la tabla 4, para mayor información se puede revisar la hoja de datos proporcionada por el fabricante [4]

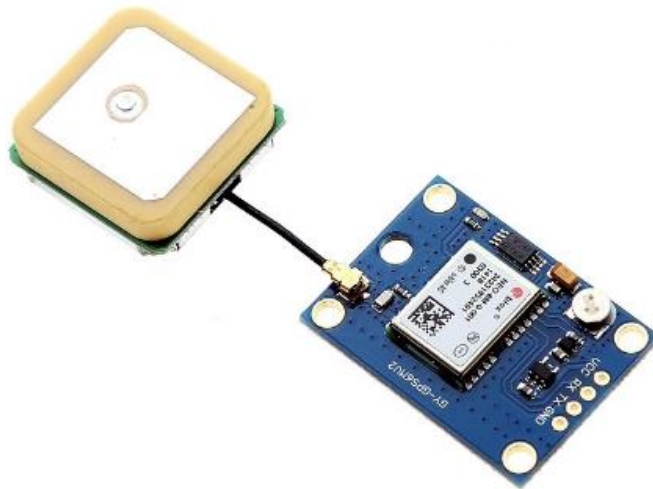


FIGURA 3: MODULO GPS, TOMADO DE: [HTTP://ELECTRONILAB.CO/](http://electronilab.co/)

Características principales modulo GPS	
Comunicación	serial
Voltaje de alimentación:	3.5 – 5 V DC
Antena	cerámica activa incluida
Tamaño de antena	22x22mm
Tamaño de módulo	23x30mm
Tasa de Baudios	9600
Memoria	EEPROM para guardar configuración de parámetros
Sistema de coordenadas	WGS-84
Sensibilidad de captura	-148dBm
Máxima altura medible	18000 m
Máxima velocidad	515 m/s
Exactitud	1micro segundo
Frecuencia receptora	L1 (1575.42 Mhz) Código C/A 1.023 Mhz
Tiempo de inicio	35s en promedio

TABLA 4. CARACTERÍSTICAS MODULO GPS, FUENTE FABRICANTE, EDICIÓN AUTORAS

Una vez seleccionado el modulo GPS, se procedió a mapear los lugares estratégicos, hallando intervalos para la longitud y la latitud en cada uno de ellos, debido a la exactitud manejada por el GPS.

Para hallar el intervalo de latitud y longitud se realizaron bases de datos para cada zona, dichas bases de datos cuentan con aproximadamente 10000 muestras por toma, lo cual permitió generar un promedio estadístico.

Debido a que en la práctica se encontró que factores externos como el clima, hora y cantidad de satélites, influían en los resultados se realizaron diferentes actividades que se describen a continuación para minimizar el error de factores no controlables.

3.4.3 Análisis de factores exteriores

3.4.3.1 Comparación entre dos módulos GPS

Teniendo en cuenta los diferentes factores externos nombrados con anterioridad, se propone minimizar dichos errores por medio de la selección entre dos módulos GPS de diferente referencia. Para ello se generaron bases de datos de dos zonas generales de la Universidad en las cuales se tomaron medidas durante tres días consecutivos.

En cada una de las adquisiciones se obtuvo un intervalo tanto para latitud y longitud, por lo cual fue necesario conocer el rango de cada uno de esos intervalos por medio de la siguiente ecuación:

$$Rango = Valor_{Maximo} - Valor_{minimo}$$

ECUACIÓN 1: RANGO

Para obtener el promedio de cada uno de los rangos que se observan en la tabla 5, se utilizó la siguiente fórmula:

$$Promedio = \frac{\sum Rango}{3}$$

ECUACIÓN 2. PROMEDIO

	Kiosco				Cafetería edu físico			
	Módulo 1		Módulo 2		Módulo 1		Modulo2	
	Latitud	Longitud	Latitud	Longitud	Latitud	Longitud	Latitud	Longitud
Día 1	1,50E-05	4,60E-05	0,000197	0,000152	5,30E-05	3,00E-05	8,670969	0,000602
Día 2	8,00E-06	3,80E-05	1,70E-05	2,30E-05	2,40E-05	8,00E-06	3,00E-05	3,00E-05
Día 3	0,000171	0,000167	3,90E-05	4,60E-05	0,000111	2,30E-05	5,80E-05	2,20E-05
Promedio	6,47E-05	8,37E-05	8,4333E-05	7,3667E-05	6,27E-05	2,03E-05	2,89035233	0,000218

TABLA 5. COMPARACIÓN DE RANGOS ENTRE DOS MÓDULOS POR TRES DÍAS. FUENTE AUTORAS.

Como ejemplo, En la tabla 5 se observan los resultados de las medidas tomadas en dos zonas, por tres días consecutivos, observando la fila del promedio se deduce que el módulo 1 corresponde al promedio de la menor variación, por lo tanto, este el más adecuado para la implementación del proyecto.

En la tabla 6 se puede observar la diferencia entre el rango que arroja cada uno de los módulos en las diferentes zonas seleccionadas:

	Zona	Modulo 2		Modulo 1	
		Latitud	Longitud	Latitud	Longitud
1	Entrada	1,25E-04	1,25E-04	8,80E-05	8,90E-05
2	Bloque administrativo	4,40E-05	9,20E-05	5,00E-05	5,40E-05
3	Biblioteca	4,34E-04	2,44E-04	8,50E-05	8,40E-05
4	Aula Múltiple	3,32E-04	5,49E-04	8,70E-05	8,40E-05
5	Kiosco	8,43E-05	7,36E-05	6,47E-05	8,37E-05
6	Cancha 6 de mayo	1,60E-04	1,83E-04	2,50E-05	2,30E-05
7	Bloque B	1,64E-04	7,63E-04	1,62E-04	1,38E-04
8	Laboratorios de electrónica	1,73E-04	3,51E-04	1,79E-04	8,01E-04
9	Cancha Múltiple	9,20E-05	1,45E-04	6,70E-05	7,60E-05
10	Cafetería edufisicos	2,20E-04	1,91E-04	3,50E-05	4,60E-05
11	Bloques C y D	3,89E-04	3,12E-04	1,59E-04	2,06E-04
12	Camino sendero vía cancha de tenis	5,82E-04	1,71E-04	2,56E-05	3,26E-05
13	Plaza Sativa	4,00E-04	5,27E-04	2,70E-05	1,50E-05
14	Plaza de niños	3,38E-04	3,59E-04	2,70E-05	3,10E-05
15	Bienestar	5,32E-04	1,14E-04	1,59E-04	1,30E-04
16	Laboratorio de química	1,06E-03	5,26E-04	7,30E-04	3,05E-04
17	Parqueaderos F y E	4,24E-05	9,16E-05	5,18E-05	5,21E-05
18	Bloques F y E	3,73E-03	2,21E-03	6,80E-05	2,30E-05
19	Parqueadero Gimnasio	1,99E-04	9,10E-05	2,20E-05	1,50E-05
20	Gimnasio	2,24E-04	6,10E-05	3,17E-04	1,22E-04
21	Cancha de futbol	3,84E-04	3,45E-04	2,63E-05	3,06E-05
22	Emilio sierra	3,10E-05	1,52E-04	1,00E-05	5,40E-05

TABLA 6. COMPARACIÓN DE RANGOS MÓDULOS GPS, FUENTE AUTORAS

3.4.4 Análisis estadístico de datos

Para hacer el análisis estadístico de cada una de las zonas se procedió a analizar los datos adquiridos previamente, obteniendo la media y la desviación estándar tanto en longitud como en latitud, para luego hallar la distribución normal, ya que esta permite una visualización en forma de campana de gauss, la cual ayuda a determinar cuál de las mediciones realizadas en cada una de las zonas era la concerniente a implementar, para ello se emplearon las siguientes ecuaciones:

La siguiente ecuación describe la fórmula empleada para hallar la media:

$$\bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{N}$$

ECUACIÓN 3: MEDIA

La siguiente ecuación describe la fórmula utilizada para encontrar la desviación estándar:

$$\sigma = \sqrt{\sum_{i=1}^n \frac{x_i^2}{N} - \bar{X}^2}$$

ECUACIÓN 4: DESVIACIÓN ESTÁNDAR

La siguiente ecuación fue utilizada para realizar la distribución normal

$$f(x) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{1}{2}\left(\frac{x-\bar{x}}{\sigma}\right)^2}$$

ECUACIÓN 5: DISTRIBUCIÓN NORMAL

A continuación, se describe el proceso realizado para la determinación de las coordenadas, el proceso completo se describe para dos zonas, la Entrada y el auditorio Emilio Sierra, para las demás zonas el proceso completo se puede observar en el anexo [A.3](#):

- Entrada

En esta zona se realizaron dos adquisiciones de datos que se pueden observar en la siguiente tabla:

Adquisición	Longitud		Latitud	
	Mínimo	Máximo	Mínimo	Máximo
1	-74,369461	-74,369338	4,33415	4,334275
2	-74,369537	-74,369384	4,334164	4,334253

TABLA 7. VALORES MÁXIMOS Y MÍNIMOS EN LATITUD Y LONGITUD ZONA ENTRADA, FUENTE AUTORAS

Con los anteriores datos se halla la distribución normal, de acuerdo a la ecuación (5), el resultado de está, junto con el promedio de las adquisiciones se observa en la tabla 8:

Longitud:

Adquisición	Promedio	Desviación estándar
1	-74,3693847	2,50E-05
2	-74,3694459	3,50E-05

TABLA 8. VALOR DESVIACIÓN ESTÁNDAR, ZONA ENTRADA, FUENTE AUTORAS

A partir de los datos de la tabla 8, se obtiene la campana de gauss que se observa en la figura 4:

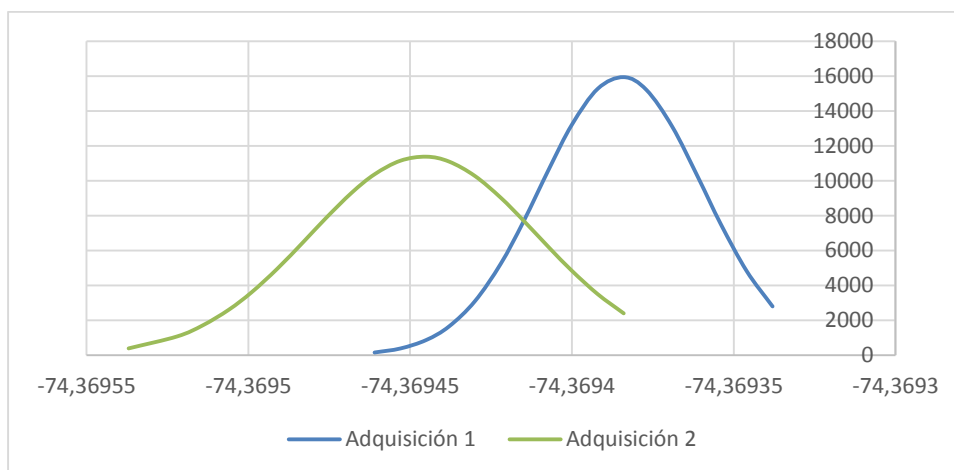


FIGURA 4: CAMPANA DE GAUSS LONGITUD, ZONA ENTRADA, FUENTE AUTORAS

Observando las curvas es posible determinar que, en la segunda adquisición, los valores de los datos están más cercanos al valor de la media, por lo cual es más precisa, esto se puede corroborar al observar la tabla 8 pues la desviación de esta es menor.

Latitud:

En la tabla 9 se observan los datos con los que se halla la distribución normal, de acuerdo a la ecuación (5), para los valores de latitud:

Adquisición	Promedio	Desviación estándar
1	4,33421073	2,61E-05
2	4,33421101	2,28E-05

TABLA 9. DESVIACIÓN ESTÁNDAR Y MEDIA PARA LATITUD ZONA ENTRADA, FUENTE AUTORAS

Con los valores de la tabla 9, se realiza la campana de Gauss correspondiente:

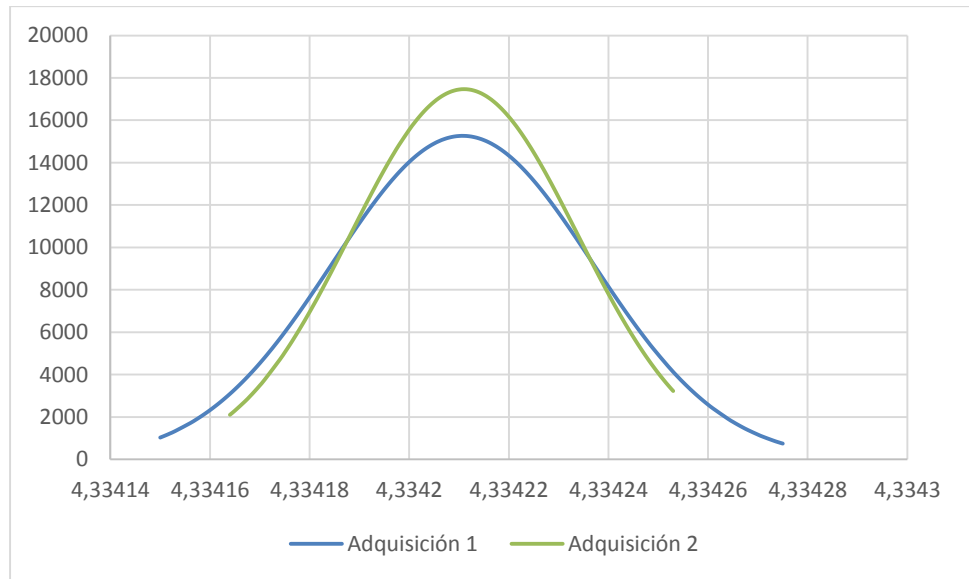


FIGURA 5: CAMPANA DE GAUSS LATITUD, ZONA ENTRADA, FUENTE AUTORAS

Observando la figura 5 y la tabla 9, se puede deducir que la precisión en ambas adquisiciones es muy similar, pero la segunda adquisición tiene una menor desviación por lo cual, para seleccionar los datos a utilizar se opta por los valores de esta, pues también presento una mejor precisión en los valores de longitud.

- Auditorio Emilio Sierra

Se seleccionó esta zona como ejemplo explicativo, ya que por su ubicación es la que se encuentra más alejada del resto del resto de los edificios, y se quería comprobar de manera detallada el comportamiento

del módulo GPS al no tener edificaciones altas interfiriendo con la adquisición de los datos.

Los valores máximo y mínimo tanto para latitud, como longitud de las diferentes adquisiciones realizadas en esta zona se observan en la tabla 10:

Adquisición	Longitud		Latitud	
	Mínimo	Máximo	Mínimo	Máximo
1	-74,37136	-74,371208	4,336942	4,336973
2	-74,371292	-74,371238	4,33696	4,33697

TABLA 10. VALORES MÁXIMO Y MÍNIMO DE LAS ADQUISICIONES, ZONA EMILIO SIERRA, FUENTE AUTORAS

Con los anteriores datos se halla la distribución normal, de acuerdo a la ecuación (5), el resultado de esta, junto con el promedio de las adquisiciones se observa en la tabla 11:

Adquisición	Promedio	Desviación estándar
1	-74,3712674	2,96E-05
2	-74,3712688	8,75E-06

TABLA 11. VALOR PROMEDIO Y DESVIACIÓN, LONGITUD ZONA EMILIO SIERRA, FUENTE AUTORAS

Longitud:

Con estos valores se obtiene la curva de Gauss correspondiente, esta se observa en la figura 6:

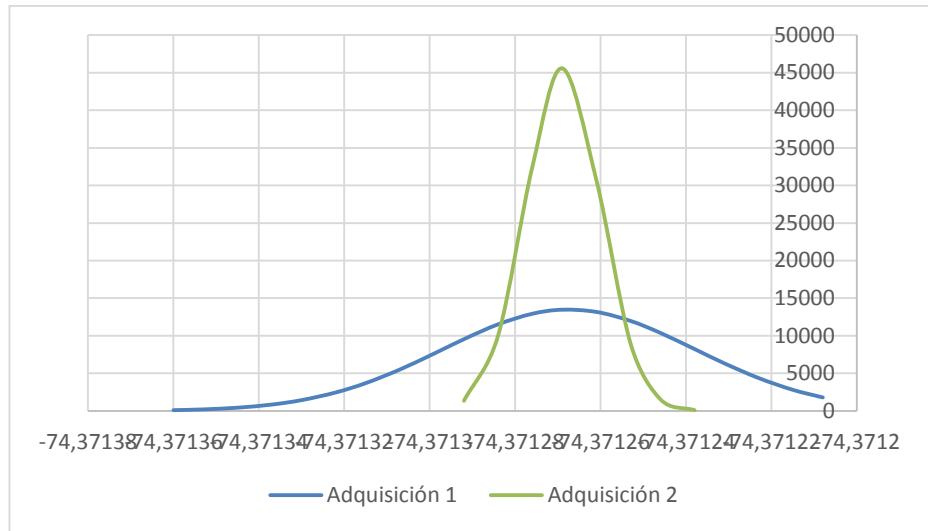


FIGURA 6: CAMPANA DE GAUSS LONGITUD ZONA EMILIO SIERRA, FUENTE AUTORAS

Latitud:

Los valores del promedio y desviación estándar correspondientes a la latitud para la zona de Emilio Sierra se encuentran en la siguiente tabla:

Adquisición	Promedio	Desviación estándar
1	4,33696074	6,69E-06
2	4,33696479	1,91E-06

TABLA 12. VALOR PROMEDIO Y DESVIACIÓN ESTÁNDAR LATITUD ZONA EMILIO SIERRA, FUENTE AUTORAS

Con los datos anteriores se realiza la campana de Gauss:

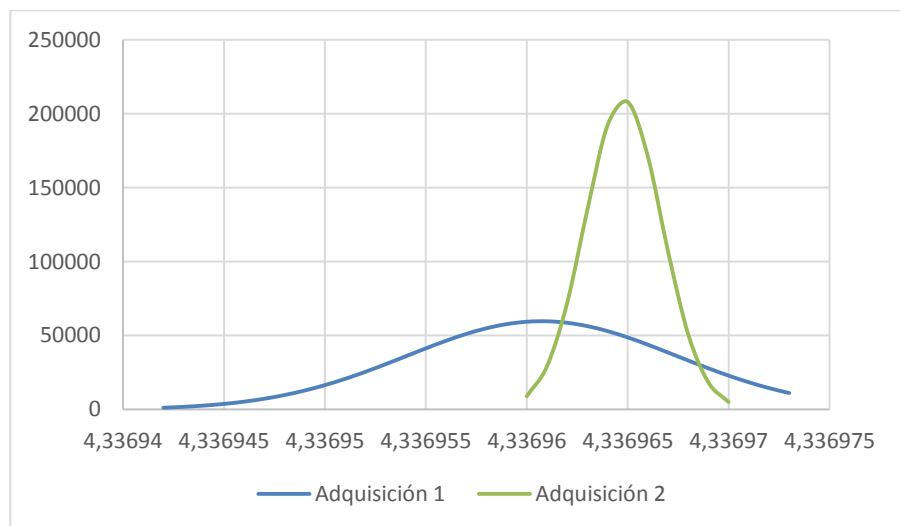


FIGURA 7: CAMPANA DE GAUSS LATITUD ZONA EMILIO SIERRA, FUENTE AUTORAS

Analizando las gráficas y los valores de la desviación estándar se observa que la segunda adquisición tiene una mejor exactitud, sin embargo, al realizar las pruebas de funcionamiento, se encontró que este intervalo de valores no era el más adecuado, por lo que finalmente se optó por trabajar con los valores de la primera adquisición.

A continuación, se puede observar cada una de las zonas faltantes, con la descripción correspondiente de cada una de las adquisiciones realizadas y sus respectivas gráficas que permiten llegar a la selección del intervalo más adecuado a implementar.

- Bloque Administrativo

Los valores máximos y mínimos, así como el promedio y la respectiva desviación estándar, de las adquisiciones realizadas en esta zona se observan en la siguiente tabla:

# Ad q.	Longitud				Latitud			
	Mínimo	Máximo	Promedio	Desv. estándar	Mínimo	Máximo	Promedio	Desv. Estándar
1	-74,369583	-74,369491	-74,3695483	2,50E-05	4,334309	4,334353	4,33432965	9,95E-06
2	-74,369583	-74,369529	-74,3695577	1,04E-05	4,334271	4,334321	4,33429287	1,14E-05

TABLA 13. VALORES ADQ. ZONA BLOQUE ADMINISTRATIVO, FUENTE AUTORAS

De acuerdo a los valores de la tabla 13, se obtienen las campanas de Gauss tanto para latitud como longitud, estas curvas se pueden observar en el anexo A.3.

En las gráficas se observa que la primera adquisición tiene una mayor desviación estándar, lo que corresponde a los valores observados en la tabla 13, al realizar las pruebas con los valores de la segunda adquisición se encontraron diferentes problemas, debido a que el bloque administrativo tiene un área extensa se optó por trabajar con los valores de la primera adquisición y se observaron mejores resultados.

- Biblioteca

Los valores máximos y mínimos, así como el promedio y la respectiva desviación estándar, de las adquisiciones realizadas en esta zona se observan en la tabla 14:

# Adq.	Longitud				Latitud			
	Mínimo	Máximo	Promedio	Desv. estándar	Mínimo	Máximo	Promedio	Desv. Estándar
1	-74,369667	-74,369583	-74,369625	2,44E-05	4,33464	4,334722	4,33467616	2,38E-05
2	-74,369766	-74,369644	-74,369713	2,61E-05	4,33469	4,33477	4,33472948	1,95E-05
3	-74,369773	-74,369529	-74,369727	3,08E-05	4,33454	4,334979	4,33465796	5,15E-05

TABLA 14. VALORES ADQ. ZONA BIBLIOTECA, FUENTE AUTORAS

De acuerdo a los valores de la tabla 14, se obtienen las campanas de Gauss tanto para latitud como longitud, estas curvas se pueden observar en el anexo [A.3](#)

Al analizar las gráficas es posible observar que la adquisición 3 presenta una desviación muy grande, mientras que los valores de la primera y segunda presentan una mejor curva, debido a que la diferencia entre estas adquisiciones está dada en los valores medios que presentan se concluyó que la adquisición más adecuada para utilizar es la segunda, pues presenta una menor desviación en la latitud.

- Aula múltiple

Los valores máximos y mínimos, así como el promedio y la respectiva desviación estándar, de las adquisiciones realizadas en esta zona se observan en la siguiente tabla:

# Adq.	Longitud				Latitud			
	Mínimo	Máximo	Promedio	Desv. estándar	Mínimo	Máximo	Promedio	Desv. Estándar
1	-74,369766	-74,369682	-74,3697172	2,62E-05	4,334985	4,335072	4,33504466	2,36E-05
2	-74,369903	-74,369354	-74,3697081	9,87E-05	4,334946	4,335278	4,33506119	5,74E-05

TABLA 15. VALORES ADQ. ZONA AULA MÚLTIPLE, FUENTE AUTORAS

De acuerdo a los valores de la tabla 15, se obtienen las campanas de Gauss tanto para latitud como longitud, estas curvas se pueden observar en el anexo [A.3](#)

Al analizar las gráficas y los valores de la desviación estándar, se observa que la segunda adquisición presenta una mayor desviación estándar, pero la primera adquisición no presenta una campana completa por lo que se concluyó que la adquisición más adecuada para utilizar es la segunda, pues presenta un mejor comportamiento en la práctica.

- Kiosco

Los valores máximos y mínimos, así como el promedio y la respectiva desviación estándar, de las adquisiciones realizadas en esta zona se observan en la tabla 16:

# Adq.	Longitud				Latitud			
	Mínimo	Máximo	Promedio	Desv. estándar	Mínimo	Máximo	Promedio	Desv. Estándar
1	-74,369972	-74,369934	-74,3699508	1,10E-05	4,334872	4,334936	4,33489458	1,72E-05
2	-74,369819	-74,369735	-74,3697912	1,80E-05	4,334843	4,334939	4,33489644	2,58E-05
3	-74,370086	-74,369575	-74,3698461	9,90E-05	4,334918	4,335063	4,33497855	2,31E-05

TABLA 16. VALORES ADQ. ZONA KIOSCO, FUENTE AUTORAS

De acuerdo a los valores de la tabla 16, se obtienen las campanas de Gauss tanto para latitud como longitud, estas curvas se pueden observar en el anexo A.3

Cuando se realizó el análisis de las gráficas, se pudo observar que en longitud la adquisición 1, presenta una campana incompleta, y la adquisición 3, presenta una desviación extremadamente alta, por lo que se concluyó que la adquisición más adecuada para utilizar es la segunda, porque presenta unas campanas semejantes tanto en latitud como en longitud.

- Cancha 6 de mayo

Los valores máximos y mínimos, así como el promedio y la respectiva desviación estándar, de las adquisiciones realizadas en esta zona se observan en la siguiente tabla:

# Adq.	Longitud				Latitud			
	Mínimo	Máximo	Promedio	Desv. estándar	Mínimo	Máximo	Promedio	Desv. Estándar
1	-74,370018	-74,369995	-74,3700088	6,86E-06	4,334692	4,334717	4,33470647	7,84E-06
2	-74,369979	-74,369911	-74,3699481	1,43E-05	4,334573	4,334753	4,33465525	3,67E-05
3	-74,37001	-74,369827	-74,3698792	3,77E-05	4,33462	4,33478	4,33466274	2,28E-05

TABLA 17. VALORES ADQ. ZONA CANCHA 6 DE MAYO, FUENTE AUTORAS

De acuerdo a los valores de la tabla 17, se obtienen las campanas de Gauss tanto para latitud como longitud, estas curvas se pueden observar en el anexo [A.3](#)

Luego del análisis de las gráficas y los valores de la desviación estándar, se concluyó que la adquisición más adecuada para utilizar es la segunda, porque presenta una menor desviación estándar en longitud, y sus graficas tanto en latitud como en longitud muestran un buen comportamiento.

- Bloque B

Los valores máximos y mínimos, así como el promedio y la respectiva desviación estándar, de las adquisiciones realizadas en esta zona se observan en la tabla 18:

# Adq.	Longitud				Latitud			
	Mínimo	Máximo	Promedio	Desv. estándar	Mínimo	Máximo	Promedio	Desv. Estándar
1	-74,370178	-74,37004	-74,3701236	3,61E-05	4,334725	4,334887	4,33483144	4,32E-05
2	-74,370468	-74,37004	-74,3702116	9,46E-05	4,334651	4,335056	4,33483162	8,66E-05
3	-74,37059	-74,369827	-74,3701913	1,39E-04	4,334706	4,33487	4,33480288	3,56E-05

TABLA 18. VALORES ADQ. ZONA BLOQUE B, FUENTE AUTORAS

De acuerdo a los valores de la tabla 18, se obtienen las campanas de Gauss tanto para latitud como longitud, estas curvas se pueden observar en el anexo [A.3](#)

En el análisis de las gráficas se observó que la adquisición 1 presenta una campana incompleta, además del análisis de las gráficas y la tabla 18, se realizaron diferentes pruebas para verificar el funcionamiento, por lo que se concluyó que la adquisición más adecuada para utilizar es la segunda, porque en la práctica se evidencio que estos valores eran los

que mejores resultados arrojaban a pesar que en la tabla 18 se puede observar que esta adquisición tiene una mayor desviación que las otras.

- Laboratorios de Física y Electrónica

Los valores máximos y mínimos, así como el promedio y la respectiva desviación estándar, de las adquisiciones realizadas en esta zona se observan en la siguiente tabla:

# Adq.	Longitud				Latitud			
	Mínimo	Máximo	Promedio	Desv. estándar	Mínimo	Máximo	Promedio	Desv. Estándar
1	-74,370056	-74,369255	-74,3698757	1,72E-04	4,334927	4,335106	4,33501846	3,58E-05
2	-74,370094	-74,369842	-74,3699652	4,14E-05	4,334914	4,335085	4,33498343	3,06E-05
3	-74,370048	-74,369697	-74,3699581	6,28E-05	4,334829	4,335002	4,33489197	5,07E-05

TABLA 19. VALORES ADQ. ZONA LABORATORIOS DE FÍSICA Y ELECTRÓNICA, FUENTE AUTORAS

De acuerdo a los valores de la tabla 19, se obtienen las campanas de Gauss tanto para latitud como longitud, estas curvas se pueden observar en el anexo A.3

Al realizar el análisis de las gráficas y los valores de la desviación estándar, se puede observar que la primera adquisición en longitud presenta una desviación mayor que las otras, mientras que la segunda adquisición es la que menor desviación presenta tanto en longitud como en latitud por lo que se concluyó que esta es la adquisición más adecuada para utilizar.

- Cancha Múltiple

Los valores máximos y mínimos, así como el promedio y la respectiva desviación estándar, de las adquisiciones realizadas en esta zona se observan en la siguiente tabla:

# Adq.	Longitud				Latitud			
	Mínimo	Máximo	Promedio	Desv. estándar	Mínimo	Máximo	Promedio	Desv. Estándar
1	-74,370056	-74,369911	-74,3699866	2,96E-05	4,335189	4,335281	4,33522579	1,57E-05
2	-74,37001	-74,369934	-74,3699709	1,74E-05	4,335215	4,335282	4,33524597	1,62E-05

TABLA 20. VALORES ADQ. ZONA CANCHA MÚLTIPLE, FUENTE AUTORAS

De acuerdo a los valores de la tabla 20, se obtienen las campanas de Gauss tanto para latitud como longitud, estas curvas se pueden observar en el anexo [A.3](#)

Luego del análisis de las gráficas y los valores de la desviación estándar, se concluyó que la adquisición más adecuada para utilizar es la segunda, ya que en la tabla 20 y en las gráficas se puede observar que esta adquisición tiene una menor desviación estándar.

- Cafetería Edufísicos

Los valores máximos y mínimos, así como el promedio y la respectiva desviación estándar, de las adquisiciones realizadas en esta zona se observan en la tabla 21:

# Adq.	Longitud				Latitud			
	Mínimo	Máximo	Promedio	Desv. estándar	Mínimo	Máximo	Promedio	Desv. Estándar
1	-74,3703	-74,370254	-74,3702768	1,25E-05	4,335288	4,335323	4,33530023	8,07E-06
2	-74,370292	-74,370269	-74,3702811	5,64E-06	4,33525	4,335324	4,33527643	1,65E-05
3	-74,370353	-74,370162	-74,370252	4,10E-05	4,335116	4,335336	4,33524941	4,77E-05

TABLA 21. VALORES ADQ. ZONA CAFETERÍA EDUFÍSICOS, FUENTE AUTORAS

De acuerdo a los valores de la tabla 21, se obtienen las campanas de Gauss tanto para latitud como longitud, estas curvas se pueden observar en el anexo [A.3](#)

Al realizar el análisis de las gráficas y los valores de la desviación estándar, se observa que la tercera adquisición presenta una desviación estándar alta, mientras que la primera adquisición presenta una campana incompleta en latitud, por lo que se concluyó que la adquisición más adecuada para utilizar es la segunda.

- Bloques C y D

Los valores máximos y mínimos, así como el promedio y la respectiva desviación estándar, de las adquisiciones realizadas en esta zona se observan en la siguiente tabla:

# Adq.	Longitud				Latitud			
	Mínimo	Máximo	Promedio	Desv. estándar	Mínimo	Máximo	Promedio	Desv. Estándar
1	-74,370574	-74,370368	-74,3704733	3,41E-05	4,335016	4,335175	4,33509773	2,96E-05
2	-74,37046	-74,370384	-74,3704177	1,83E-05	4,334923	4,33517	4,33509545	4,37E-05
3	-74,370574	-74,370262	-74,3704027	7,38E-05	4,335116	4,335336	4,33505906	7,00E-05

TABLA 22. VALORES ADQ. ZONA BLOQUES C Y D, FUENTE AUTORAS

De acuerdo a los valores de la tabla 22, se obtienen las campanas de Gauss tanto para latitud como longitud, estas curvas se pueden observar en el anexo [A.3](#)

Luego del análisis de las gráficas y los valores de la desviación estándar, se concluyó que la adquisición más adecuada para utilizar es la segunda, porque en la tabla 22 se puede observar que esta adquisición tiene una menor desviación en longitud además que en pruebas realizadas se evidencio que con estos valores se obtenían mejores resultados.

- Cancha de Tenis

Los valores máximos y mínimos, así como el promedio y la respectiva desviación estándar, de las adquisiciones realizadas en esta zona se observan en la siguiente tabla:

# Adq.	Longitud				Latitud			
	Mínimo	Máximo	Promedio	Desv. estándar	Mínimo	Máximo	Promedio	Desv. Estándar
1	-74,370582	-74,370521	-74,3705407	1,35E-05	4,335401	4,335446	4,33541655	9,19E-06

TABLA 23. VALORES ADQ. ZONA CANCHA DE TENIS, FUENTE AUTORAS

Debido a que el terreno que rodea la cancha de tenis es irregular, y que cerca de esta no se plantearon otras zonas se consideró que con una adquisición era suficiente para obtener las coordenadas, lo que se evidencio al momento de realizar las pruebas iniciales pues no se encontraron problemas o errores, y al observar las campanas de Gauss tanto para latitud como para longitud se puede ver una campana que indica una buena relación entre la media y la desviación estándar.

- Plaza Sativa

Los valores máximos y mínimos, así como el promedio y la respectiva desviación estándar, de las adquisiciones realizadas en esta zona se observan en la siguiente tabla:

# Ad q.	Longitud				Latitud			
	Mínimo	Máximo	Promedio	Desv. estándar	Mínimo	Máximo	Promedio	Desv. Estándar
1	-74,371696	-74,370712	-74,3713427	3,27E-04	4,334444	4,335276	4,3347474	2,43E-04
2	-74,371337	-74,370368	-74,3707972	1,20E-04	4,335123	4,335556	4,33529844	5,52E-05
3	-74,370979	-74,370452	-74,3708001	7,94E-05	4,335167	4,335567	4,33538134	5,86E-05

TABLA 24. VALORES ADQ. ZONA PLAZA SATIVA, FUENTE AUTORAS

De acuerdo a los valores de la tabla 24, se obtienen las campanas de Gauss tanto para latitud como longitud, estas curvas se pueden observar en el anexo A.3

Al realizar el análisis de las gráficas y los valores de la desviación estándar, se puede observar que la primera adquisición tiene una desviación estándar alta, mientras que la segunda y tercera adquisición son muy similares, lo que las diferencia es una pequeña diferencia en cuanto a la desviación estándar en la gráfica de longitud, y una pequeña diferencia en la media para la gráfica de latitud, luego de realizar pruebas con estos intervalos se concluyó que la adquisición más adecuada para utilizar es la segunda, ya que según la tabla 24 esta tiene una menor desviación tanto en latitud como en longitud.

- Plaza de Niños

Los valores máximos y mínimos, así como el promedio y la respectiva desviación estándar, de las adquisiciones realizadas en esta zona se observan en la tabla 25:

# Ad q.	Longitud				Latitud			
	Mínimo	Máximo	Promedio	Desv. estándar	Mínimo	Máximo	Promedio	Desv. Estándar
1	-74,370834	-74,370803	-74,3708188	1,05E-05	4,335094	4,335121	4,33510511	8,19E-06
2	-74,371025	-74,370666	-74,3708718	7,09E-05	4,334827	4,335165	4,33503608	6,82E-05
3	-74,370849	-74,370681	-74,3707732	3,04E-05	4,334946	4,335242	4,33510108	5,99E-05

TABLA 25. VALORES ADQ. ZONA PLAZA DE NIÑOS, FUENTE AUTORAS

De acuerdo a los valores de la tabla 25, se obtienen las campanas de Gauss tanto para latitud como longitud, estas curvas se pueden observar en el anexo [A.3](#)

Luego de analizar las gráficas y los valores de la desviación estándar, además de la realización de pruebas para verificar el funcionamiento, se concluyó que la adquisición más adecuada para utilizar es la segunda, porque en la práctica se evidencio que estos valores eran los que mejores resultados arrojaban a pesar que en la tabla 25 y en las gráficas tanto de longitud y latitud se puede observar que esta adquisición tiene una mayor desviación que las otras adquisiciones.

- Bienestar Universitario

Los valores máximos y mínimos, así como el promedio y la respectiva desviación estándar, de las adquisiciones realizadas en esta zona se observan en la siguiente tabla:

# Ad q.	Longitud				Latitud			
	Mínimo	Máximo	Promedio	Desv. estándar	Mínimo	Máximo	Promedio	Desv. Estándar
1	-74,37078	-74,370666	-74,3707261	2,41E-05	4,334623	4,335155	4,33484659	1,18E-04
2	-74,370727	-74,370597	-74,3706499	2,39E-05	4,334697	4,334856	4,33477213	3,51E-05

TABLA 26. VALORES ADQ. ZONA BIENESTAR, FUENTE AUTORAS

De acuerdo a los valores de la tabla 26, se obtienen las campanas de Gauss tanto para latitud como longitud, estas curvas se pueden observar en el anexo [A.3](#)

En el análisis de las gráficas y los valores de la desviación estándar, se pudo observar que las adquisiciones en la gráfica de longitud se diferencian en el valor de la media, mientras que para la gráfica de latitud se observa que la primer adquisición presenta una mayor desviación estándar, aunque en la práctica se evidencio que la adquisición más adecuada para utilizar es la primera ya que se evidencio que con estos valores se obtenían mejores resultados además en la tabla 26 se puede observar que esta adquisición tiene una menor desviación en latitud.

- Laboratorios Química y Biología

Los valores máximos y mínimos, así como el promedio y la respectiva desviación estándar, de las adquisiciones realizadas en esta zona se observan en la tabla 27:

# Ad q.	Longitud				Latitud			
	Mínimo	Máximo	Promedio	Desv. estándar	Mínimo	Máximo	Promedio	Desv. Estándar
1	-74,371795	-74,371269	-74,3715897	9,60E-05	4,334527	4,335582	4,33517959	2,27E-04
2	-74,371757	-74,371452	-74,371564	6,09E-05	4,334512	4,335242	4,33510534	1,20E-04

TABLA 27. VALORES ADQ. ZONA LABORATORIOS DE QUÍMICA Y BIOLOGÍA, FUENTE AUTORAS

De acuerdo a los valores de la tabla 27, se obtienen las campanas de Gauss tanto para latitud como longitud, estas curvas se pueden observar en el anexo A.3

Luego del análisis de las gráficas y los valores de la desviación estándar, se concluyó que la adquisición más adecuada para utilizar es la segunda, porque en la tabla 27 y en las gráficas correspondientes se puede observar que esta adquisición tiene una menor desviación en latitud y longitud.

- Parqueaderos bloques F y E

Los valores máximos y mínimos, así como el promedio y la respectiva desviación estándar, de las adquisiciones realizadas en esta zona se observan en la siguiente tabla:

# Ad q.	Longitud				Latitud			
	Mínimo	Máximo	Promedio	Desv. estándar	Mínimo	Máximo	Promedio	Desv. Estándar
1	-74,371353	-74,371253	-74,3712873	1,90E-05	4,33534	4,335424	4,33537332	1,63E-05
2	-74,371261	-74,371131	-74,3712162	2,63E-05	4,335312	4,335454	4,33536896	2,74E-05

TABLA 28. VALORES ADQ. ZONA PARQUEADEROS F Y E, FUENTE AUTORAS

De acuerdo a los valores de la tabla 28, se obtienen las campanas de Gauss tanto para latitud como longitud, estas curvas se pueden observar en el anexo A.3

Al analizar las gráficas se puede observar como la primera adquisición presenta unos valores más cercanos a la media, por lo que se estable este intervalo como el más adecuado.

- Bloques F y E

Los valores máximos y mínimos, así como el promedio y la respectiva desviación estándar, de las adquisiciones realizadas en esta zona se observan en la tabla 29:

# Adq.	Longitud				Latitud			
	Mínimo	Máximo	Promedio	Desv. estándar	Mínimo	Máximo	Promedio	Desv. Estándar
1	-74,371292	-74,370956	6,45E-05	6,45E-05	4,335085	4,335663	1,75E-04	1,75E-04
2	-74,372016	-74,370513	2,72E-04	2,72E-04	4,33418	4,335863	3,05E-04	3,05E-04
3	-74,371658	-74,369209	4,39E-04	4,39E-04	4,334061	4,338156	7,38E-04	7,38E-04
4	-74,371627	-74,369415	-74,3707206	4,53E-04	4,331992	4,335723	4,3349111	9,22E-04

TABLA 29. VALORES ADQ. ZONA BLOQUES F Y E, FUENTE AUTORAS

De acuerdo a los valores de la tabla 29, se obtienen las campanas de Gauss tanto para latitud como longitud, estas curvas se pueden observar en el anexo [A.3](#)

En el análisis de las gráficas es posible observar que para la longitud la primera adquisición presenta una menor desviación estándar, mientras que la tercera y cuarta adquisiciones presentan una desviación estándar alta, igualmente para las gráficas de latitud, para verificar el funcionamiento, se realizaron diferentes pruebas de las cuales se concluyó que la adquisición más adecuada para utilizar es la tercera, porque en la práctica se evidencio que estos valores eran los que mejores resultados arrojaban a pesar que en la tabla 29 se puede observar que esta adquisición tiene una mayor desviación que las otras.

- Parqueadero Gimnasio

Los valores máximos y mínimos, así como el promedio y la respectiva desviación estándar, de las adquisiciones realizadas en esta zona se observan en la tabla 30:

# Adq.	Longitud				Latitud			
	Mínimo	Máximo	Promedio	Desv. estándar	Mínimo	Máximo	Promedio	Desv. Estándar
1	-74,370864	-74,370849	-74,3708551	4,36E-06	4,335648	4,33567	4,33566053	6,36E-06
2	-74,370864	-74,370811	-74,3708396	1,09E-05	4,335669	4,335692	4,33568025	5,52E-06
3	-74,370849	-74,370758	-74,3708249	1,67E-05	4,335608	4,335807	4,335704	4,61E-05

TABLA 30. VALORES ADQ. ZONA PARQUEADERO GIMNASIO, FUENTE AUTORAS

De acuerdo a los valores de la tabla 30, se obtienen las campanas de gauss tanto para latitud como longitud, estas curvas se pueden observar en el anexo A.3

Luego del análisis de las gráficas y los valores de la desviación estándar, se concluyó que la adquisición más adecuada para utilizar es la segunda, porque en la tabla 30 y en las gráficas correspondientes se puede observar que esta adquisición tiene un mejor comportamiento en latitud y longitud.

- Gimnasio

Los valores máximos y mínimos, así como el promedio y la respectiva desviación estándar, de las adquisiciones realizadas en esta zona se observan en la siguiente tabla:

# Adq	Longitud				Latitud			
	Mínimo	Máximo	Promedio	Desv. estándar	Mínimo	Máximo	Promedio	Desv. Estándar
1	-74,371086	-74,370964	-74,3710494	3,32E-05	4,335698	4,336015	4,33576648	8,22E-05
2	-74,371047	-74,370964	-74,3709924	2,06E-05	4,335749	4,335865	4,33580543	2,89E-05
3	-74,371147	-74,371009	-74,3710466	2,92E-05	4,335552	4,335876	4,33568448	7,96E-05
4	-74,371147	-74,371086	-74,3711135	1,46E-05	4,335721	4,335945	4,33585246	6,19E-05

TABLA 31. VALORES ADQ. ZONA GIMNASIO, FUENTE AUTORAS

De acuerdo a los valores de la tabla 31, se obtienen las campanas de Gauss tanto para latitud como longitud, estas curvas se pueden observar en el anexo A.3

Al observar las gráficas es posible apreciar que la cuarta adquisición presenta un mejor comportamiento tanto en latitud y longitud, a pesar que en la tabla 31 se observa que no tiene los menores valores.

- Cancha de Futbol

Los valores máximos y mínimos, así como el promedio y la respectiva desviación estándar, de las adquisiciones realizadas en esta zona se observan en la tabla 32:

# Ad q.	Longitud				Latitud			
	Mínimo	Máximo	Promedio	Desv. estándar	Mínimo	Máximo	Promedio	Desv. Estándar
1	-74,371231	-74,371192	-74,371209	8,90E-06	4,336247	4,336267	4,33566053	6,36E-06
2	-74,371269	-74,371162	-74,3712288	2,31E-05	4,336229	4,336308	4,33624816	1,57E-05

TABLA 32. VALORES ADQ. ZONA CANCHA DE FUTBOL, FUENTE AUTORAS

De acuerdo a los valores de la tabla 32, se obtienen las campanas de Gauss tanto para latitud como longitud, estas curvas se pueden observar en el anexo A.3. Para este caso se seleccionó la primera adquisición debido a que presenta una menor desviación estándar.

La tabla 33 contiene el compilado de los intervalos tanto en longitud como latitud para cada una de las 22 zonas seleccionadas

#	Zona	Longitud		Latitud	
		Mínima	Máxima	mínima	máxima
1	Entrada	-74,369537	-74,369384	4,334164	4,334253
2	Bloque administrativos	-74,369583	-74,369491	4,334309	4,334353
3	Biblioteca	-74,369766	-74,369644	4,33469	4,33477
4	Aula múltiple	-74,369903	-74,369354	4,334981	4,335278
5	Kiosco	-74,369819	-74,369735	4,334831	4,334939
6	Cancha 6 de mayo	-74,369979	-74,369911	4,334573	4,334753
7	Bloque B	-74,370468	-74,37004	4,334651	4,335056
8	Laboratorios de electrónica	-74,370094	-74,369842	4,334914	4,335085
9	Cancha múltiple	-74,37001	-74,369934	4,335215	4,335282
10	Cafetería edufisicos	-74,370292	-74,370269	4,33525	4,335324
11	Bloque C y D	-74,37046	-74,370384	4,334923	4,33517
12	Camino sendero vía cancha de tenis	-74,370582	-74,370521	4,335401	4,335446
13	Plaza sativa	-74,371337	-74,370368	4,335123	4,335556
14	Plaza de niños	-74,371025	-74,370666	4,334827	4,335165
15	Bienestar universitario	-74,37078	-74,370666	4,334697	4,334856
16	Laboratorios química y biología	-74,371757	-74,371452	4,334512	4,335242
17	Parqueaderos F y E	-74,371353	-74,371253	4,33534	4,335424
18	Bloques F y E	-74,371658	-74,369209	4,334061	4,338156
19	Parqueadero gimnasio	-74,370864	-74,370811	4,335669	4,335692
20	Gimnasio	-74,371147	-74,371086	4,335721	4,335945
21	Cancha de futbol	-74,371353	-74,37117	4,336236	4,336347
22	Entrada Emilio sierra	-74,37136	-74,371208	4,336942	4,336973

TABLA 33. INTERVALOS EN LATITUD Y LONGITUD DE CADA UNA DE LAS ZONAS. FUENTE AUTORAS

4. DESARROLLO DEL SOFTWARE

4.1 Módulo GPS

Una vez obtenidos y delimitados los intervalos, basados en los datos de la tabla 33 se procede a elaborar el código correspondiente a la localización del usuario por medio del GPS, dicho código se observa en las siguientes figuras

El funcionamiento del módulo GPS el siguiente:

1. Encendido del módulo.

Luego de encender por sus características de fabricación el módulo espera a conectarse por lo menos con cuatro satélites, antes de iniciar la lectura.

2. Lectura

El modulo, interpreta los valores recibidos por los satélites, y arroja valores de latitud y longitud en coordenadas rectangulares.

3. Asignación de Intervalos

Se compara con una base de datos previamente generada, en la cual se encuentran los intervalos de valores tanto para la longitud y latitud, de cada una de las zonas, dependiendo del intervalo en el cual se encuentre a lectura se asigna un valor a una variable llamada *dato*.

La variable *dato* va a tomar valores incrementales debido a que los otros valores numéricos serán usados en la sección para la dirección. Esto se explicará a profundidad en la sección del módulo de direccionamiento.

La ecuación 6 describe los valores que le serán asignados a la variable:

$$dato = (n * 4) + (n - 4)$$

ECUACIÓN 6: POSIBLES VALORES PARA LA VARIABLE DATO, FUENTE AUTORAS

Donde *n*, puede tomar cualquier valor entre 1 y 22, que son las zonas seleccionadas.

Para facilitar la comprensión de este proceso en la tabla 34 se presenta una muestra de los valores

Valor n	Valor dato	Descripción
1	1	Entrada
		Entrada dirección norte
		Entrada dirección sur
		Entrada dirección oeste
		Entrada dirección este
2	6	Bloque administrativo
		Bloque administrativo dirección norte
		Bloque administrativo dirección sur
		Bloque administrativo dirección oeste
		Bloque administrativo dirección este
3	11	Biblioteca

TABLA 34. VALORES PARA LA VARIABLE DATO, FUENTE AUTORAS

Si los valores procedentes de la lectura no corresponden al intervalo de alguna de las 22 zonas, a la variable *dato* se le asigna el valor de 111. La figura 8 ilustra los valores que puede tomar la variable de según la zona.



FIGURA 8: VALORES PARA DATO, SEGÚN EL ALGORITMO, FUENTE OFICINA DE PLANEACIÓN, EDICIÓN AUTORAS

4.1.1 Algoritmo modulo GPS

Basados en los datos arrojados por el modulo GPS, se genera un código que se puede observar en el diagrama de bloques que se visualiza en las figuras 9 a 12.

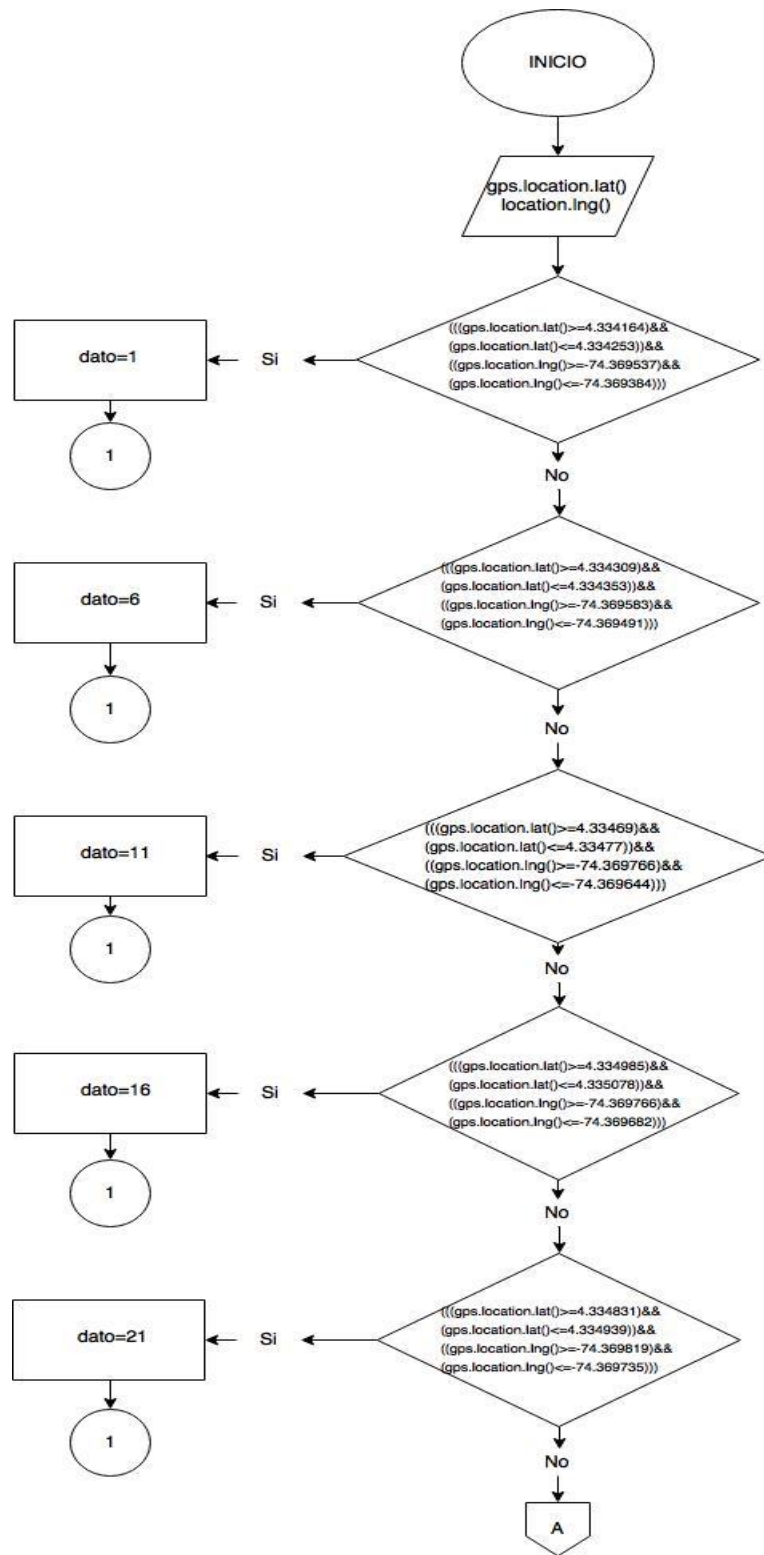


FIGURA 9: ALGORITMO MOD. GPS PARTE A

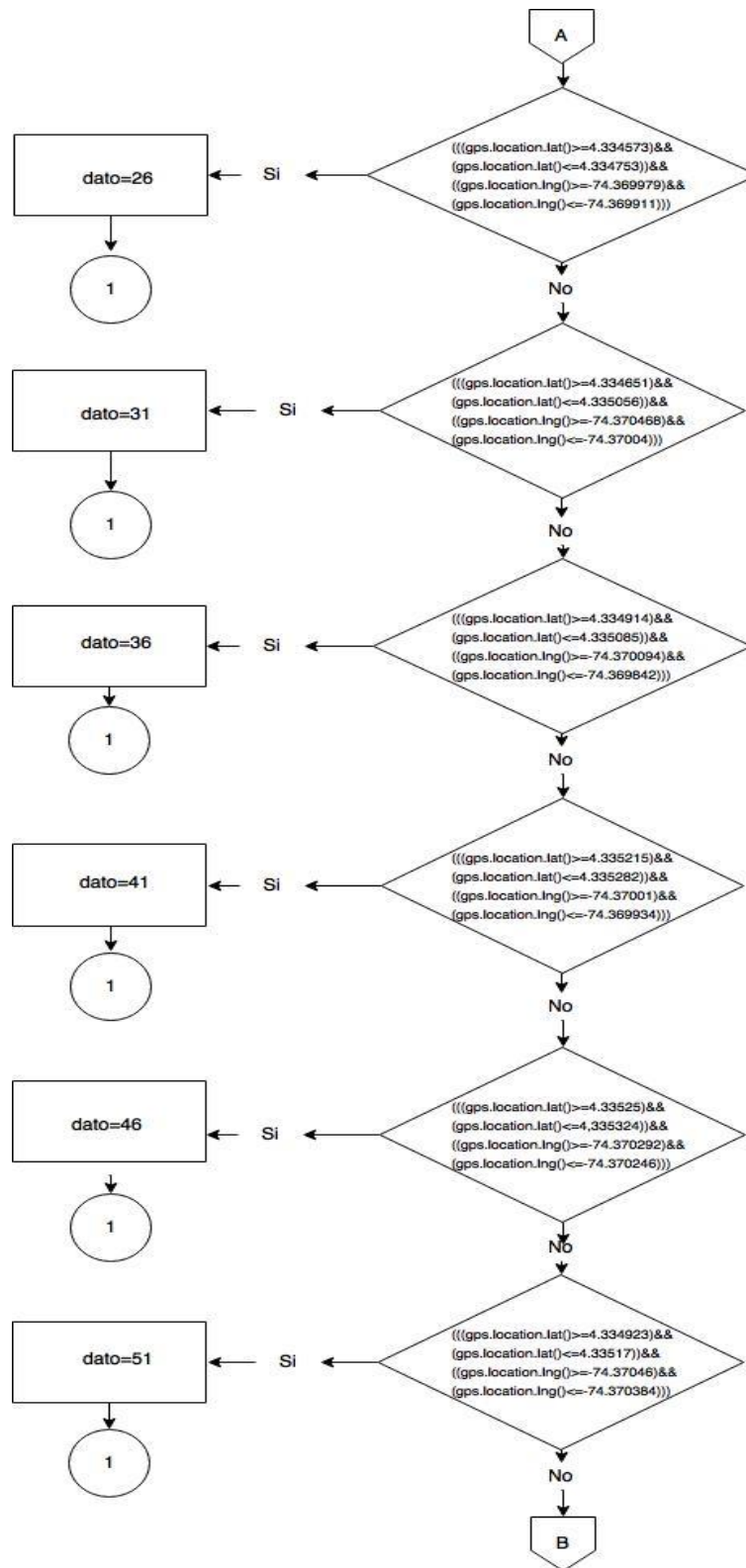


FIGURA 10: ALGORITMO MOD. GPS PARTE B

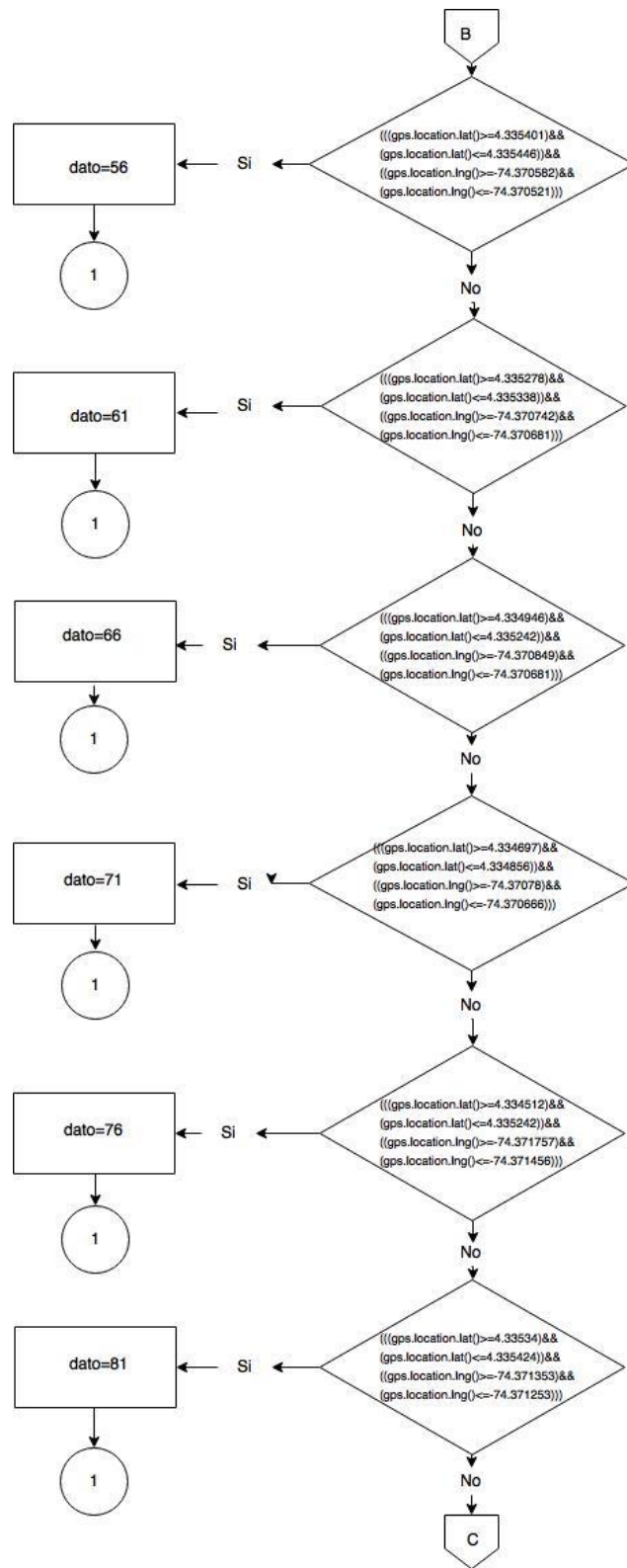


FIGURA 11: ALGORITMO MOD. GPS PARTE C

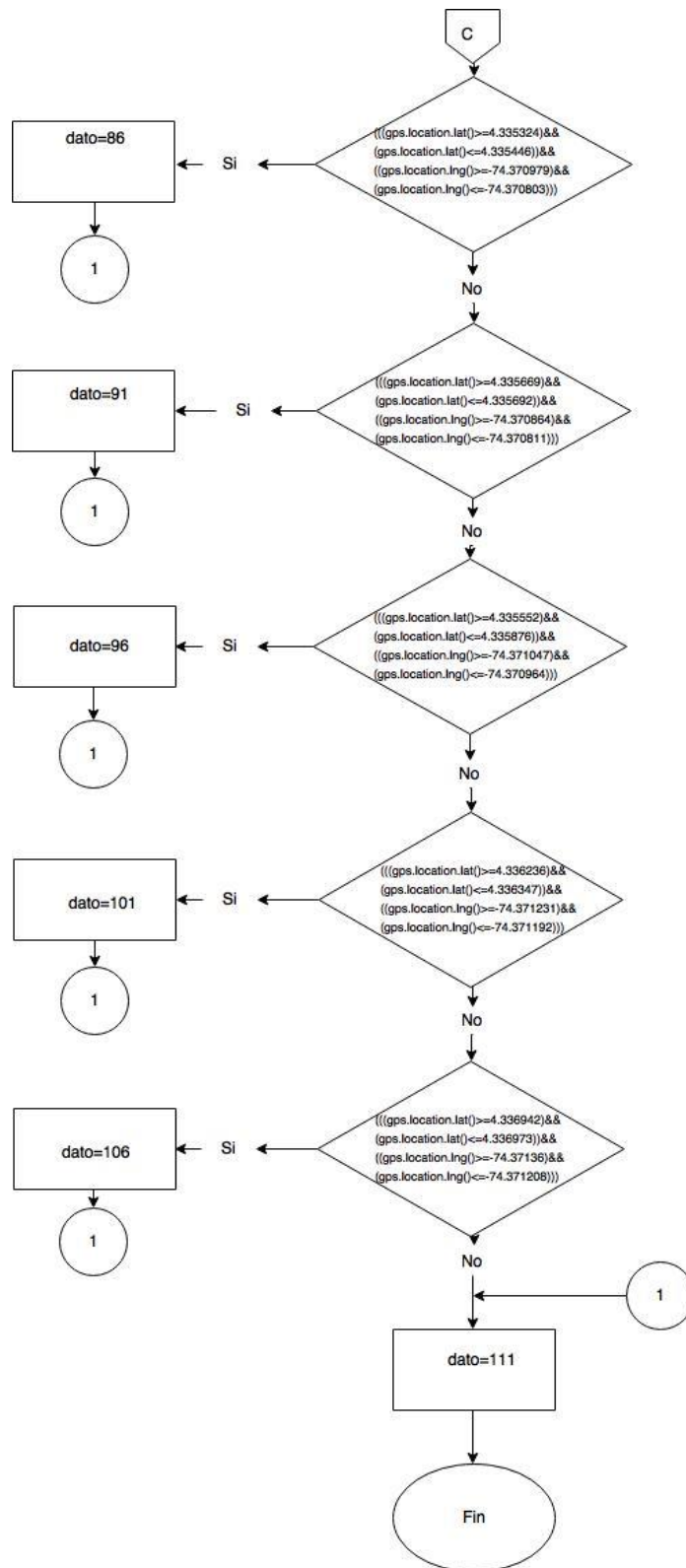


FIGURA 12: ALGORITMO MOD. GPS PARTE D

4.2 Módulo de Direccionamiento

Para que el usuario pueda conocer la dirección a la que se dirige fue necesario integrar al proyecto un compás digital, en este caso se utilizó como una brújula, con esta se obtienen los diferentes valores que indican si la dirección es norte, sur, oriente u occidente, debido a la ubicación de la Universidad para este proyecto se manejaron los valores de norte, noroeste-este, sur-suroeste u oriente-suroriente-nororiente, según el ángulo de azimut en el que se dirija el usuario, se programó el módulo de tal manera que el programa lo tradujera como adelante, derecha, izquierda o atrás.

El módulo implementado en el prototipo es el módulo Compas-Brújula Digital HMC5883L, el cual es compatible con la plataforma Arduino, las principales características se observan en la tabla 35, para más información se puede revisar la hoja de datos que entrega el fabricante [5]



FIGURA 13: MODULO BRÚJULA DIGITAL, TOMADO DE: WWW.VISTRONICA.COM

HMC5883L	
Voltaje de operación	3V~5V
Interfaz de comunicación	I2C (estándar)
Tamaño	1.3cm x 1.8cm

TABLA 35. CARACTERÍSTICAS DE LA BRUJA DIGITAL, FUENTE FABRICANTE, EDICIÓN AUTORAS

4.2.1 Algoritmo módulo de direccionamiento

Basados en los datos arrojados por la brújula digital, se genera un código que se puede observar en el diagrama de bloques que se visualiza en las figuras 15 y 16.

1. Inicio

2. Lectura de ángulo azimut del usuario

Teniendo en cuenta que este ángulo puede tomar valores de 0 a 360 grados se divide este rango en cuatro partes así:

Si el valor del ángulo es mayor a 350°, y menor a 75° la variable *ubi* corresponderá a 300

Si el ángulo es mayor a 75° y menor o igual a 165°, la variable *ubi* corresponderá a 500

Si el ángulo es mayor a 165° y menor o igual a 255°, la variable *ubi* corresponderá a 400

Si el ángulo es mayor a 255° y menor o igual a 350°, la variable *ubi* corresponderá a 200

3. Fin

En la siguiente figura se visualiza la distribución del ángulo de azimut y los valores que se asignaran a la variable ubi.



FIGURA 14: VISUALIZACIÓN RANGO DE DIRECCIONES, FUENTE AUTORAS

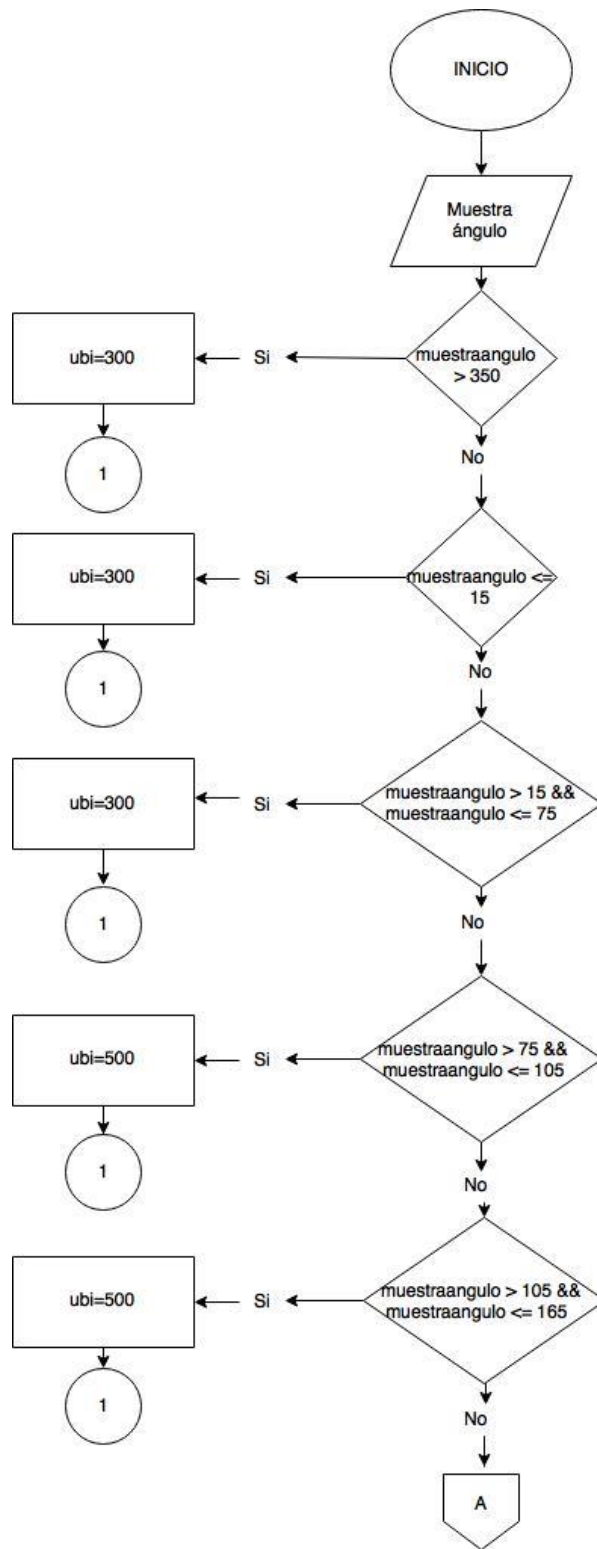


FIGURA 15: ALGORITMO MOD. DIRECCIONAMIENTO PARTE A

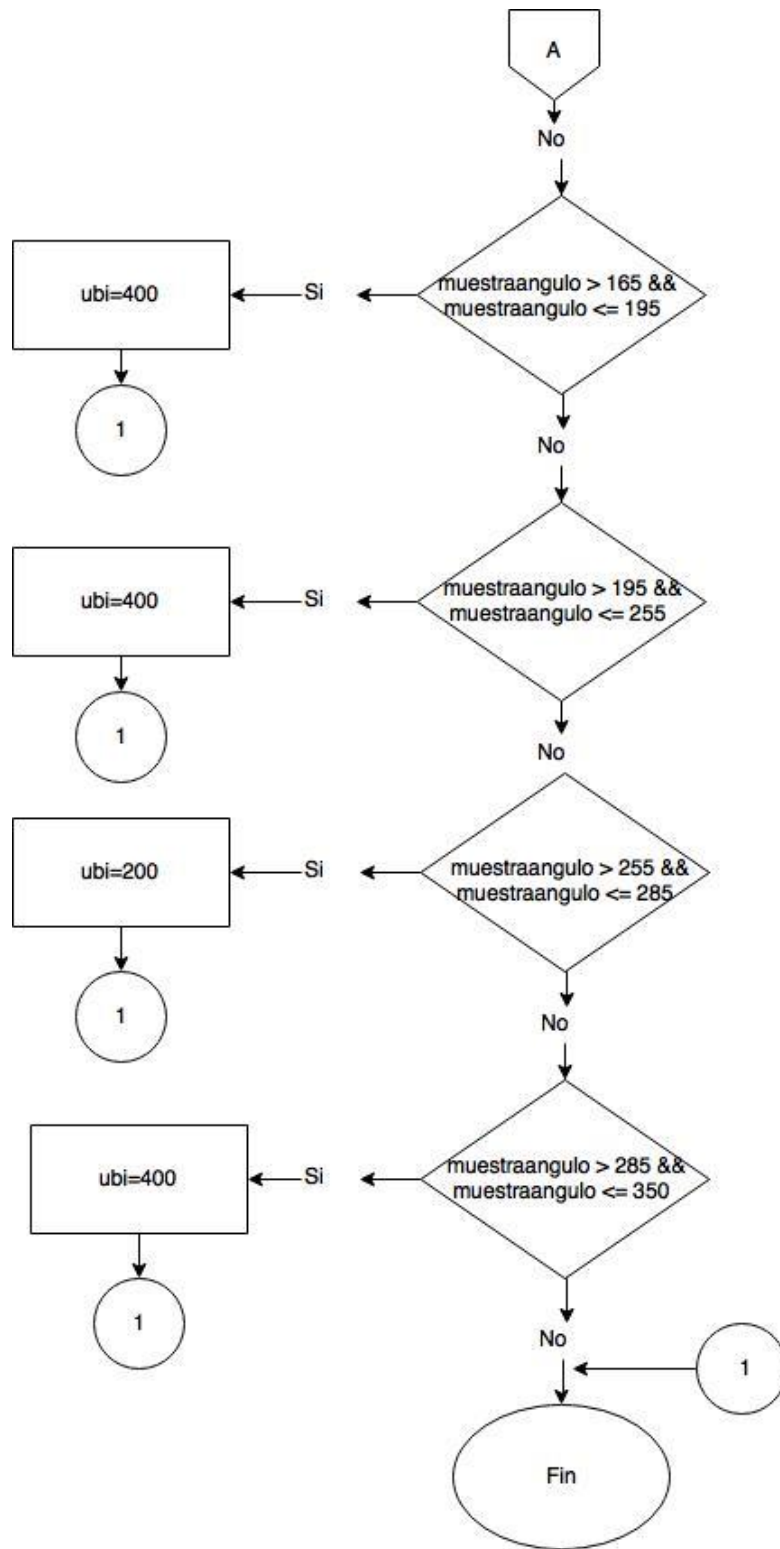


FIGURA 16: ALGORITMO MOD. DIRECCIONAMIENTO PARTE B

4.2.2 Algoritmo para la detección de la zona y la dirección

Una vez detectada la zona en la que se encuentra el usuario es necesario identificar la dirección en la cual se dirige por tal motivo en el algoritmo se generan unas condiciones con las cuales se puede determinar tanto el lugar como la dirección, la descripción del algoritmo se puede observar a continuación:

1. Inicio

2. Llamado de funciones

Se llama a la variable *dato*, proveniente de la función de Geolocalización, se llama a la función *ubi*, proveniente de la función de ubicación.

3. Comparación

Para asegurar que el modulo no arroje una ubicación errónea se introdujo una condición la cual tiene en cuenta el valor anterior. Si el valor de dato inmediatamente anterior (a) es mayor a $\text{dato}-15$ y menor a $\text{dato}+15$.

Si el dato no cumple con la condición se vuelve a llamar las funciones de georreferenciación y ubicación. Si cumple con la condición el programa pasa a evaluar el valor de *ubi*.

4. Condicionales

Se tienen condicionales para la variable *ubi*, el primero de ellos es para saber si el valor es igual a 500.

Si el resultado es verdadero, entonces la variable voz será igual a $\text{dato}+2$

De lo contrario se pasa al siguiente condicional en el que la variable *ubi* corresponde a 200, si el resultado es verdadero, entonces la variable voz será igual a $\text{dato}+1$.

Si no, se pasa al siguiente condicional en el cual la variable *ubi* tiene el valor de 300, si se cumple esta condición, entonces la variable voz será igual a $\text{dato}+3$

De otra manera, se revisa el siguiente condicional en el que la variable *ubi* corresponde a 400, cuando se cumple la condición a la variable voz se hace igual a $\text{dato}+4$

Para finalizar, se iguala la variable *a* al valor de la variable *voz*

5. Sumatorias

Si *voz=other*, entonces la variable *sum* será $sum+1$, sino se reinicia la variable *sum*

Si la variable *sum* es menor o igual a 5, se llama la función para reproducir audios según sitio actual del usuario y dirección. Si la variable *sum* es mayor a 5 entonces se termina el proceso

6. Fin

En la figura 17 se observa un ejemplo de los valores que pueden tomar estas variables:



FIGURA 17: VALORES EN EL MAPA, FUENTE: OFICINA DE PLANEACIÓN, EDICIÓN AUTORAS

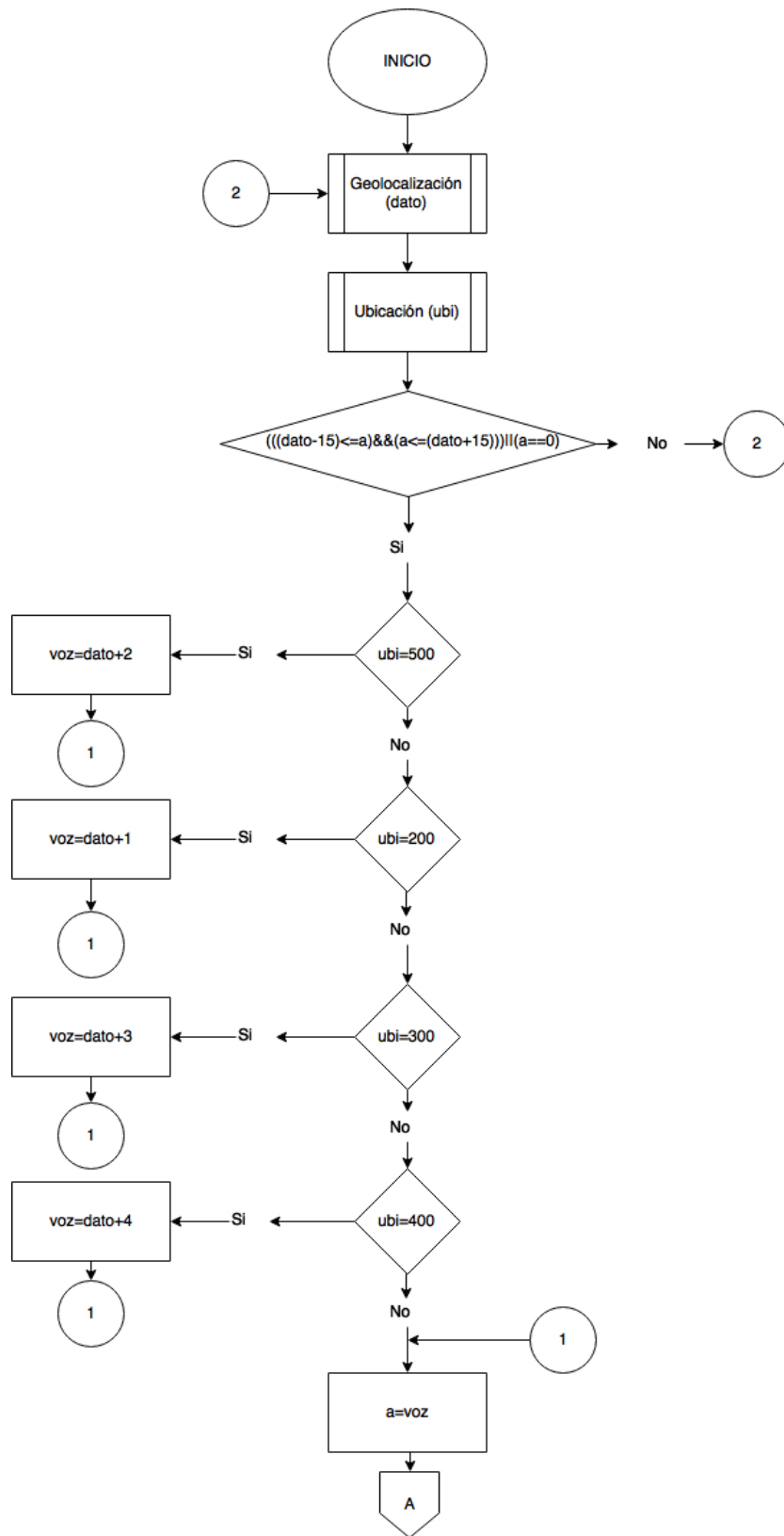


FIGURA 18: ALGORITMO GEORREFERENCIACIÓN PARTE A

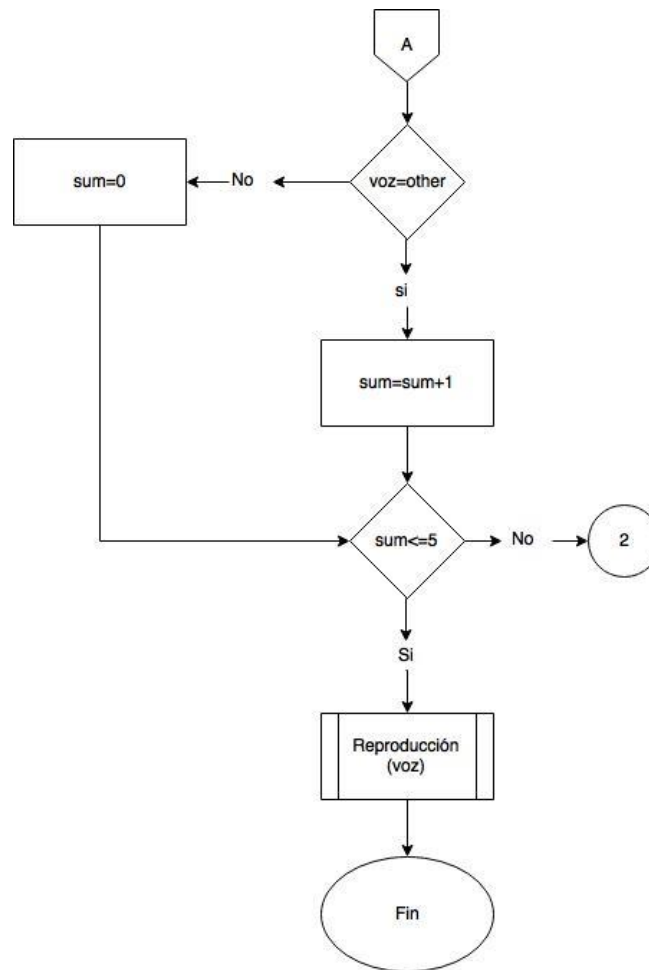


FIGURA 19: ALGORITMO GEORREFERENCIACIÓN PARTE B

4.3 Módulo de Audio

Para la generación de los comandos de voz, se usa el software Loquendo, en una versión demo que permite utilizar Loquendo TTS para crear mensajes sintetizados, este software tiene diversidad de opciones, permite escoger entre voz de hombre o mujer, así como diferentes acentos, en este caso se seleccionó la voz de mujer con el acento predeterminado para Colombia. En este software es necesario escribir el mensaje y Loquendo lo convierte a sonido el formato de salida de los audios se encuentran en WAV, cuando la versión es de paga el formato de salida es mp3.

Para reproducir el sonido se adquirió el módulo IC WTV020M01, este se puede observar en la figura 20, es un decodificador de ficheros de audio desde una tarjeta Micro-SD, compatible con las tarjetas Arduino.



FIGURA 20: MÓDULO REPRODUCTOR DE SONIDO, TOMADO DE: [HTTP://MICROSTRONIC.COM/](http://microstronic.com/)

Este módulo tiene características especiales las cuales se observan en la tabla 36, según la hoja de datos del fabricante [6]:

Módulo WTV020M01-16	
Capacidad de la tarjeta Micro-SD	Máximo 2GB
Formato de archivos	ADPCM 4Bit
Frecuencia de muestreo	6 KHz a 32 KHz
Formato	AD4, frecuencia 36KHZ
Capacidad de reproducción	512 archivos
Forma de reproducción	Directa o desde un llamado
Voltaje de Funcionamiento	2.5 ~ 3.6 V DC
Corriente En Reposo	16uA (tarjeta SD no está insertada)
Volumen	Control de volumen

TABLA 36. CARACTERÍSTICAS MÓDULO WTV020-16, FUENTE: FABRICANTE, EDICIÓN AUTORAS

Debido a que el módulo IC WTV020M01-16 requiere que los audios se encuentren en formato AD4, para poder reproducirlos, es necesario usar un conversor. Para esto se descargó el programa UsbRecorder [11]. Luego de revisar varios videos tutoriales, además de leer cuidadosamente la hoja de datos que proporciona el fabricante queda claro que para una correcta reproducción se debe nombrar los archivos como 0000.ad4, 0001.ad4, 0002.ad4, etc.

Al momento de iniciar las pruebas del módulo se observó que la capacidad de la tarjeta micro-SD, debía ser de 1GB, en la cual se almacenaron los diferentes audios en los que se indica la posición en que se encuentra el usuario y la dirección a la que se dirige, por lo que a cada zona se le generaron 5 archivos audios.

4.3.1 Algoritmo módulo de audio

La reproducción de los audios depende de los valores que arrojen las funciones generadas para la ubicación y la dirección, la descripción de este algoritmo se encuentra a continuación:

1. Inicio

2. Llamado a Función de geolocalización

Para conocer la zona en la que se encuentra el usuario, se llama a la variable *dato*.

3. Llamado a Función ubicación.

Para conocer la dirección del usuario se llama a la variable *ubi*

4. Verificación de valores

Según valores de las variables *dato* y *ubi*, se reasigna un valor a la variable *ubi*

5. Emisión de mensajes

De acuerdo al nuevo valor de *ubi*, se da la orden de reproducción del audio correspondiente a la ubicación, en este audio se encuentra un mensaje donde se puede escuchar en que zona se encuentra el usuario y a cuál zona se dirige si continua con esa dirección.

6. Fin

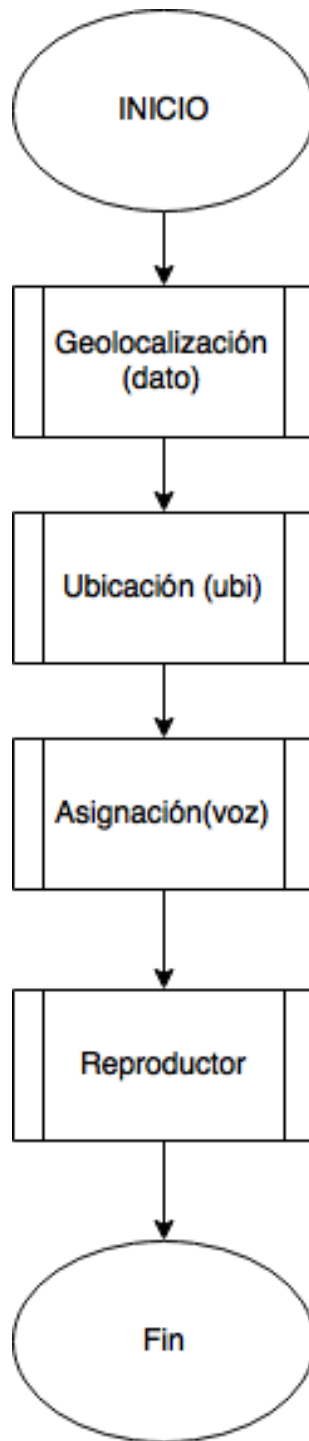


FIGURA 21: ALGORITMO MOD. SONIDO

Finalmente, el código implementado para este prototipo de sistema de ubicación se puede observar en el anexo [A.6](#).

5. DISEÑO DE HARDWARE

5.1. Diagrama de Bloques

En la figura 22 se observa el diagrama de bloques que describe el funcionamiento del prototipo, teniendo como entrada los valores provenientes del módulo GPS y de la brújula digital, estos datos se analizan mediante el código almacenado en la plataforma de Arduino, el cual envía la orden para que el módulo de sonido reproduzca el audio correspondiente.

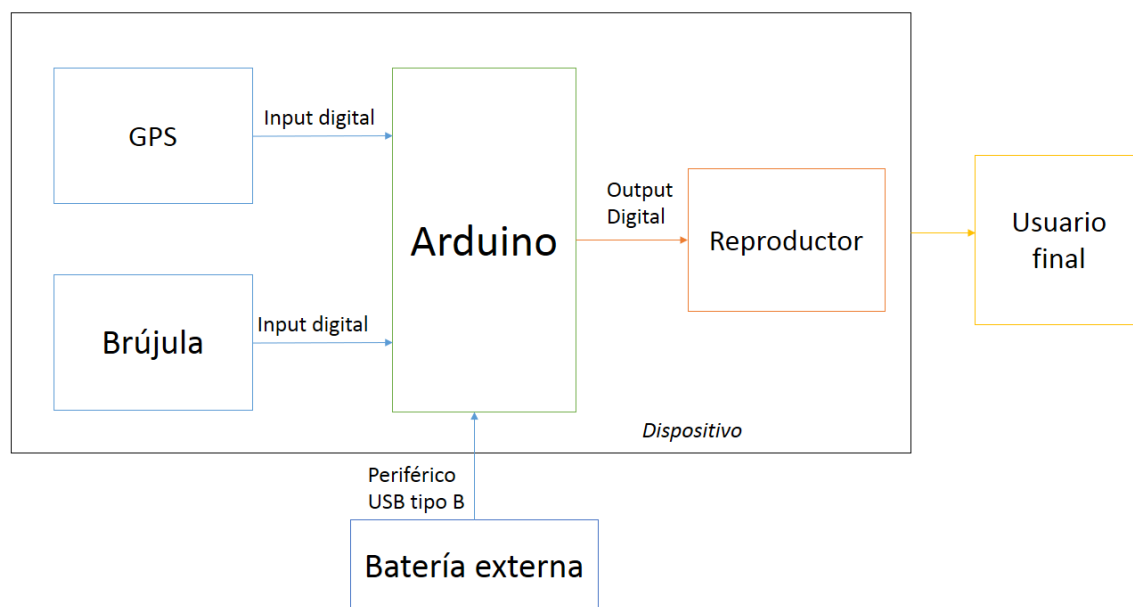


FIGURA 22: DIAGRAMA DE BLOQUES, FUENTE AUTORAS

5.2. Esquema Modular

Para visualizar las conexiones de los diferentes módulos se trabajó el software de diseño electrónico, llamado fritzing ya que es muy sencillo de utilizar y gratuito. Este programa se descargó desde la página oficial, <http://fritzing.org/download/>, en esta página se descarga un archivo comprimido, luego de descargarlo no requiere de instalación, solo descomprimir y ejecutar.

Se seleccionó este software ya que además de visualizar la conexión física de los módulos y demás elementos, este tiene la opción de visualizar el esquema de conexiones, que más adelante será descrito.

5.2.1. Modulo GPS

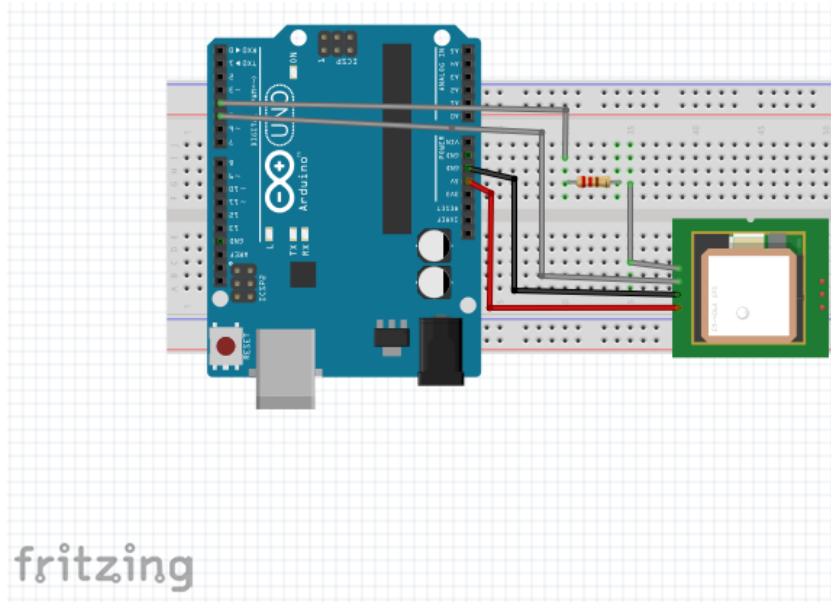


FIGURA 23: ESQUEMA MODULO GPS, ELABORADO EN FRITZING POR AUTORAS

5.2.2. Módulo de Dirección

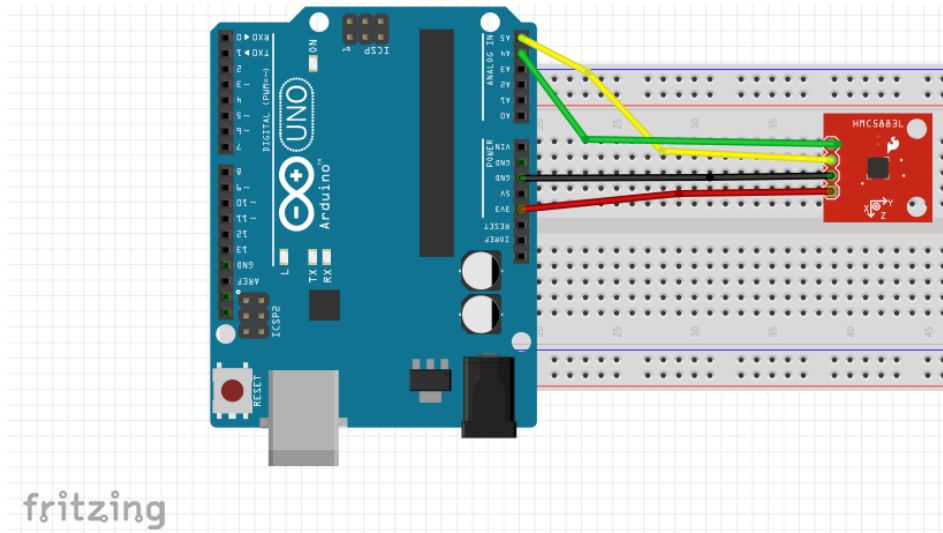


FIGURA 24: ESQUEMA MOD. DIRECCIÓN, ELABORADO EN FRITZING POR AUTORAS

5.2.3. Módulo de Sonido

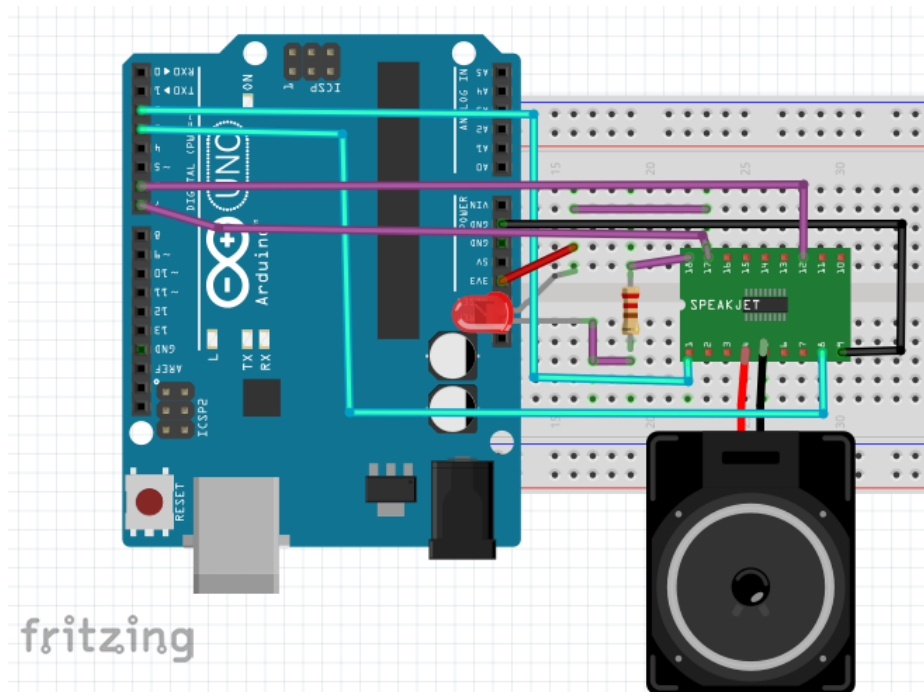


FIGURA 25: ESQUEMA MOD. SONIDO, ELABORADO EN FRITZING POR AUTORAS

5.3. Prototipo

Luego de realizar pruebas de funcionamiento por separado a cada uno de los módulos, se procedió a ensamblarlos todos juntos. Pensando en optimizar el espacio, ya que uno de los objetivos es que el prototipo sea pequeño y ligero se realizó la siguiente distribución:

5.3.1. Esquema Físico

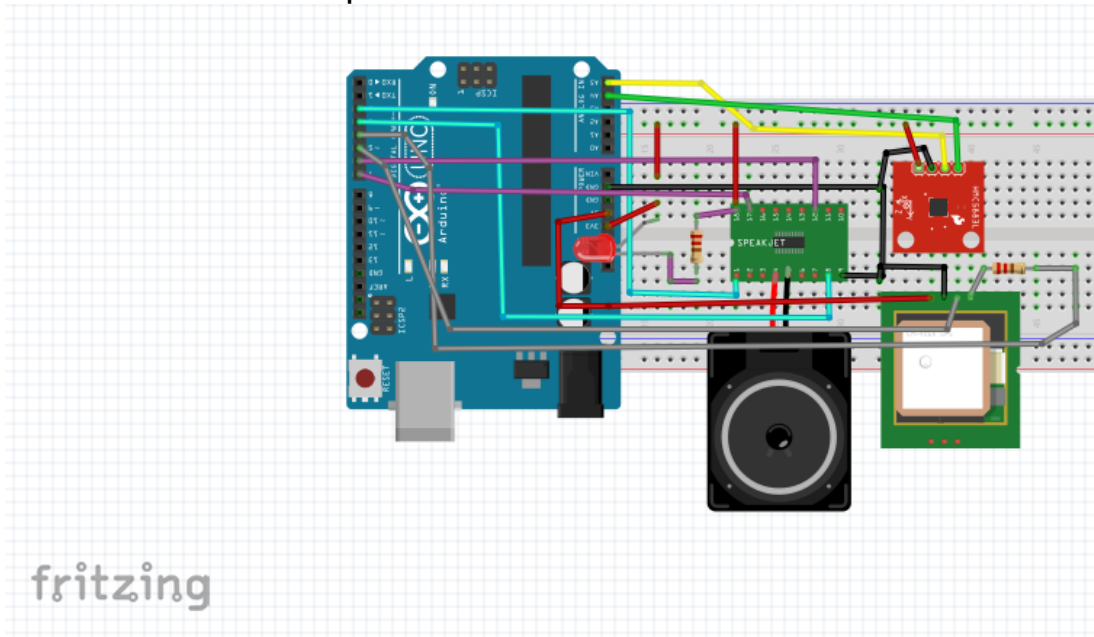


FIGURA 26: ESQUEMA FISICO, ELABORADO EN FRITZING POR AUTORAS

5.3.2. Diagrama Eléctrico

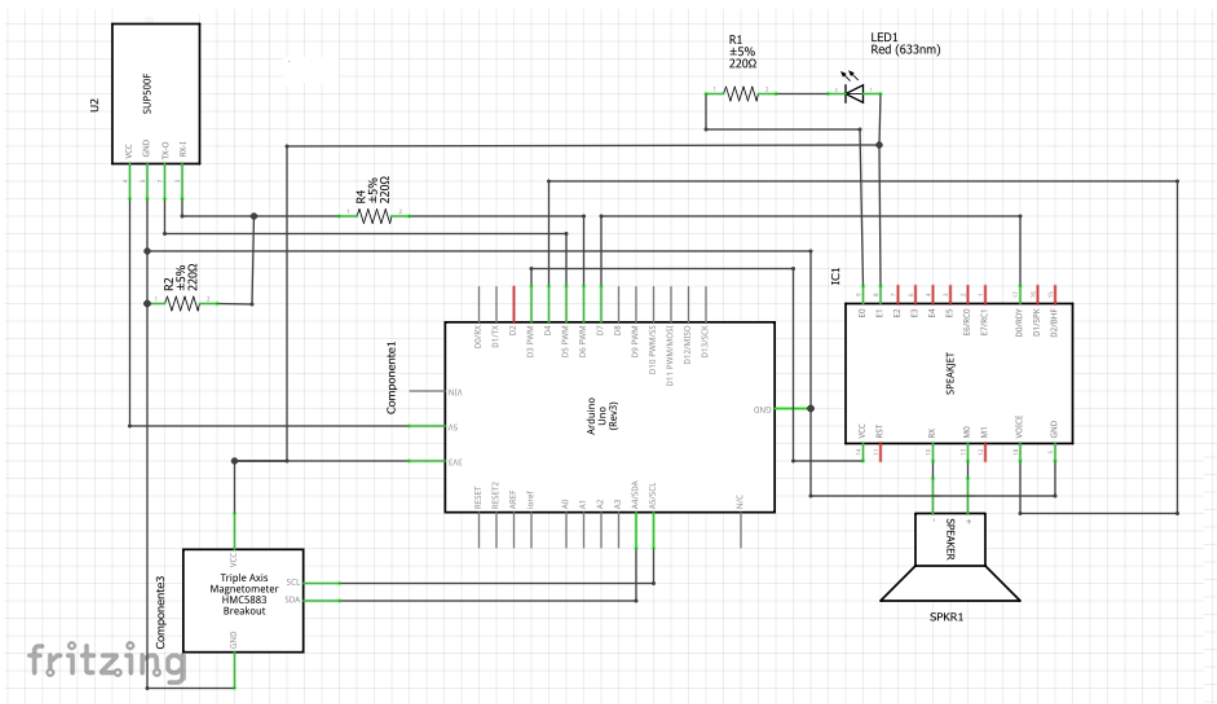


FIGURA 27: DIAGRAMA ELÉCTRICO, ELABORADO EN FRITZING POR AUTORAS

5.3.3. Vista PCB

Para lograr conseguir que el prototipo sea pequeño en la opción del programa Fritzing de vista de PCB, se ubicaron los componentes sobre el espacio que ocupa el Arduino esto se puede observar en la figura 28

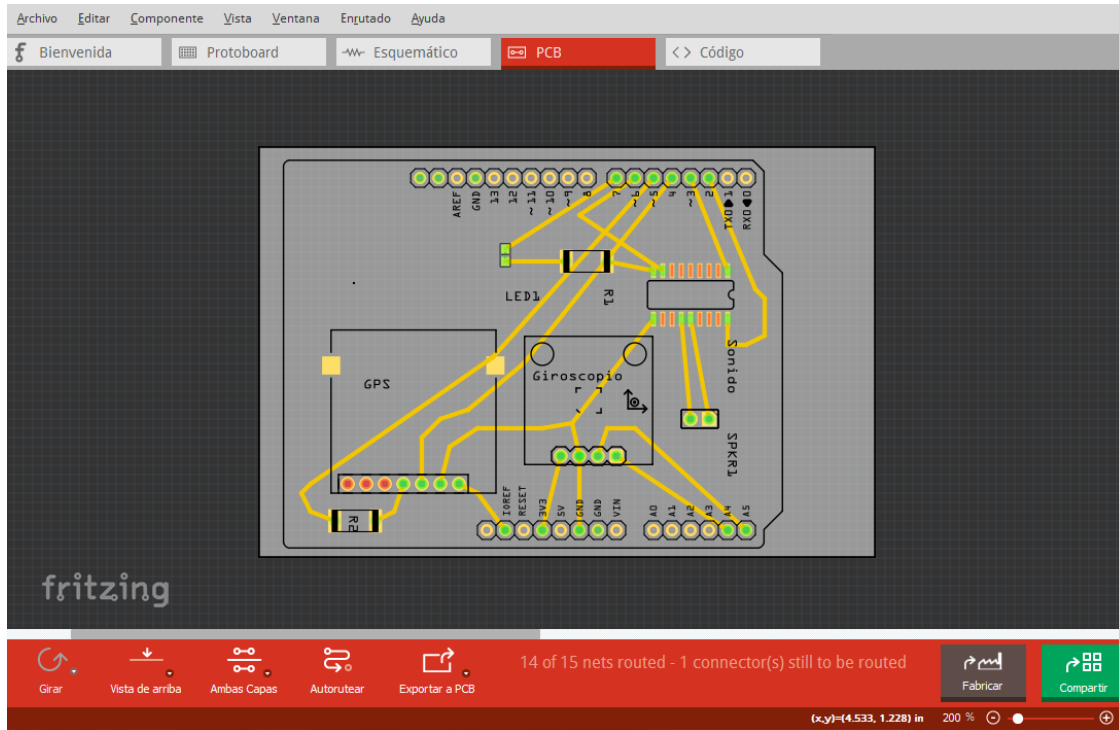


FIGURA 28: VISTA DE PCB, ELABORADO EN FRITZING POR AUTORAS

Debido a que algunos caminos se cruzan se cambió la posición de algunas de estas.

5.4. Producto Final

Luego de cambiar algunos caminos se exporta el archivo, el programa utilizado permite exportar el PCB, como un archivo en PDF, el cual se imprime a laser para luego proceder a transferirlo a la baquela. Estos caminos se observan en la figura 29.

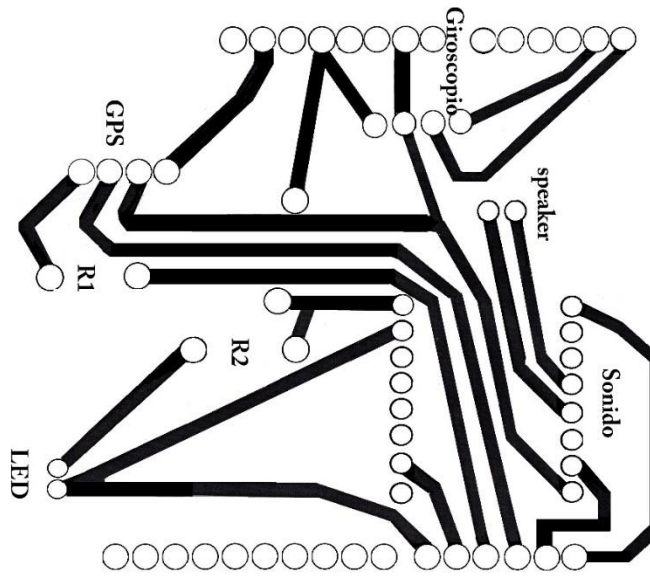


FIGURA 29: RUTAS FINALES, ELABORADO EN FRITZING POR AUTORAS

Posteriormente este esquema se transfiere a la baquela y se adicionan los elementos, el resultado obtenido es el siguiente:

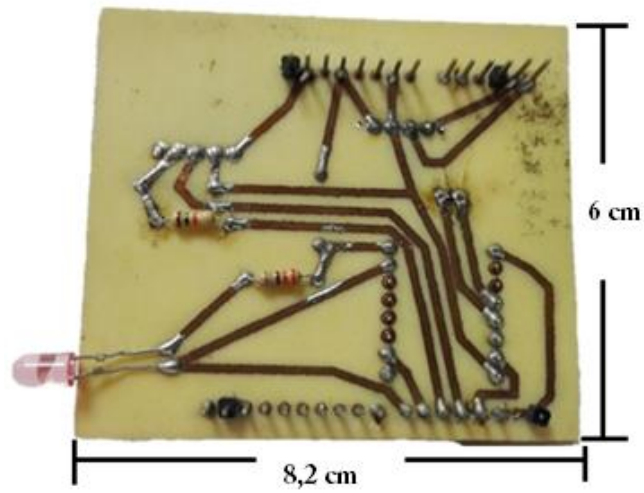


FIGURA 30: BAQUELA VISTA INFERIOR, FUENTE AUTORAS

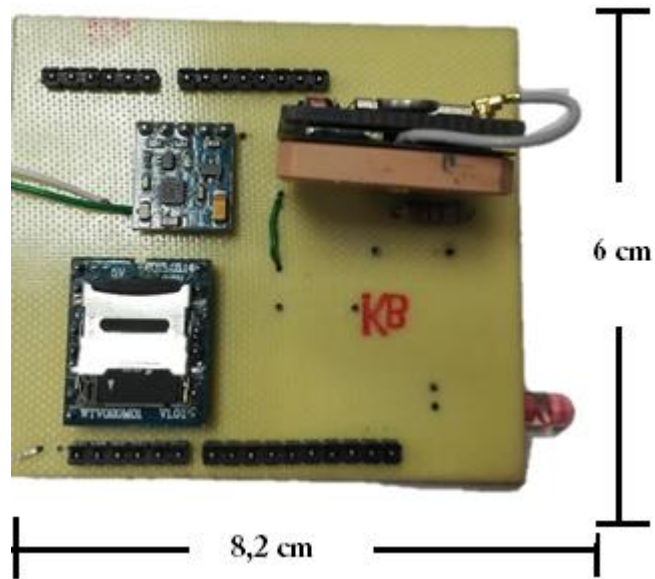


FIGURA 31: BAQUELA VISTA SUPERIOR, FUENTE AUTORAS

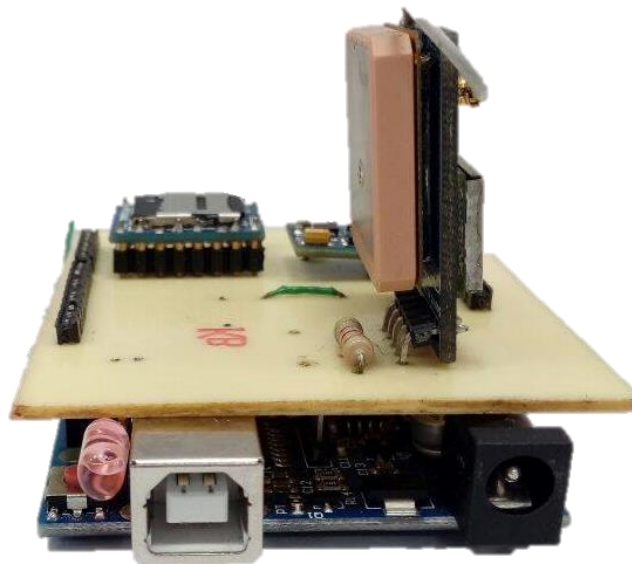


FIGURA 32: VISTA LATERAL SOBRE ARDUINO, FUENTE AUTORAS

En la figura 32 se puede observar cómo queda posicionada la baqueta con los diferentes módulos sobre el Arduino, como es necesaria una batería debido a la movilidad, en este proyecto se utilizó un banco de energía con conexión USB tipo B. Para resguardar el dispositivo, y facilitar el manejo por parte de los usuarios el dispositivo se ubicó dentro de una caja, la cual fue diseñada a medida, y fabricada por encargo. El resultado se observa a continuación:

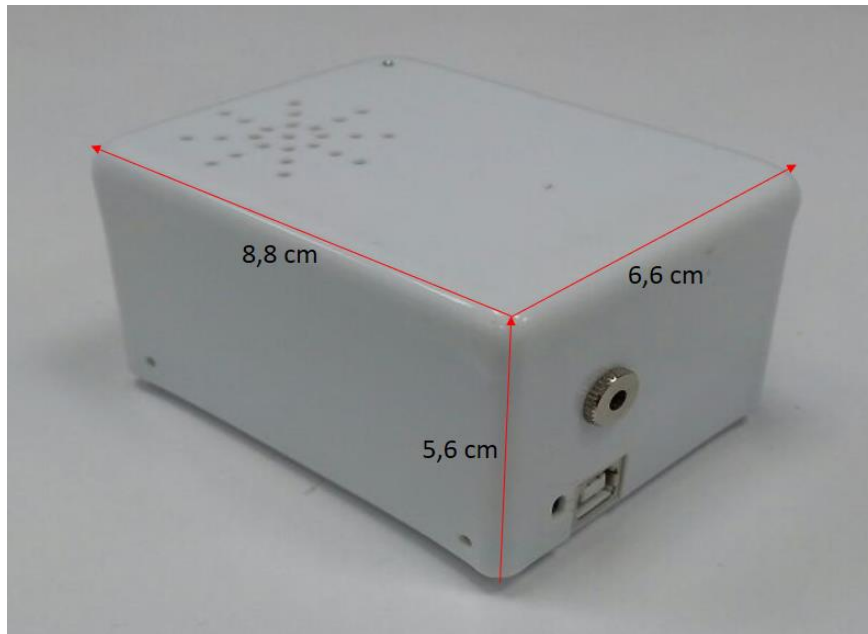


FIGURA 33: CAJA DISPOSITIVO, FOTOGRAFÍA TOMADA POR LAS AUTORAS

Esta caja cuenta con espacios que permiten la conexión para los audífonos, y la entrada de alimentación, en la parte superior tiene unos pequeños orificios que permiten la ventilación para que los elementos no se calienten, y en una esquina tiene un punto braille que indica al usuario que esta es la parte frontal del dispositivo y por lo tanto debe estar ubicado en la misma dirección en la que ellos se dirigen.



FIGURA 34: VISTA FRONTAL, FOTOGRAFÍA TOMADA POR LAS AUTORAS

Finalmente, el volumen final del dispositivo fue igual a Volumen: $5,6\text{cm} \times 6,6\text{cm} \times 8,8\text{cm}$, y el peso total de 117.4 gramos.

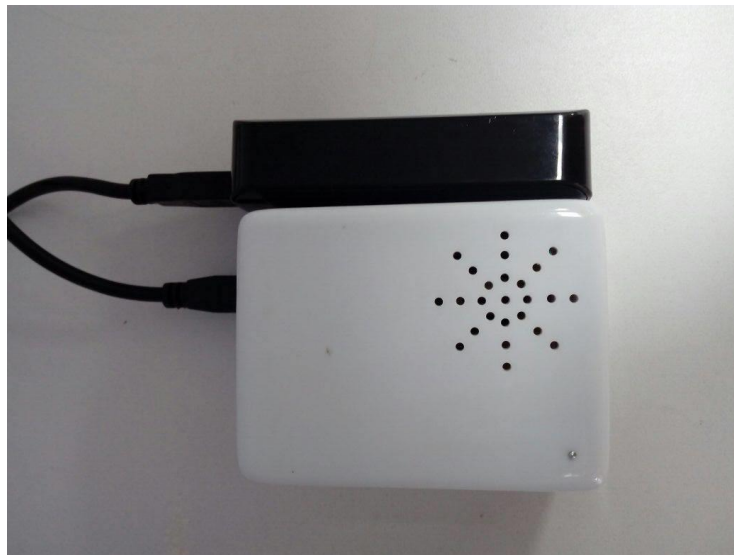


FIGURA 35: VISTA PROTOTIPO CON BATERÍA, FOTOGRAFÍA TOMADA POR LAS AUTORAS



FIGURA 36: PRUEBA DE FUNCIONAMIENTO, FOTOGRAFÍA TOMADA POR LAS AUTORAS

6. EVALUACIÓN Y VALIDACIÓN

6.1 Evaluación

Regularmente y durante todo el desarrollo del proyecto, se estuvo evaluando el funcionamiento del dispositivo, con diferentes recorridos realizados, en diferentes horas, para corroborar y evaluar el prototipo, antes de realizar las pruebas con los usuarios finales.

6.1.1 Evaluación y verificación de coordenadas

Para tener un punto de comparación de los valores obtenidos por el GPS, tanto para latitud como longitud, a cada una de las zonas, se procedió a tomar las coordenadas por medio del GPS de un celular con soporte A-GPS y GLONASS, con conexión a internet a través del servidor de mapa *Google Maps* como se muestra en la figura 37.

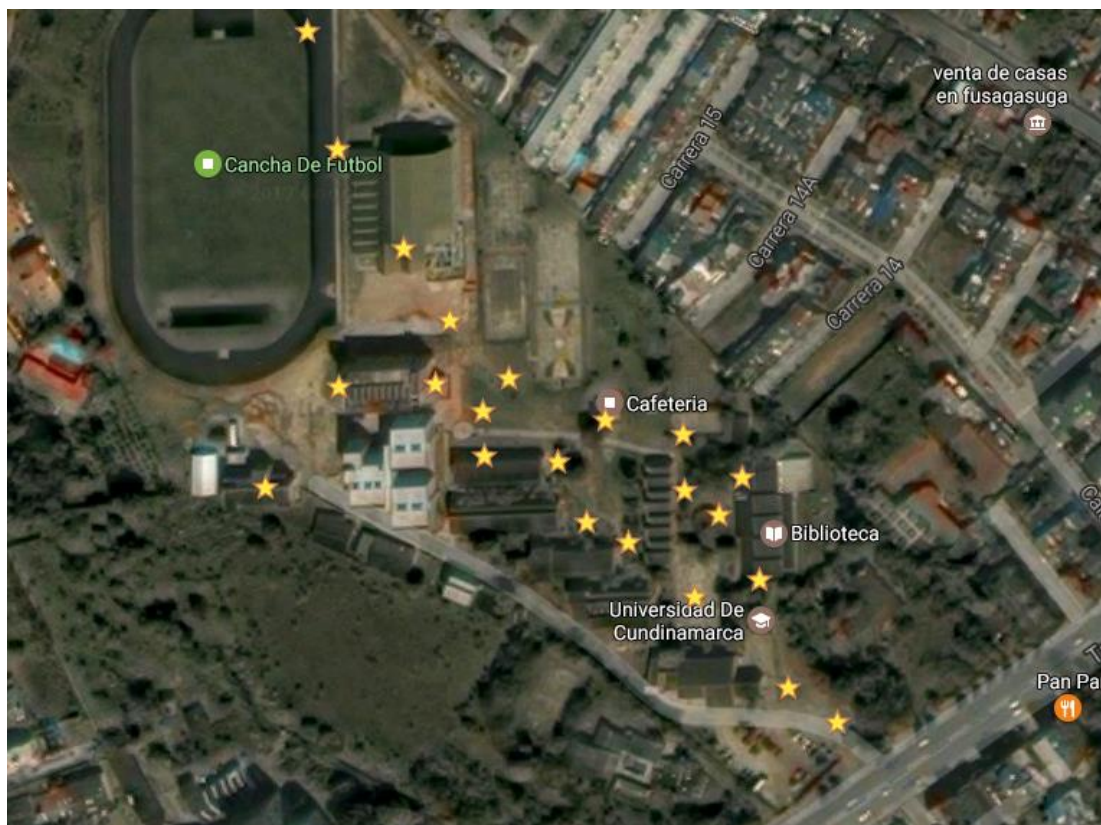


FIGURA 37. VISTA EN GOOGLE MAPS DE LAS 22 ZONAS, FUENTE GOOGLE MAPS.

De esta manera se pueden identificar y comparar la exactitud de los datos propios, los cuales son intervalos que se encuentran representados por medio de la campana de Gauss, debido a que los datos nuevos son valores exactos, para cada una de las zonas establecidas se realiza un análisis gráfico, en el cual se sobreponen la campana de Gauss y la línea recta, resultado de los valores provenientes de Google Maps.

De manera explicativa, se muestra en las figuras 38 y 39 las campanas de latitud y longitud para la zona de Entrada, las demás campanas se pueden observar en el anexo A4.

Valores coordenadas	Longitud		Latitud	
Google Maps	-74,3694254		4,334164	
Modulo proyecto	-74,369537	-74,369384	4,334146	4,334253

TABLA 37. COMPARACIÓN GOOGLE MAPS VS MOD. GPS, ZONA ENTRADA, FUENTE AUTORAS

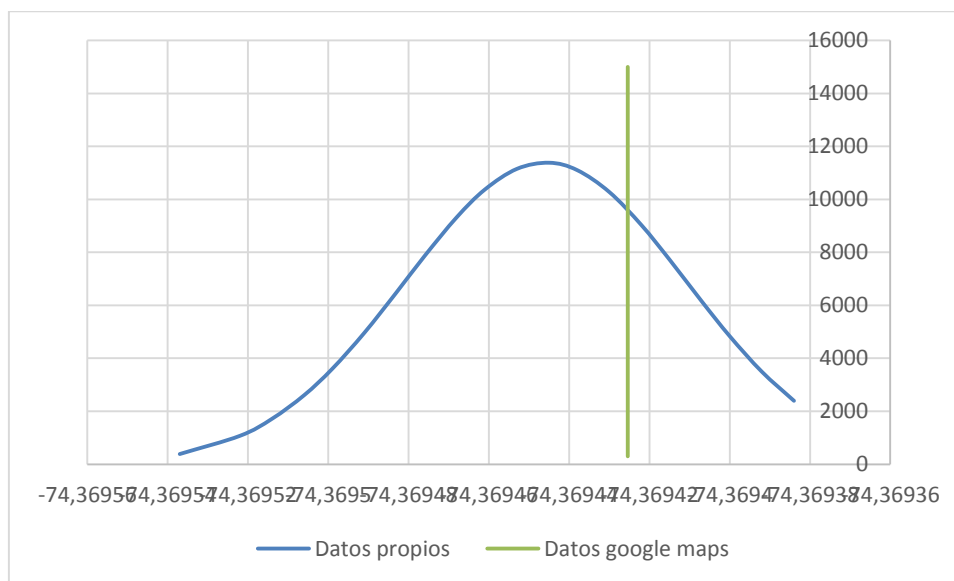


FIGURA 38: COMPARACIÓN GOOGLE MAPS VS MOD. GPS EN LONGITUD, ZONA ENTRADA, FUENTE AUTORAS

En la figura 38 se observa que la coordenada procedente de Google Maps, para la zona de la entrada en cuanto a longitud, está dentro del intervalo que se determinó con el modulo GPS.

En la figura 39 se observa que la coordenada procedente de Google Maps, para la zona de la entrada en cuanto a latitud, está dentro del intervalo predeterminado.

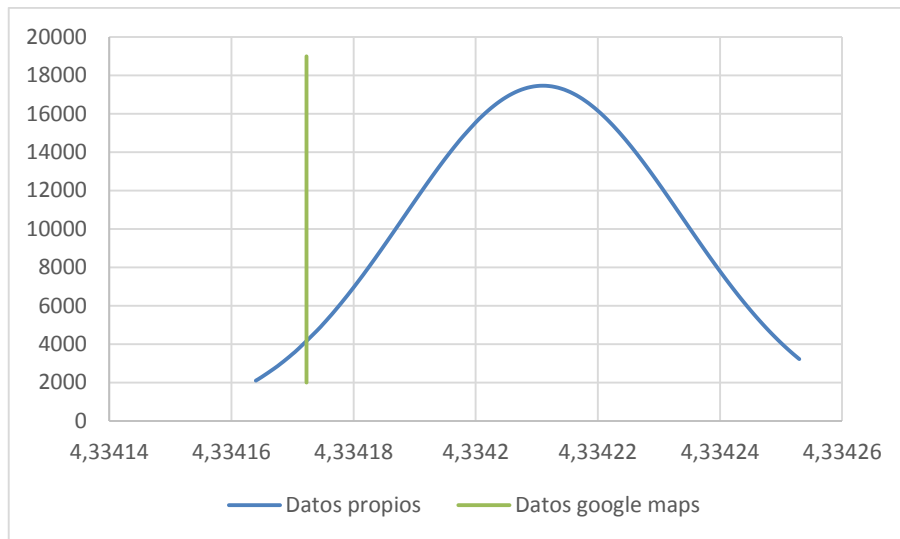


FIGURA 39: COMPARACIÓN GOOGLE MAPS VS MOD. GPS, EN LATITUD ZONA ENTRADA, FUENTE AUTORAS

En la tabla 38 se encuentra la comparación de los valores de latitud y longitud de cada una de las 22 zonas, obtenidas con el modulo GPS del proyecto, y con Google Maps.

Zona	Valores coordenadas	Longitud	Latitud
Entrada	Google Maps	-74,3694254	4,334164
	Modulo GPS	-74,369537 74,369384	4,334146 4,334253
Bloque Administrativo	Google Maps	-74,369538	4,3343290
	Modulo GPS	-74,369583 74,369491	4,334309 4,334353
Biblioteca	Google Maps	-74,369709	4,334685
	Modulo GPS	-74,369766 74,369644	4,33469 4,33477
Aula múltiple	Google Maps	-74,3697713	4,3350650
	Modulo GPS	-74,369903 74,369354	4,334981 4,335278
Kiosco	Google Maps	-74,369777	4,334845
	Modulo GPS	-74,369819 74,369735	4,334831 4,334939
Cancha 6 de mayo	Google Maps	-74,369957	4,334712
	Modulo GPS	-74,369979 74,369911	4,334573 4,334753
Bloque B	Google Maps	-74,369957	4,334712
	Modulo GPS	-74,370468 -74,37004	4,334651 4,335056
	Google Maps	-74,369988	4,335005

Laboratorios de electrónica	Modulo GPS	-74,370094	-	4,334914	4,335085
			74,369842		
Cancha múltiple	Google Maps	-74,369987		4,335222	
	Modulo GPS	-74,37001	-	4,335215	4,335282
			74,369934		
Cafetería edufisicos	Google Maps	-74,3702725		4,3352789	
	Modulo GPS	-74,370292	-	4,33525	4,335324
			74,370269		
Bloques C y D	Google Maps	-74,370452		4,335124	
	Modulo GPS	-74,37046	-	4,334923	4,33517
			74,370384		
Camino cancha de tenis	Google Maps	-74,370557		4,335411	
	Modulo GPS	-74,370582	-	4,335401	4,335446
			74,370521		
Plaza Sativa	Google Maps	-74,3707285		4,3353114	
	Modulo GPS	-74,371337	-	4,335123	4,335556
			74,370368		
Plaza de niños	Google Maps	-74,3707241		4,3351439	
	Modulo GPS	-74,371025	-	4,334827	4,335165
			74,370666		
Bienestar	Google Maps	-74,370737		4,334675	
	Modulo GPS	-74,37078	-	4,334697	4,334856
			74,370666		
Laboratorios de química y biología	Google Maps	-74,371539		4,335024	
	Modulo GPS	-74,371757	-	4,334512	4,335242
			74,371452		
Parqueadero F y E	Google Maps	-74,371267		4,335399	
	Modulo GPS	-74,371353	-	4,33534	4,335424
			74,371253		
Bloques F y E	Google Maps	-74,370906		4,335414	
	Modulo GPS	-74,371658	-	4,334061	4,338156
			74,369209		
Parqueadero gimnasio	Google Maps	-74,370851		4,335650	
	Modulo GPS	-74,370864	-	4,335669	4,335692
			74,370811		
Gimnasio	Google Maps	-74,371109		4,335842	
	Modulo GPS	-74,371147	-	4,335721	4,335945
			74,371086		
Cancha de Futbol	Google Maps	-74, 371207		4,336252	
	Modulo GPS	-74,371353	-74,37117	4,336236	4,336347
Auditorio Emilio Sierra	Google Maps	-74,371280		4,336952	
	Modulo GPS	-74,37136	-	4,336942	4,336973
			74,371208		

TABLA 38. COMPARACIÓN GOOGLE MAPS VS MOD GPS EN ZONAS SELECCIONADAS, FUENTE AUTORAS

En el anexo A4, se puede observar que los datos obtenidos en el proyecto en su mayoría son exactos, pues en las gráficas se observa como la línea que forma los datos de las coordenadas provenientes de Google maps, se encuentran centradas en la campana de gauss, o muy cercanas, permitiendo verificar la veracidad de los datos obtenidos por medio del GPS, además de darle validez al análisis estadístico que se llevó a cabo, ya que concuerdan los datos.

6.2 Validación

Para validar las pruebas realizadas, y que el funcionamiento del dispositivo, en realidad sirviera de apoyo para facilitar la movilidad de las personas con discapacidad visual, dentro del campus de la Universidad de Cundinamarca sede Fusagasugá, se realizaron diferentes pruebas con dos estudiantes de la carrera de Ciencias Sociales, los cuales se encuentran en esta condición de discapacidad. Estas pruebas consistieron en recorridos por diferentes zonas de la Universidad, realizados en días y horas diferentes.

6.2.1 Familiarización

Antes de iniciar los recorridos fue necesario un encuentro con los estudiantes de la Universidad de Cundinamarca, Michelle Ángela Espitia, y John Alejandro López, para explicarles el funcionamiento del dispositivo.

Esta explicación se dividió en dos partes la primera se hizo de manera oral, allí, se explicó el funcionamiento del dispositivo las características de este, el lugar en donde se ubicaría y el procedimiento de encendido y apagado. Estas indicaciones se encuentran en el manual de usuario que está en el anexo A5.

La segunda parte consistió en el primer contacto de los usuarios con el dispositivo, en ese espacio los estudiantes tomaron el dispositivo con sus manos para identificar el tamaño, se les indico en donde se encontraba ubicado el punto en braille y se explicó su función, posteriormente se realizaron una serie de preguntas, como: ¿Qué opina del tamaño y peso dispositivo? ¿Se siente cómodo o incómodo con el dispositivo en el brazo?, con las cuales se pudo identificar que ellos estaban a gusto y cómodos, finalmente se procedió a iniciar la primera prueba de campo.

6.2.2 Pruebas de campo con usuarios

En total se realizaron 7 pruebas de campo con los usuarios finales, 4 con Michelle Espitia y 3 con John López. A continuación, se encuentran los mapas con cada uno de los recorridos realizados:



FIGURA 40. RECORRIDO 1, MICHELLE, FUENTE MAPA: OFICINA DE PLANEACIÓN, EDICIÓN: AUTORAS

En durante el primer recorrido con Michelle, en cada zona de realizaba una prueba para verificar que los audios variaran de acuerdo a la dirección, este recorrido inicio en la entrada y termino en Bienestar Universitario, luego de cierto tiempo se encontraron algunos errores, después de una revisión, se observó que el brazaletes se había soltado y el dispositivo había cambiado de posición.



FIGURA 41: RECORRIDO 2, MICHELLE, FUENTE MAPA: OFICINA DE PLANEACIÓN, EDICIÓN: AUTORAS

se quiso seguir en una sola dirección. Para este recorrido se inició en el Bloque administrativo pasando por la biblioteca, kiosco, aula múltiple, laboratorios de electrónica, cancha múltiple, cafetería edufisicos, camino cancha de tenis, gimnasio, parqueadero gimnasio, bloques F y E, parqueaderos F y E, plaza sativa, plaza de niños, bienestar universitario y termino nuevamente en el bloque administrativo.



FIGURA 42: RECORRIDO 3, FUENTE MAPA: OFICINA DE PLANEACIÓN, EDICIÓN: AUTORAS

Para este recorrido, se inició en la cafetería edufisicos, siguiendo hasta la plaza Sativa, bloques F y E, parqueaderos F y E, laboratorios de agronomía, cancha de futbol, gimnasio, parqueadero gimnasio, nuevamente plaza sativa, plaza de niños, bloques C y D, bloque B, laboratorios de electrónica y terminando en el kiosco.



FIGURA 43: RECORRIDO 4, MICHELLE, FUENTE MAPA: OFICINA DE PLANEACIÓN, EDICIÓN: AUTORAS

Para este recorrido, se inició en el bloque C, siguiendo al bloque B, laboratorios de electrónica, cancha múltiple cafetería edufisicos, plaza sativa, bloques F y E, cancha de futbol, terminando en el auditorio Emilio Sierra.



FIGURA 44: RECORRIDO 1, JOHN, FUENTE MAPA: OFICINA DE PLANEACIÓN, EDICIÓN: AUTORAS

Durante el primer recorrido con John, en cada zona se realizaba una prueba para verificar que los audios variaran de acuerdo a la dirección, este recorrido inicio en la entrada pasando por el bloque administrativo, biblioteca, aula múltiple, cancha múltiple, cafetería edufisicos, plaza sativa, plaza de niños y termino en los bloques C y D.



FIGURA 45: RECORRIDO 2, JOHN, FUENTE MAPA: OFICINA DE PLANEACIÓN, EDICIÓN: AUTORAS

En este recorrido se inició en el Biblioteca, pasando por el kiosco, laboratorios de electrónica, bloque B, bloques C y D, plaza de niños, plaza sativa, bloques F y E, parqueadero gimnasio, gimnasio, parqueaderos F y E y terminando en los laboratorios de agronomía

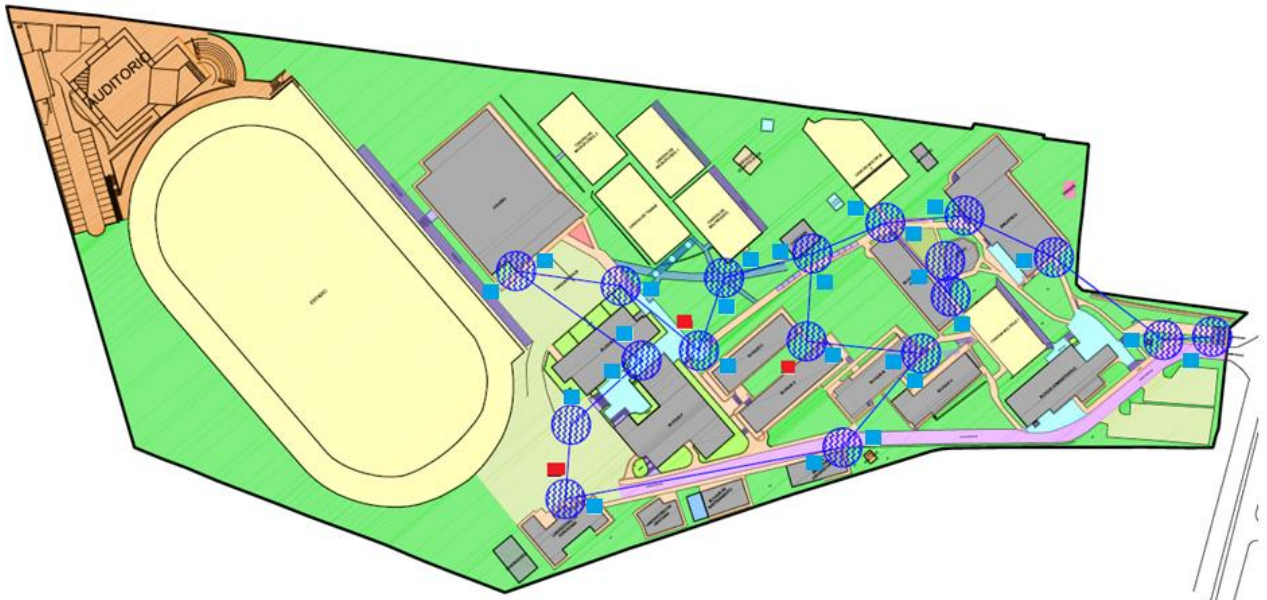


FIGURA 46: RECORRIDO 3, JOHN, FUENTE MAPA: OFICINA DE PLANEACIÓN, EDICIÓN: AUTORAS

Para el tercer recorrido se inició en la entrada, pasando por el bloque administrativo, biblioteca, aula múltiple, cancha múltiple, laboratorios de electrónica, kiosco, nuevamente, cancha múltiple, cafetería edufisicos, camino cancha de tenis, plaza sativa, parqueadero gimnasio, gimnasio, nuevamente parqueadero gimnasio, bloques F y E, parqueaderos F y E, laboratorios de agronomía, bienestar, bloque B, bloques C y D, y terminando nuevamente en la cafetería edufisicos.

En la tabla 39 se observa el consolidado de los resultados de los 7 recorridos:

Recorrido		Correcto	Incorrecto	% aciertos
Michelle 1	Zona	9	0	100%
	Dirección	52	4	96,4%
Michelle 2	Zona	15	0	100%
	Dirección	26	3	89,6%
Michelle 3	Zona	13	0	100%
	Dirección	15	1	93,7%
Michelle 4	Zona	10	0	100%
	Dirección	12	1	92,3%
John 1	Zona	9	0	100%
	Dirección	31	3	91,1%
John 2	Zona	12	0	100%
	Dirección	15	2	88,2%
John 3	Zona	18	0	100%
	Dirección	26	3	89,6%

TABLA 39. RESULTADOS RECORRIDOS, FUENTE AUTORAS

De la tabla 39 se puede observar que el dispositivo acertó en un 100%, en la detección de cada una de las zonas, mientras que para la detección de las direcciones se encontraron diferentes errores como, por ejemplo, cuando el dispositivo no se encuentra bien ubicado, y también tiene influencia la distribución de la Universidad pues en algunas zonas el ángulo de azimut puede variar.

7. PRESUPUESTO

Para el desarrollo de este proyecto, fueron necesarios diferentes insumos, los que se encuentran materiales propios del dispositivo, papelería, y costos personales. A continuación, se describen cada uno de estos ítems.

7.1 Bibliografía y papelería

Materiales	Valor unitario	Cantidad	Financiación		Total
			Universidad	Estudiante	
Artículos IEEE	6.920	30	x		207.600
Impresiones	100	100		x	10.000
Internet	1.000	90 hora	x		90.000
Papelería	30.000			X	30.000
Total			297.600	40.000	337.600

TABLA 40. PRESUPUESTO BIBLIOGRAFÍA Y PAPELERÍA, FUENTE AUTORAS

7.2 Materiales

Materiales	Valor unitario	Cantidad	Financiación		Total
			Universidad	Estudiante	
Modulo GPS GY-NEO6MV2	52.000	1		x	52.000
Modulo GPS GY-NEO6M-0-001	50.000	1		x	50.000
Arduino compatible r3	19.200	1		x	19.200
Módulo MP3 micro SD y tarjeta WTV020-SD-16P	15.800	1		x	15.800
Caja dispositivo	35.000	1		x	35.000
Módulo Compas-Brújula Digital HMC5883L	15.470	1		X	15.470

Baquela prototipo	10.000	1		X	10.000
Terminal Jack 3.5 hembra	4.000	1		x	4.000
Audífonos	2.000	1		x	2.000
Batería portátil	20.000	1		x	20.000
Resistencias LEDS y	500	Varias		x	500
Brazalete	15.000	1		x	15.000
Computador	1'700.000	1	X		1'700.000
Total			1'700.000	240.970	1'940.970

TABLA 41. PRESUPUESTO MATERIALES, FUENTE AUTORAS

7.3 Costo personal

	Horas	Financiación		Total
		Universidad	Estudiante	
Asesor	120	X		2'000.000
Total				2'000.000

TABLA 42. PRESUPUESTO COSTOS PERSONAL, FUENTE AUTORAS

7.4 Costo total

Descripción	Financiación		Total
	Universidad	Estudiante	
Bibliografía y papelería	297.600	40.000	337600
Materiales	1'700.000	240.970	1'940.970
Personal	2'000.000		2'000.000
Total	3'997.600	280.970	4'278.570

TABLA 43. COSTO TOTAL, FUENTE AUTORAS

En la tabla 43 se observa que el costo total de la realización del proyecto fue de \$4'278.570, de los cuales la universidad apporto \$3'997.600 y el aporte propio fue de \$280.970.

En la tabla 41 se puede observar, que un alto porcentaje de los costos totales propios consistió en la compra de materiales, de los cuales en su mayoría fueron utilizados para el ensamble final del dispositivo, estos materiales tuvieron un costo de \$188.970.

8. ANÁLISIS DE RESULTADOS Y DISCUSIÓN

- Partiendo de la encuesta inicial se seleccionaron 22 zonas generales del campus de la Universidad, al realizar la evaluación se observó que en el recorrido entre algunas zonas el dispositivo no emitía mensajes, debido a que no se encontraba en ninguna zona predeterminada, por lo que se agregó una indicación que se reproduciría mientras se reconoce alguna zona predeterminada, y cuando el dispositivo iniciara su funcionamiento, para así evitar confusiones en las pruebas de validación con los usuarios.
- Los resultados obtenidos en las pruebas de validación con los usuarios demostraron que las 22 zonas seleccionadas eran adecuadas para brindar apoyo en la movilidad y orientación de ellos.
- Durante el inicio del proyecto, se encontraron diferentes problemas para la adquisición de datos con el modulo GPS, entre los problemas encontrados estaba la variación de los valores tanto en latitud como en longitud, debido al cambio continuo de factores no manejables como el clima, la hora, entre otros. Como solución se hizo un seguimiento de la hora y clima adecuado para el uso del dispositivo, sin embargo, al hacer un análisis estadístico de los datos recolectados se pudo solucionar dicha falencia, y se obtuvo un funcionamiento lineal del prototipo sin importar la hora o clima en que se utilizara.
- Finalmente, el proyecto utiliza los audífonos como medio de salida para el sonido, porque en las pruebas se evidencio que el imán de los parlantes generaba un campo magnético que interfería con el correcto desempeño de la brújula digital, ya que este tiene un funcionamiento basado en un campo magnético de tres ejes, además, al ser la Universidad un lugar altamente transitado el sonido emitido por este parlante se dispersaba lo cual generaría dificultades a los usuarios, pues como ya se mencionó al contar con la visión restringida, otros sentidos como el oído se vuelven fundamentales.
- En la figura 33 se observa el dispositivo final, el cual tiene un volumen de 302cm^3 , para facilitar su manejo se encargó la confección de un brazalete, con el cual el dispositivo se ubicará en el brazo del usuario, de esta manera se cumple con el objetivo de que sea pequeño, liviano y de fácil manejo, pues deja las manos del usuario libres.
- En la tabla 41 se observa el valor de cada uno de los elementos necesarios para la elaboración, construcción y diseño del dispositivo, el costo total final fue de \$188.970 que es bajo comparado con otros métodos de movilización para invidentes pues según lo indicaron los estudiantes invidentes, un perro guía cuesta \$1'200.000 en el momento del desarrollo del proyecto y en el mercado bastones con tecnología incorporada cuestan alrededor de \$300.000.

9. CONCLUSIONES Y TRABAJOS FUTUROS

- De acuerdo a la tabla 2 se determina que la tecnología más adecuada para identificar zonas abiertas en el campus de la Universidad, corresponde al GPS, teniendo en cuenta que otras tecnologías como Wi-Fi son de uso masivo, y la Universidad recientemente ha invertido grandes sumas de dinero y esfuerzo en mejorar la cobertura de internet, pese a esto, debido a las características del proyecto que implica zonas abiertas del campus se dificulta la conexión, mientras que con la tecnología GPS se cuentan con características como que cobertura total, sin necesidad de nodos que respalden el dispositivo principal, por lo que se opta finalmente por este tipo de tecnología.
- Debido a que el prototipo es un sistema sencillo, es adecuado el uso de Arduino como base principal.
- Al realizar las pruebas con los usuarios finales, se evidencio que el prototipo cumplió con las expectativas, y satisface las necesidades y objetivos para las cuales fue diseñado, por lo que se comprobó que se puede desde la ingeniería, generar dispositivos que favorezcan la inclusión de personas con discapacidad
- Durante el desarrollo metodológico se intentó agregar áreas interiores, pero debido a que la infraestructura interfería con la detección de los satélites el funcionamiento del módulo GPS no era el correcto
- Como futura investigación se propone implementar un sistema de administración de la ubicación para el dispositivo en caso de emergencia, para llegar a localizar de manera rápida personas invidentes y prestarles ayuda oportuna, esto se propone por medio de la integración de una red inalámbrica que envíe en un lapso corto de tiempo, la ubicación actual.
- Se sugiere la posibilidad de adecuar el prototipo del dispositivo, para que sea capaz de interactuar con el usuario y permita la creación de rutas según el destino final y las zonas más visitadas. Además de generar una aplicación en la plataforma Android que llegue a sustituir el prototipo para aquellas personas invidentes que ya poseen un Smartphone.
- Para disminuir posibles incidentes se expresa la posibilidad de agregar una red de sensores al dispositivo, con los cuales se podrán identificar diferentes obstáculos.
- Este prototipo fue diseñado para áreas exteriores de la Universidad, para ampliar su cobertura a las áreas interiores tales como aulas de clase, oficinas, laboratorios o baños, se propone una combinación de tecnologías como por ejemplo adicionar lectores RFID, o emisores Bluetooth.

Bibliografía

[1]. Ammar, A. (2006). Analyse des explorations haptiques de formes pour la conception d'un dispositif de suppléance perceptivo-tactile dédié aux personnes aveugles. Humanities and Social Sciences. Universidad de Tecnología de Copenhaga, 2006. Francia.

[2]. Cadme M, N. (2012). Estudio, Diseño E Implementación De Un Sistema Audible Con Tecnología GPS, Para Que Personas Invidentes Puedan Ubicarse Cuando Se Traslada Dentro Del Sector La Mariscal, En La Ciudad De Quito. (Trabajo de grado de Ingeniería Electrónica). Universidad Israel, Quito.

[3]. Castaño, S. Peinado, Y., Carmona, E. (2015). Construcción De Un Dispositivo De Bajo Costo Como Herramienta De Apoyo En La Identificación De Objetos Dentro De Una Residencia A Personas Con Discapacidad Visual Utilizando Realidad Aumentada. Desarrollo e inclusión con apoyo TIC, 12 pág.

[4] data sheet, NEO-6 u-blox 6 GPS Modules, u-blox, Estados Unidos, 25 pag.

[5] data sheet, 3-Axis Digital Compass IC HMC5883L, Honeywell (2013), Plymouth, 20 pag.

[6] data sheet, WTV020-SD module, disponible en www.emartee.com, visitado en 18 junio de 2016, 26 pag.

[7]. Ding, B., Yuan, H., Jiang, L., Zang, X., (2007). The Research on Blind Navigation System Based on RFID, IEEE, University of Science & Technology of China. 4 pág.

[8]. Farjas, M. Aplicaciones topográficas del GPS, disponible en http://ocw.upm.es/ingenieria-cartografica-geodesica-y-fotogrametria/topografia-ii/Teoria_GPS_Tema_12.pdf, visitado: 11 Octubre de 2016.

[9]. Fernández G, J. (2012). Sistema De Guiado Multimedia En Interiores Mediante Dispositivos Móviles Bluetooth. (Proyecto de Ingeniería Informática), Universidad Pontificia Comillas, Madrid.

[10]. Guerra C, M. (2014). Evaluación Técnica De La Tecnología Eco visión, Basada En La Eco localización Y La Localización Mediante El GPS, Para El Desplazamiento Independiente De Los Invidentes Por Las Calles De La Ciudad De Lima. Revista Científica INGETECNO. Vol. 3 numero 1, pág. 3-8.

[11] <http://colegiolasamericas.info/index.php/emf/trabacademico/convertir-archivos-a-formato-ad4>

- [12]. Idrees, A., Iqbal, Z. e Ishfaq, M. (2015). An Efficient Indoor Navigation Technique to Find Optimal Route for Blinds Using Qr Codes, IEEE 10th Conference on Industrial Electronics and Applications (ICIEA), 690-695.
- [13]. Keyes, A., D'Souza, M. y Postula, A. (2015). Navigation for the Blind using a Wireless Sensor Haptic Glove, 4th Mediterranean Conference on Embedded Computing, 361-364.
- [14]. Lancheros C, D., Cardozo, L., y Corredor, L. (2013). B-WalkMóvil Sistema de Información Móvil para la Ubicación de Personas Invidentes, II Congreso Internacional De Ingenieria Mecatronica Y Automatizacion (CIIMA), Bogota.
- [15]. Lengua, I. Dunai, L. Peris F, G.; Defez, B. (2013). Dispositivo De Navegación Para Personas Invidentes Basado En La Tecnología Time Of Flight, Dyna, vol. 80, núm. 179, pp. 33-41, Universidad Nacional de Colombia, Medellín.
- [16] Ley estatutaria, Diario Oficial Republica de Colombia, No. 48.717 de 27 de febrero de 2013.
- [17]. M. RODRIGUES, C. E. (2006). "Um Dispositivo Háptico De Auxílio À Navegação Para Deficientes Visuais". (Trabajo de pregrado en ciencias de la computación). Universidad Federal De Pernambuco, Brasil.
- [18]. Marco, A., Casas, R., Falco, J. Gracia, H., Artigas, J.I. y Roy, A. (2008). Location-based services for elderly and disabled people, Computer Communications, vol 31, 1055–1066.
- [19]. Martínez, A.D. (2012). Bastón Blanco Para Prevenir Obstáculos. (Tesis de pregrado en ingeniería en control y automatización). Escuela Superior de Ingeniería Mecánica y Eléctrica, México, D.F.
- [20]. Mekhalfi, M., Melgani, F., Zeggada, A., B. De Natale, F., M. Salem, F. y Khamis, A. (2015). Recovering the sight to blind people in indoor environments with smart technologies, Expert Systems With Applications, Vol. 46, Pág 129–138.
- [21]. Merino, T. (2013). Desarrollo En IOS De Aplicaciones De Guiado GPS Para Discapacitados Visuales. (Tesis de pregrado en Ingeniería Electrónica). Universidad Autónoma de Madrid, España.
- [22]. Neves, J. (2009). Sistema de Apoio Acústico à Navegação Pessoal. (Tesis de Maestría en Ingeniería Eléctrica e Informática). Universidad de Porto, Portugal.
- [23]. Nishant, J., Ashish, H. (2015), Navigation Aiding Stick for the Visually Impaired, International Conference on Green Computing and Internet of Things (ICGCIoT), pág : 1254-1257

- [24]. Oliveira De Amorim, E. (2015). A Acessibilidade em Dispositivo Móvel para Deficientes Visuais: o Blindkey. (Tesis de maestría en computación aplicada). Universidad Estatal de Ceará e Instituto Federal de Educación, Ciencia y Tecnología de Ceará, Fortaleza, Brasil.
- [25]. Owayjan, M., Hayek, A., Nassrallah, H., y Eldor, .M, (2015). Smart Assistive Navigation System for Blind and Visually Impaired Individuals, International Conference on Advances in Biomedical Engineering (ICABME), 162-165.
- [26]. Peralta M, M., Urmendiz T, J. (2014). Sistema De Asistencia Y Guía Para Personas Invidentes. (Proyecto de grado en Ingeniería Biomedica). Universidad Autónoma De Occidente, Cali.
- [27]. Pérez, Gustavo A. (2007). MODELO PARA DESCRIBIR EL COMPORTAMIENTO DEL TRÁFICO DE DATOS EN UNA RED LOCAL ETHERNET Y WiFi EMPLEANDO GEOMETRIA FRACTAL. (Tesis de Maestría en Ingeniería de Sistemas). Universidad Nacional de Colombia, Medellín.
- [28] Portillo, J. Bermejo, A. Bernardos, A. (2009). Informe de Vigilancia Tecnológica Madrid "Tecnología de identificación por radiofrecuencia (RFID): Aplicaciones en el ámbito de la salud", Fundación Madrid para el Conocimiento, ISBN-13: 978-84-612-4360-0
- [29]. Ramesh, J., Sekharaiah, C. y Kumar, G. (2015). A Navigation Tool for Visually Impaired Persons, 2da conferencia internacional Computación para el Desarrollo Global Sostenible (INDIACom), Nueva Deli, Pág.: 938-940.
- [30]. Ribeiro F, J., Vieira C, R., Rejane, A. (2011). ARGOS – Auxílio à locomoção de deficientes visuais a partir de pulseira microcontrolada, IEEE, Computer on the Beach, pág: 89-98.
- [31]. RINCÓN R, J. E. (2008). Diseño Y Construcción De Un Dispositivo Electrónico Para La Detección De Obstáculos, Como Ayuda A Personas Con Discapacidad Visual (Proyecto De Grado De Ingeniería De Diseño Y Automatización Electrónica). Universidad De La Salle, Bogotá.
- [32]. Ruiz, N., Acosta C, V. (2014). Sistema Autónomo En Los Buses Para Personas Con Limitación Visual. (Trabajo de grado en Ingeniería Electronica), Universidad EAN, Bogota.
- [33]. Sáenz C, M. (2009). Sistema De Posición Y Orientación Móvil Para Personas Ciegas En Ambientes Cerrados. (Tesis Para Grado De Magíster En Ciencias, Mención Computación), Universidad de Chile, Santiago de Chile.
- [34]. Sammouda, R., AIRjoub, A. (2015). Mobile Blind Navigation System Using RFID, IEEE, 978-1-4673-6587-1/15, 4 pág.

[35]. Sanchez, J., Sáenz, M. (2007). Orientación y movilidad en espacios exteriores para aprendices ciegos con el uso de dispositivos móviles, Anales de la universidad Metropolitana, Vol. 8, N° 2, pág: 47-66.

[36] Sanches, J., Zuñiga, M. (2006). Evaluating the Interaction of Blind Learners with Audio-Based Virtual Environments, revisión anual de Ciberterapia y telemedicina, Volumen 4, España, 7 pag.

[37]. Song, M., Ryu, W., Yang, A., Kim, J. y Shin, B. (2010). Combined Scheduling of Ultrasound and GPS Signals in A Wearable ZigBee-Based Guidance System for The Blind, IEEE, 978-1-4244-4316-1/10, 2 pág.

[38]. Valencia, I., Guerrero, J. y Ramos, E. (2013). UbicaT: Tecnología incluyente para invidentes, Universidad de Colima, Mexico, 6 pág.

Anexos

A.1. ENTREVISTA



ENTREVISTA INICIAL

Con el presente cuestionario, se busca conocer la opinión sobre la situación de algunos estudiantes pertenecientes a la Universidad de Cundinamarca que presentan algunas limitaciones y discapacidades visuales.

Nombre:

Facultad:

Semestre:

1. Edad:

- a. 17 a 20
- b. 21 a 24
- c. 25 a 30
- d. Mas de 30

2. Usted tiene

- a. Baja vision
- b. Ceguera parcial
- c. Ceguera total

3. Que tenicas utiliza para desplazarse?

- a. Contar pasos
- b. Perro guia
- c. Baston
- d. Ayuda de otra persona
- e. Otra ¿Cuál? _____

4. ¿Qué hace cuando debe desplazarse por un lugar que no conoce?



ENTREVISTA INICIAL

5. ¿Considera que tiene autonomía al momento de desplazarse dentro del campus de la Universidad de Cundinamarca?
 - a. Sí, siempre
 - b. Algunas veces
 - c. No.

6. Califique la facilidad que se presenta para la movilización dentro de la Universidad de Cundinamarca.
 - a. Excelente
 - b. Buena
 - c. Mala
 - d. Regular

7. Posee telefono celular inteligente
 - a. Si
 - b. No

8. ¿Qué tan útil le resultaría usar un dispositivo electronico que le permita conocer su ubicación dentro de la universidad?
 - a. Poco util
 - b. Es indiferente
 - c. Muy util

9. En caso que tuviera disponibilidad de un dispositivo electronico que le informara su ubicación, escoja de las siguientes opciones la mas conveniente para usted.
 - Audifonos _____ Altavoz _____
 - Intrucciones por metros _____ Instrucciones por pasos _____

10. Nombre 3 lugares que usted frecuente mas: _____

Sugerencias:

Gracias por su colaboración.

A.2. RESULTADOS ENTREVISTA



ENTREVISTA INICIAL

Con el presente cuestionario, se busca conocer la opinión sobre la situación de algunos estudiantes pertenecientes a la Universidad de Cundinamarca que presentan algunas limitaciones y discapacidades visuales.

Nombre: MICHELL ANGELA ESPITIA

Facultad: CIENCIAS SOCIALES

Semestre: III

1. Edad:

- a. 17 a 20
- b. 21 a 24
- c. 25 a 30
- d. Mas de 30

2. Usted tiene

- a. Baja vision
- b. Ceguera parcial
- c. Ceguera total

3. Que tenicas utiliza para desplazarse?

- a. Contar pasos
- b. Perro guia
- c. Baston
- d. Ayuda de otra persona
- e. Otra ¿Cuál? _____

4. ¿Qué hace cuando debe desplazarse por un lugar que no conoce?

Pedir ayuda de las personas que la rodean, estos tardan entre 10 y minutos en responder al llamado.



ENTREVISTA INICIAL

5. ¿Considera que tiene autonomía al momento de desplazarse dentro del campus de la Universidad de Cundinamarca?
 - a. Sí, siempre
 - b. Algunas veces
 - c. No

6. Califique la facilidad que se presenta para la movilización dentro de la Universidad de Cundinamarca.
 - a. Excelente
 - b. Buena
 - c. Mala
 - d. Regular

7. Posee telefono celular inteligente
 - a. Si
 - b. No

8. ¿Qué tan útil le resultaria usar un dispositivo electronico que le permita conocer su ubicación dentro de la universidad?
 - a. Poco util
 - b. Es indiferente
 - c. Muy util

9. En caso que tuviera disponibilidad de un dispositivo electronico que le informara su ubicación, escoja de las siguientes opciones la mas conveniente para usted.
 - Audifonos _____ Altavoz _____
 - Instrucciones por metros _____ Instrucciones por pasos _____

10. Nombre 3 lugares que usted frecuente mas: Bloque F, Bloque C, Biblioteca

Sugerencias:

Que el sistema cubra toda la universidad



ENTREVISTA INICIAL

Con el presente cuestionario, se busca conocer la opinión sobre la situación de algunos estudiantes pertenecientes a la Universidad de Cundinamarca que presentan algunas limitaciones y discapacidades visuales.

Nombre: JOHN ALEJANDRO LOPEZ

Facultad: CIENCIAS SOCIALES

Semestre: VIII

1. Edad:

- a. 17 a 20
- b. 21 a 24
- c. 25 a 30
- d. Mas de 30

2. Usted tiene

- a. Baja vision
- b. Ceguera parcial
- c. Ceguera total

3. Que tecnicas utiliza para desplazarse?

- a. Contar pasos
- b. Perro guia
- c. Baston
- d. Ayuda de otra persona
- e. Otra ¿Cuál? _____

4. ¿Qué hace cuando debe desplazarse por un lugar que no conoce?

Exploro el terreno y pregunto donde quedan los lugares



ENTREVISTA INICIAL

5. ¿Considera que tiene autonomía al momento de desplazarse dentro del campus de la Universidad de Cundinamarca?
- Sí, siempre
 - Algunas veces
 - No.
6. Califique la facilidad que se presenta para la movilización dentro de la Universidad de Cundinamarca.
- Excelente
 - Buena
 - Mala
 - Regular
7. Posee telefono celular inteligente
- Si
 - No
8. ¿Qué tan útil le resultaría usar un dispositivo electrónico que le permita conocer su ubicación dentro de la universidad?
- Poco útil
 - Es indiferente
 - Muy útil
9. En caso que tuviera disponibilidad de un dispositivo electrónico que le informara su ubicación, escoja de las siguientes opciones la más conveniente para usted.
- Audifonos _____ Altavoz _____
 - Instrucciones por metros _____ Instrucciones por pasos _____
10. Nombre 3 lugares que usted frecuente más: Sala sistemas, Plaza sativa, Gimnasio

Sugerencias:

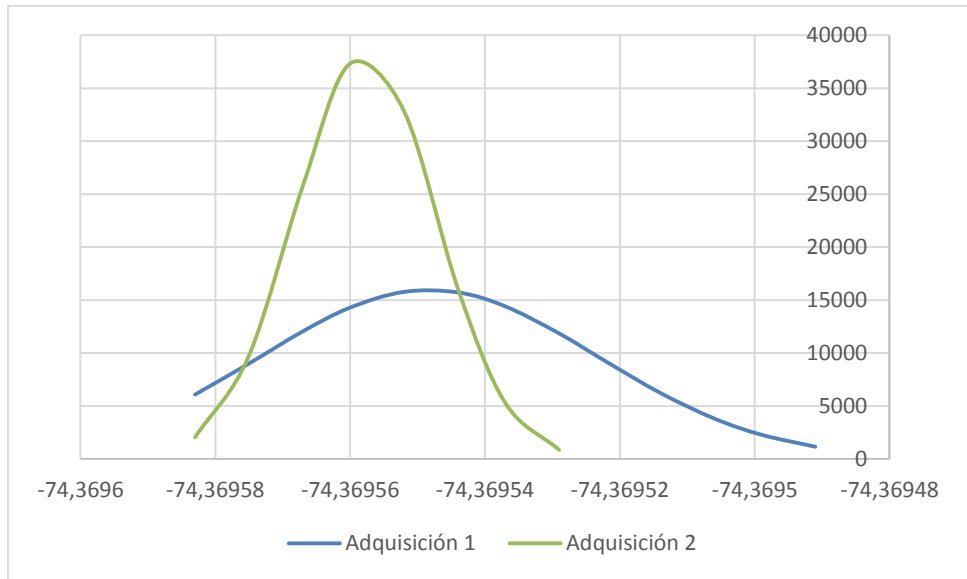
Que el sistema se implemente

A.3. ANALISIS ESTADISTICO

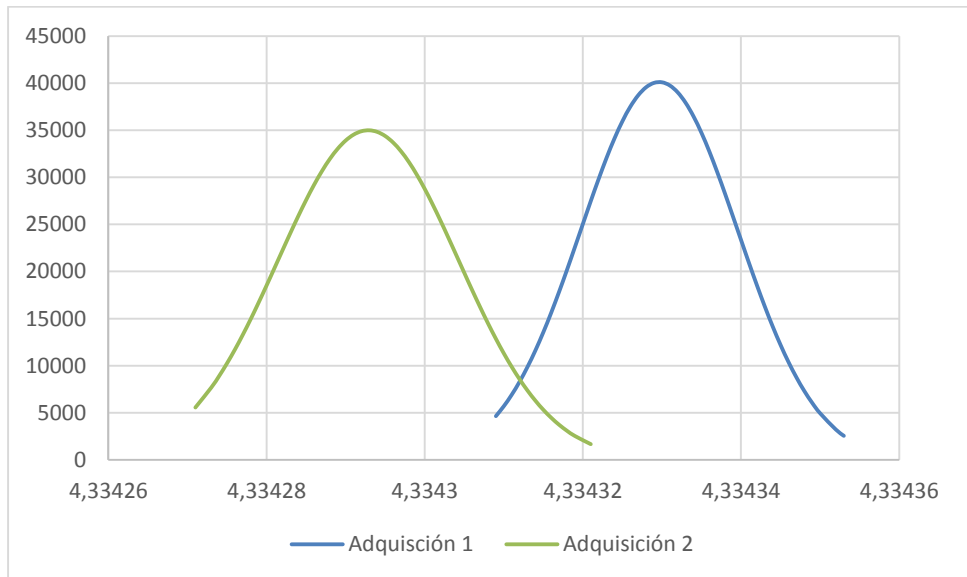
- Bloque Administrativo

De acuerdo a los valores de la tabla 13, se obtienen las campanas de Gauss tanto para latitud como longitud, estas curvas se pueden observar a continuación:

Longitud:



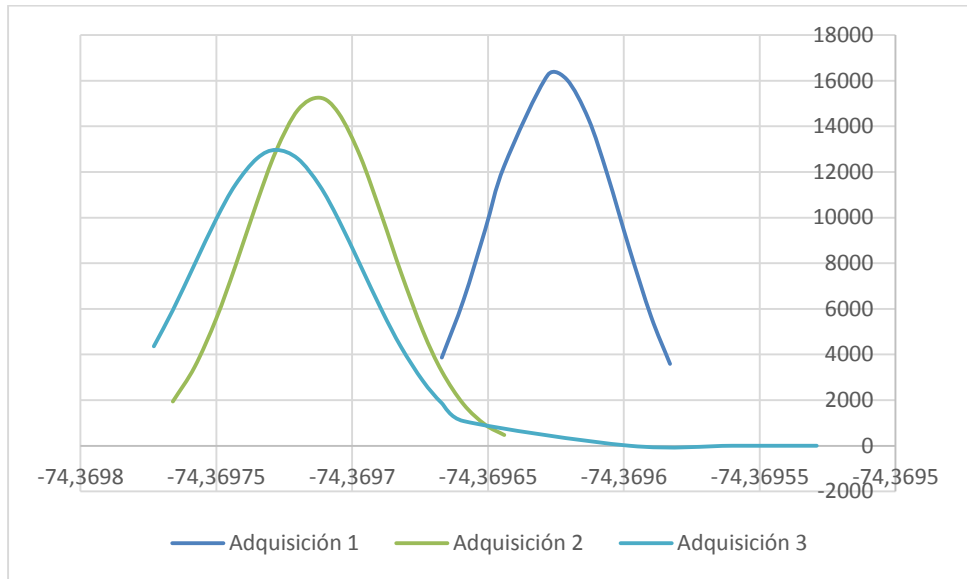
Latitud:



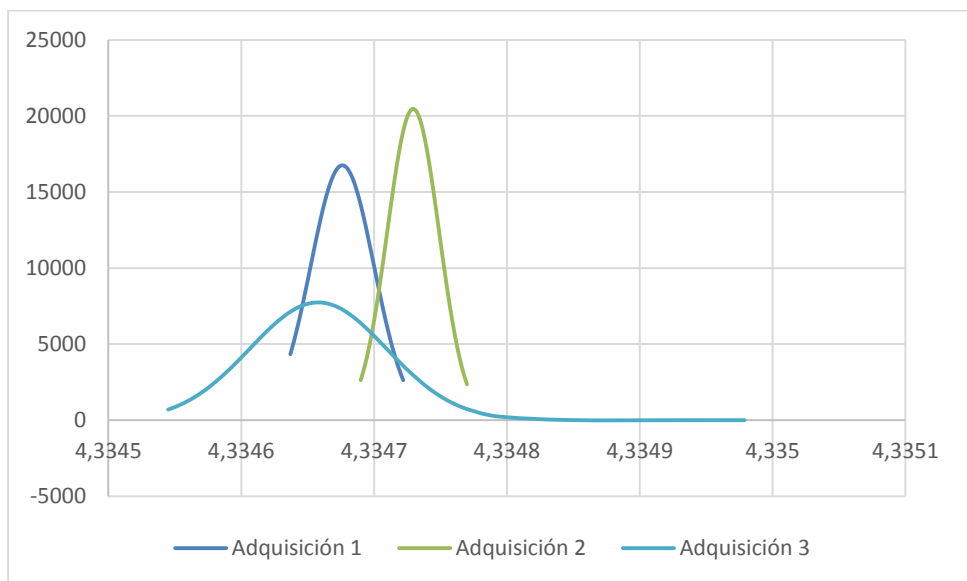
- Biblioteca

De acuerdo a los valores de la tabla 14, se obtienen las campanas de Gauss tanto para latitud como longitud, estas curvas se pueden observar a continuación:

Longitud:



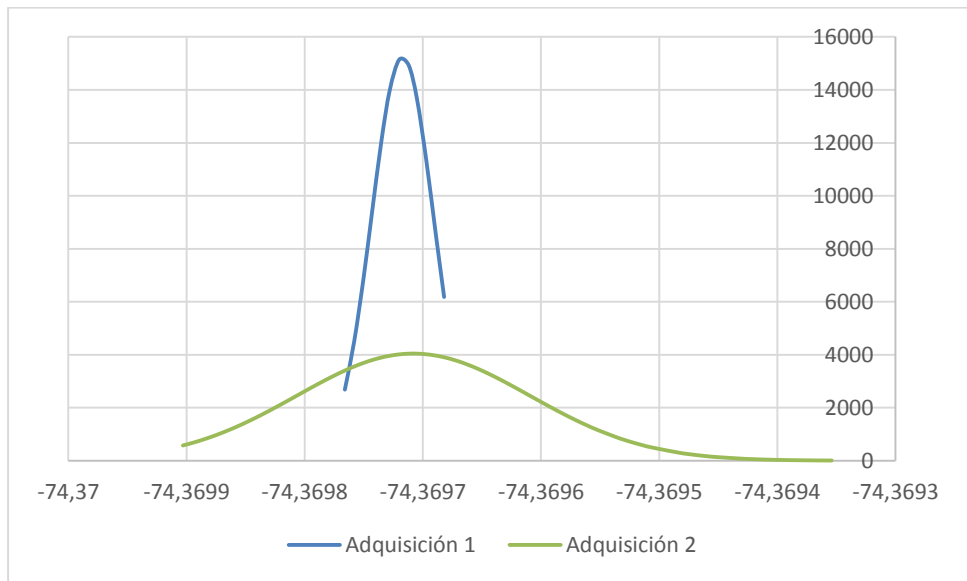
Latitud:



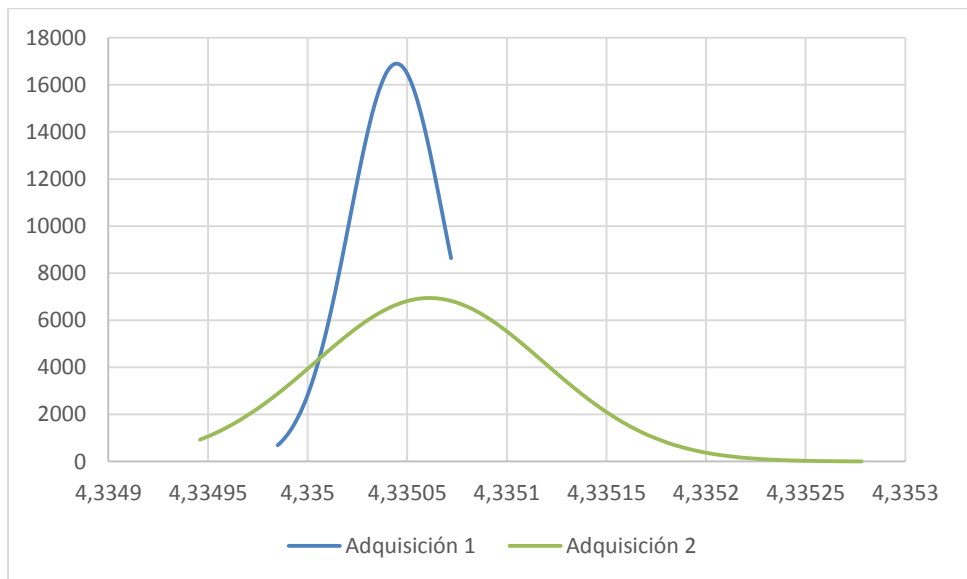
- Aula Múltiple

De acuerdo a los valores de la tabla 15, se obtienen las campanas de Gauss tanto para latitud como longitud, estas curvas se pueden observar a continuación:

Longitud:



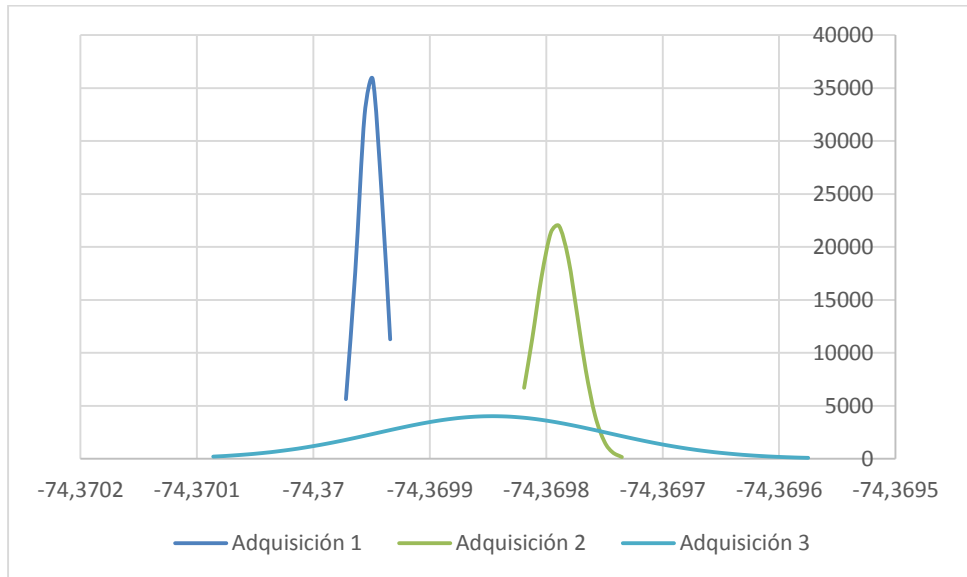
Latitud:



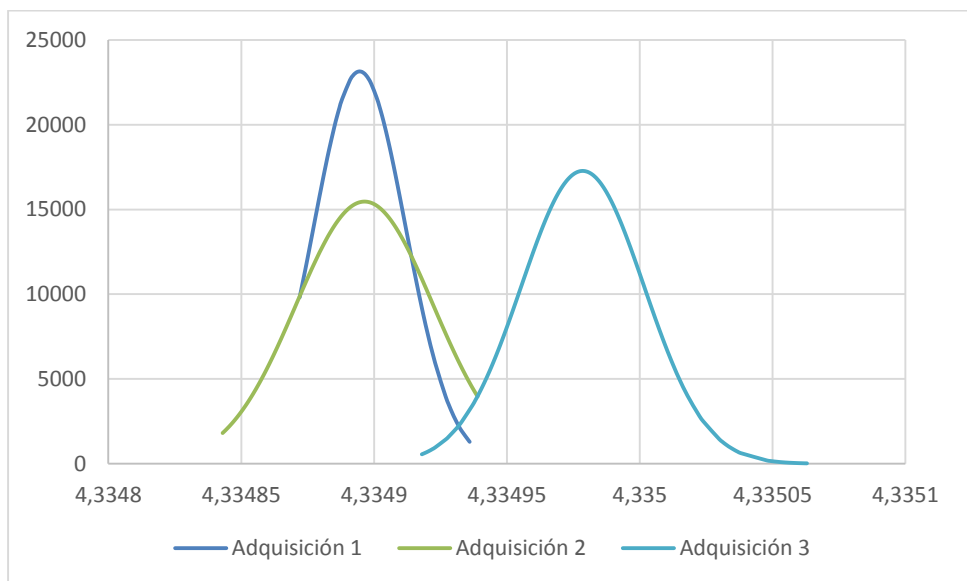
- Kiosco

De acuerdo a los valores de la tabla 16, se obtienen las campanas de Gauss tanto para latitud como longitud, estas curvas se pueden observar a continuación:

Longitud:



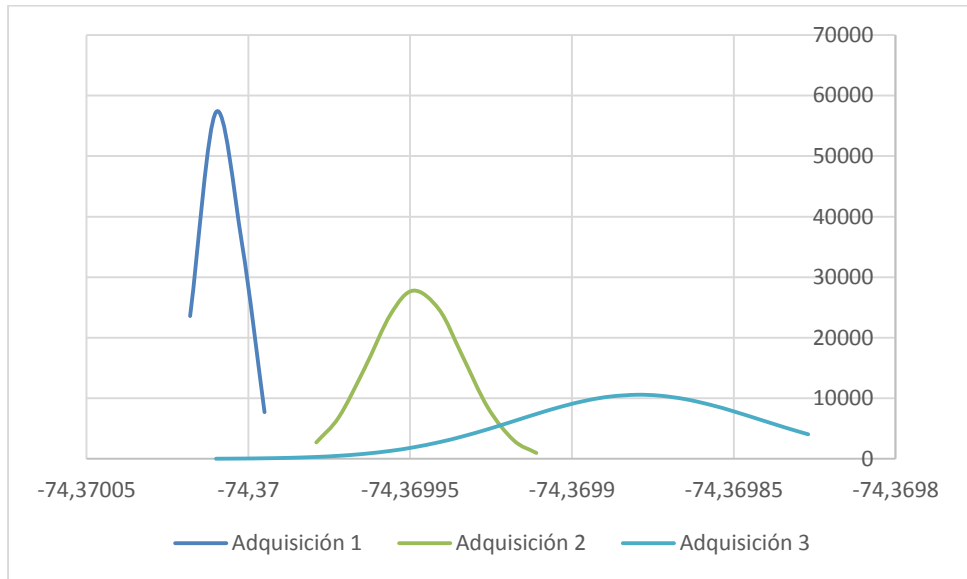
Latitud:



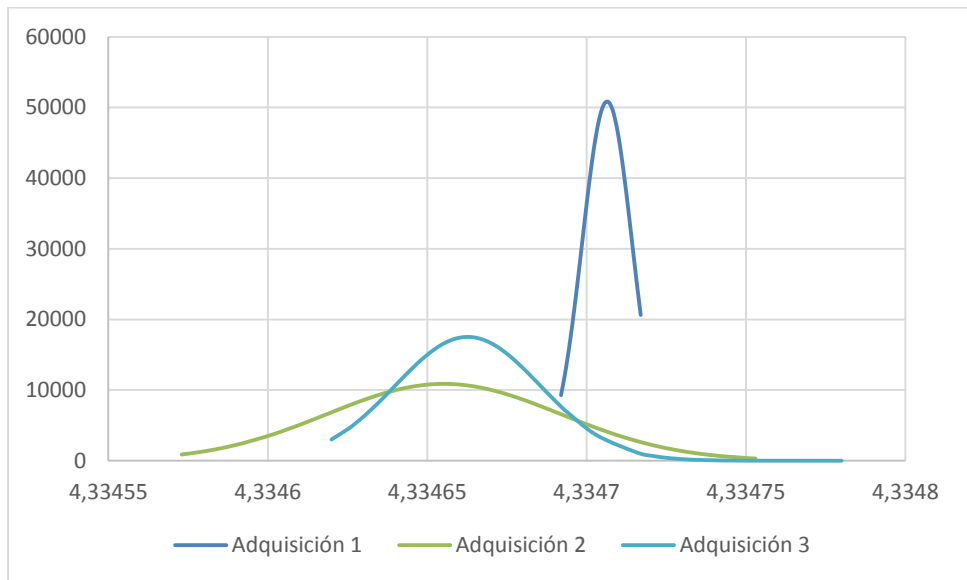
- Cancha 6 de Mayo

De acuerdo a los valores de la tabla 17, se obtienen las campanas de Gauss tanto para latitud como longitud, estas curvas se pueden observar a continuación:

Longitud:



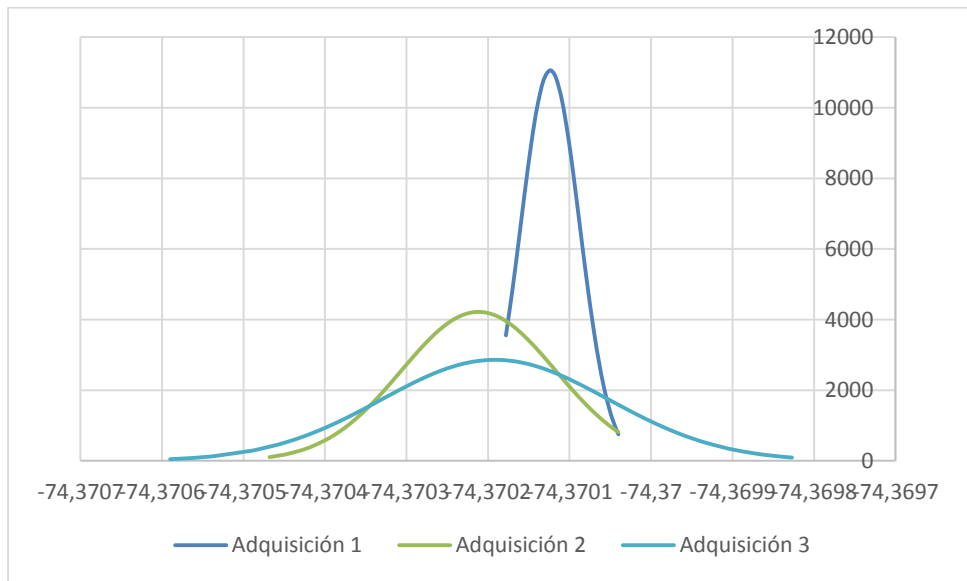
Latitud:



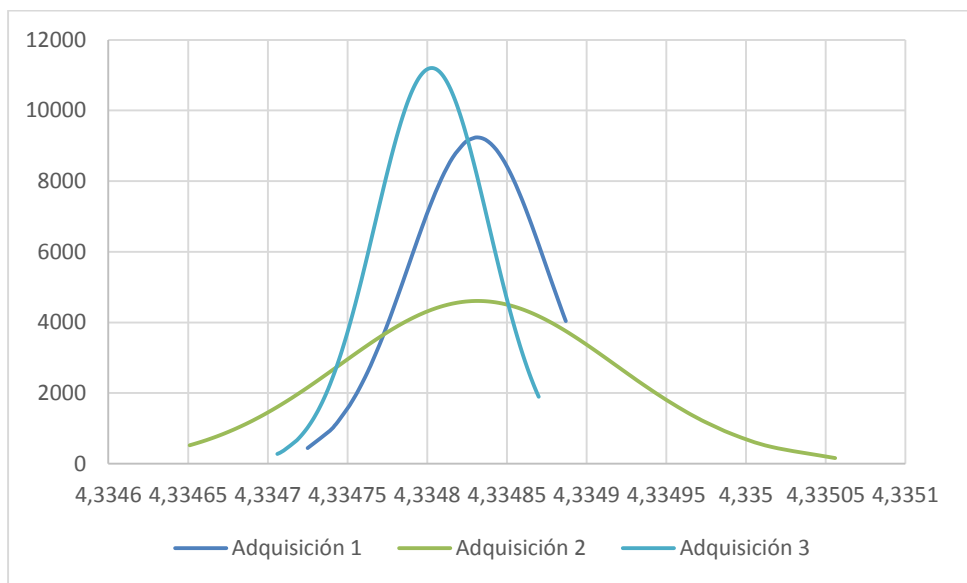
- Bloque B

De acuerdo a los valores de la tabla 18, se obtienen las campanas de Gauss tanto para latitud como longitud, estas curvas se pueden observar a continuación:

Longitud:



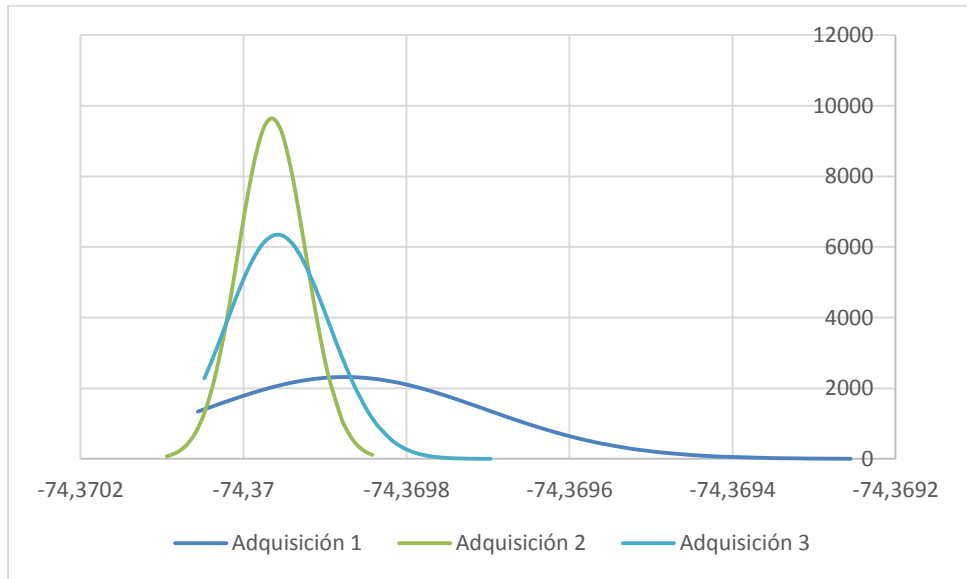
Latitud:



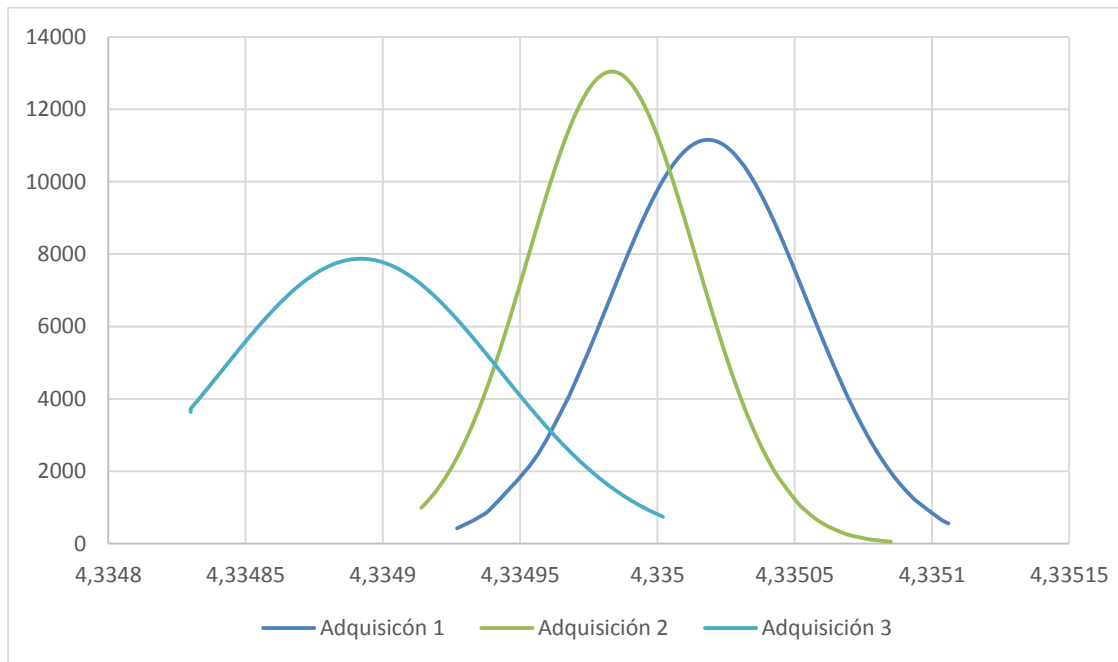
- Laboratorios Física y Electrónica

De acuerdo a los valores de la tabla 19, se obtienen las campanas de Gauss tanto para latitud como longitud, estas curvas se pueden observar a continuación:

Longitud:



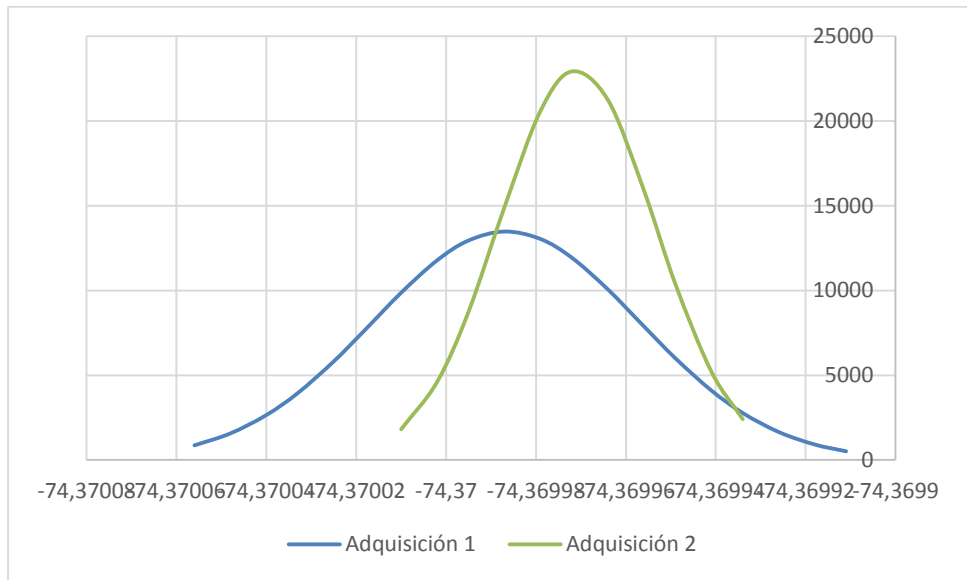
Latitud:



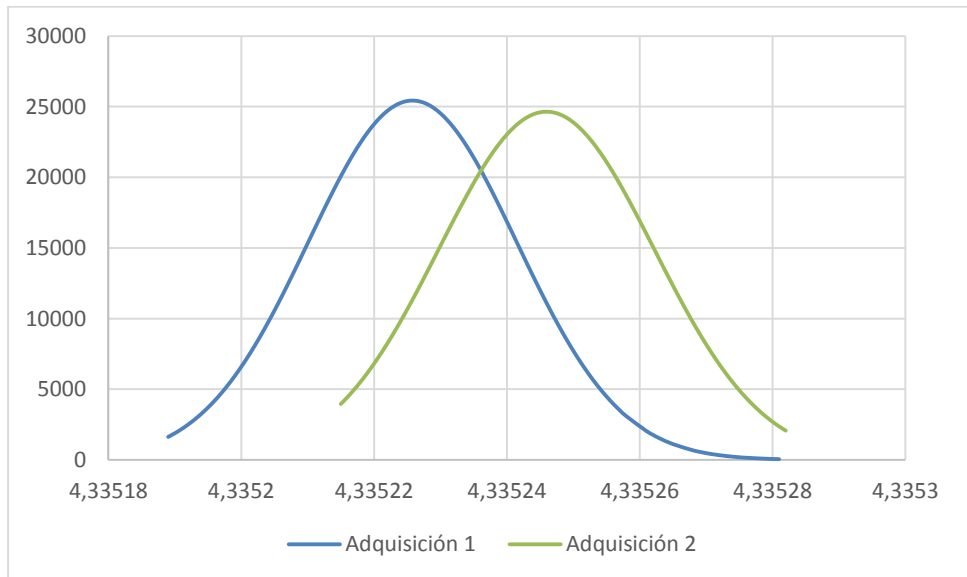
- Cancha Múltiple

De acuerdo a los valores de la tabla 20, se obtienen las campanas de Gauss tanto para latitud como longitud, estas curvas se pueden observar a continuación:

Longitud:



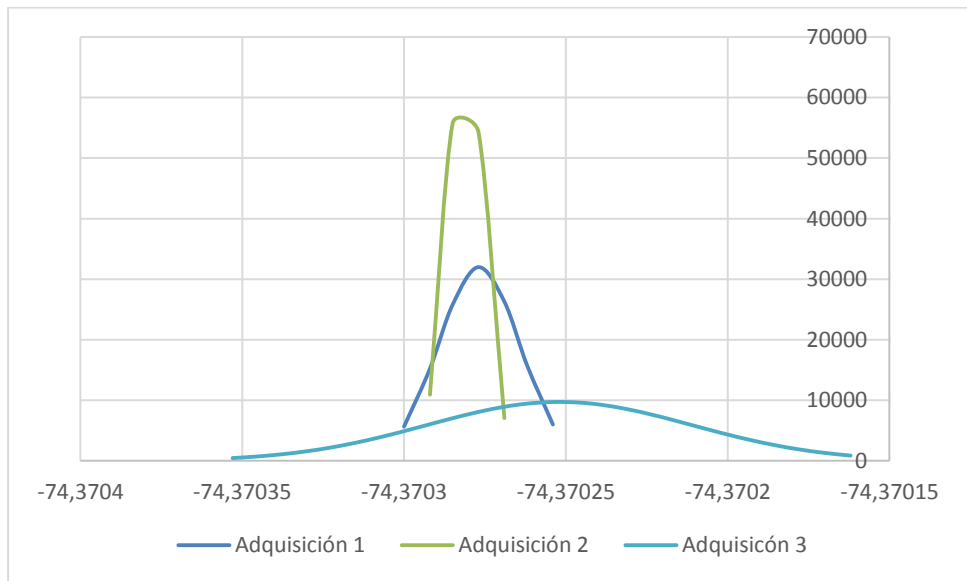
Latitud:



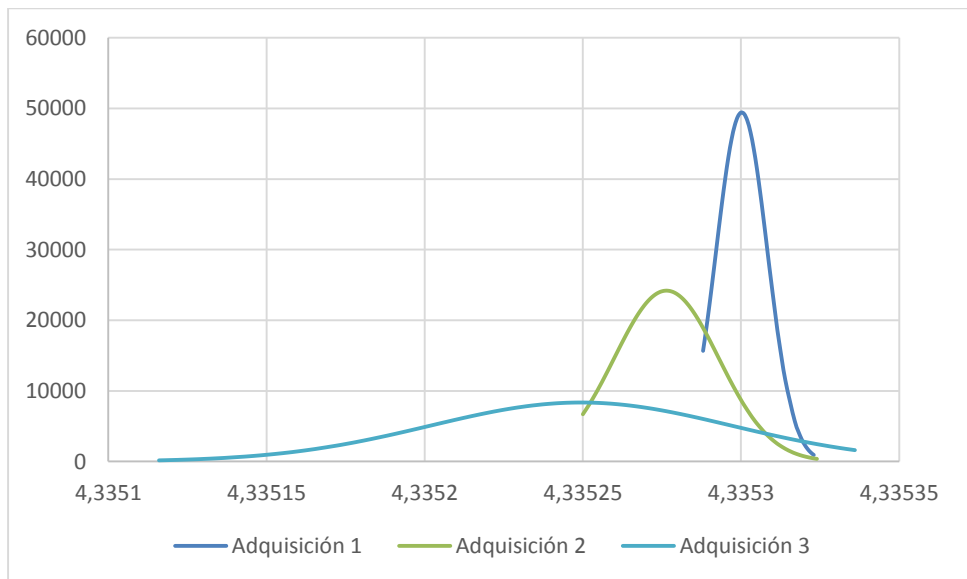
- Cafetería Edufísicos

De acuerdo a los valores de la tabla 21, se obtienen las campanas de Gauss tanto para latitud como longitud, estas curvas se pueden observar a continuación:

Longitud:



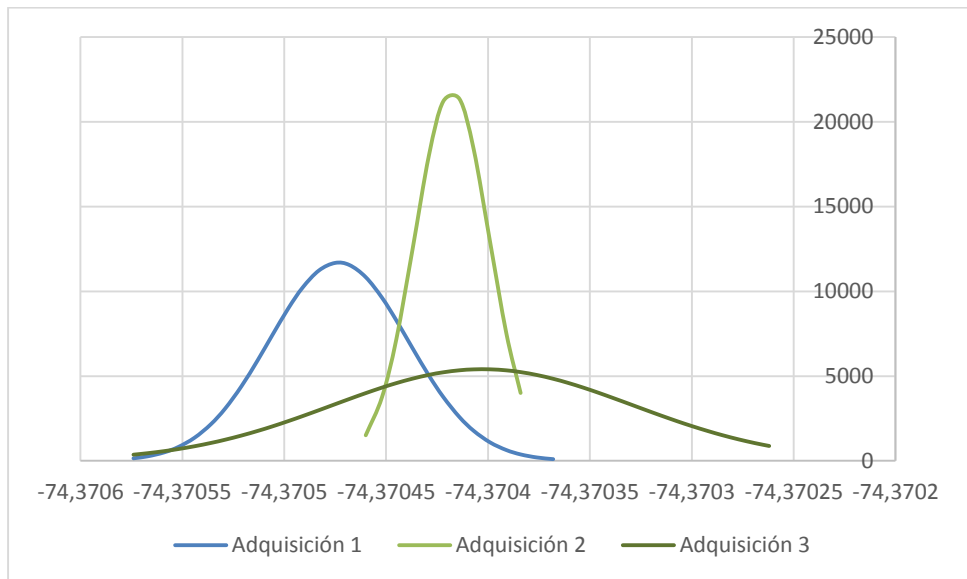
Latitud



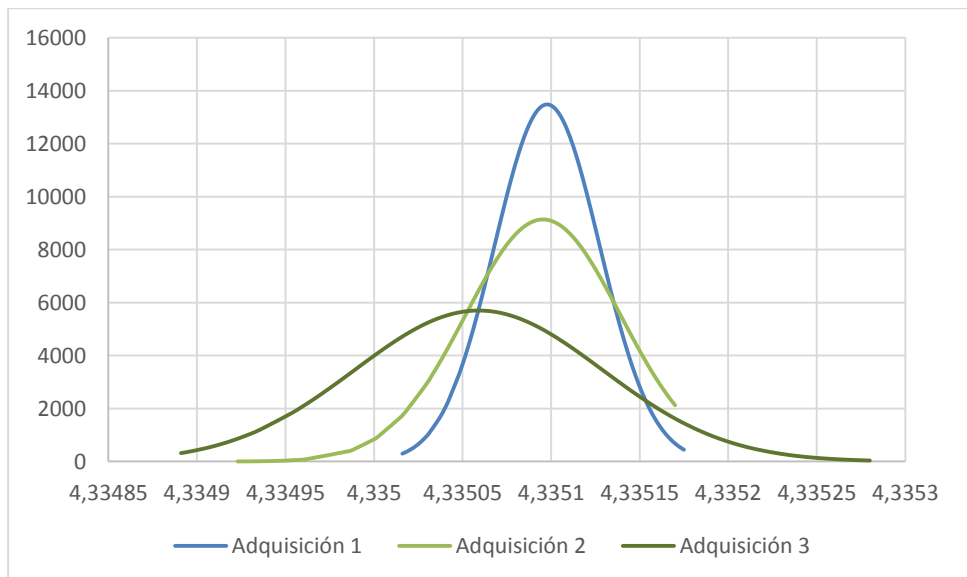
- Bloques C y D

De acuerdo a los valores de la tabla 22, se obtienen las campanas de Gauss tanto para latitud como longitud, estas curvas se pueden observar a continuación:

Longitud:



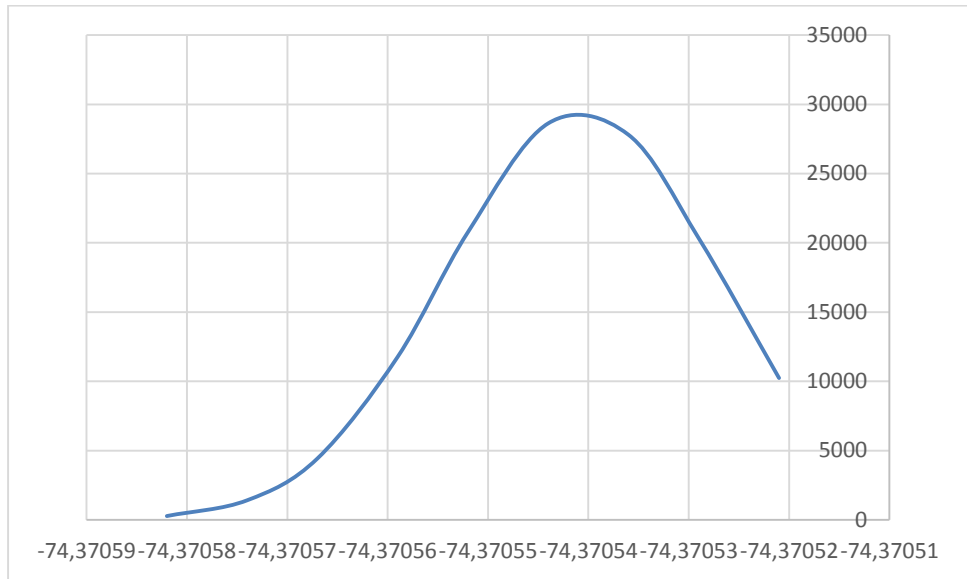
Latitud:



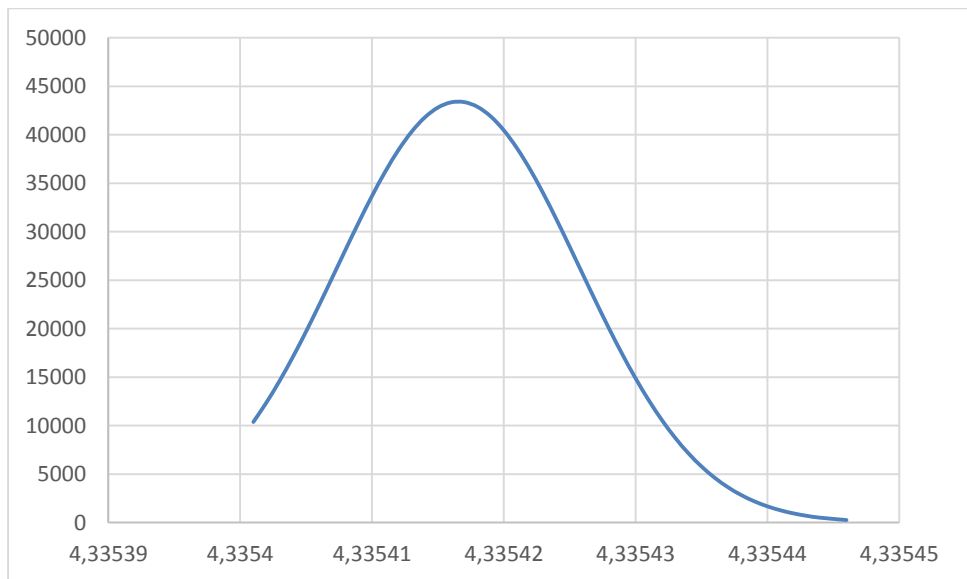
- Cancha de Tenis

De acuerdo a los valores de la tabla 23, se obtienen las campanas de Gauss tanto para latitud como longitud, estas curvas se pueden observar a continuación:

Longitud:



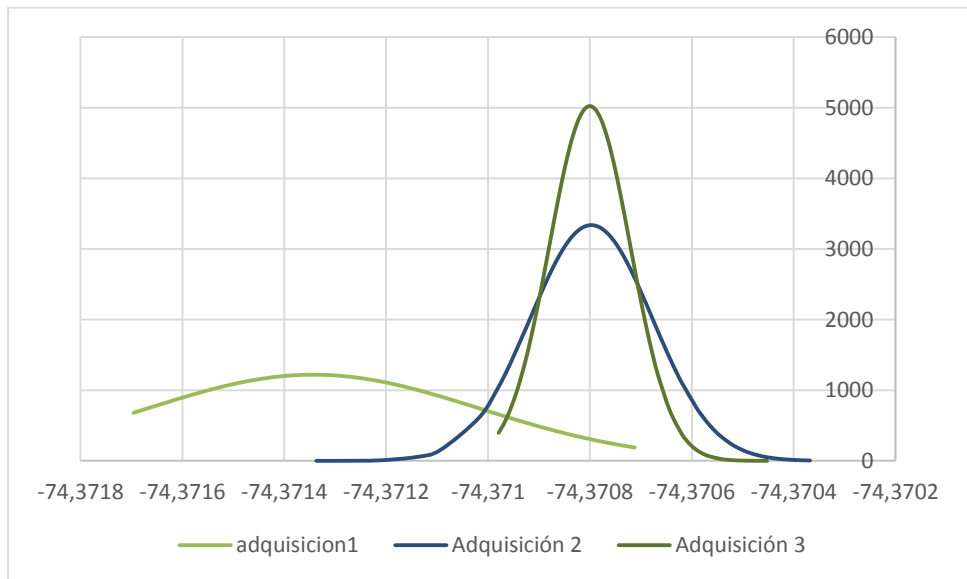
Latitud:



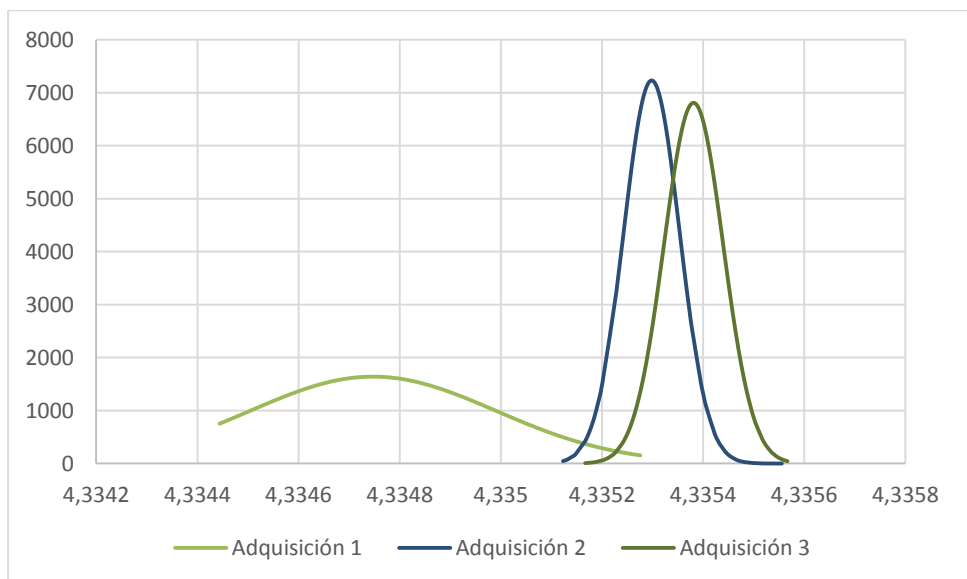
- Plaza Sativa

De acuerdo a los valores de la tabla 24, se obtienen las campanas de Gauss tanto para latitud como longitud, estas curvas se pueden observar a continuación:

Longitud:



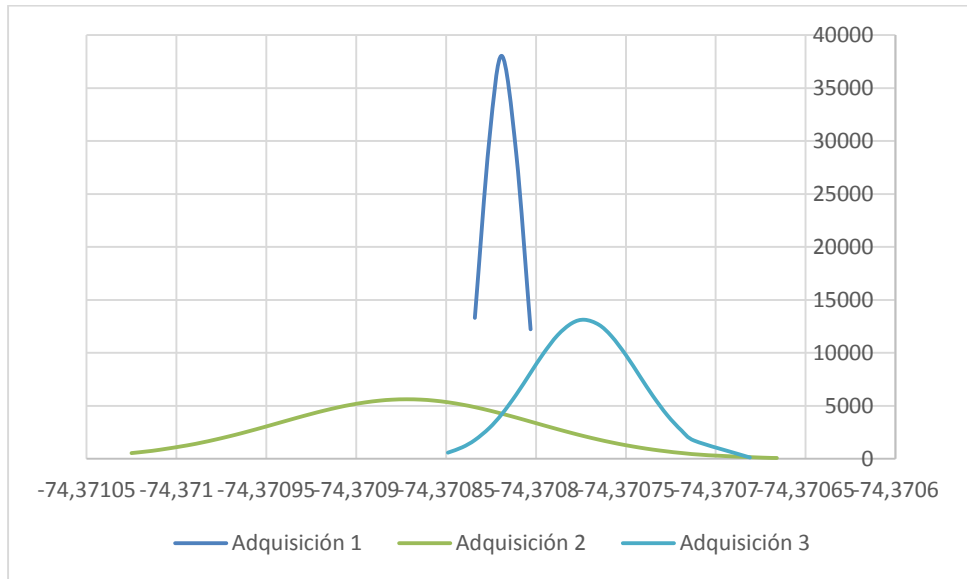
Latitud:



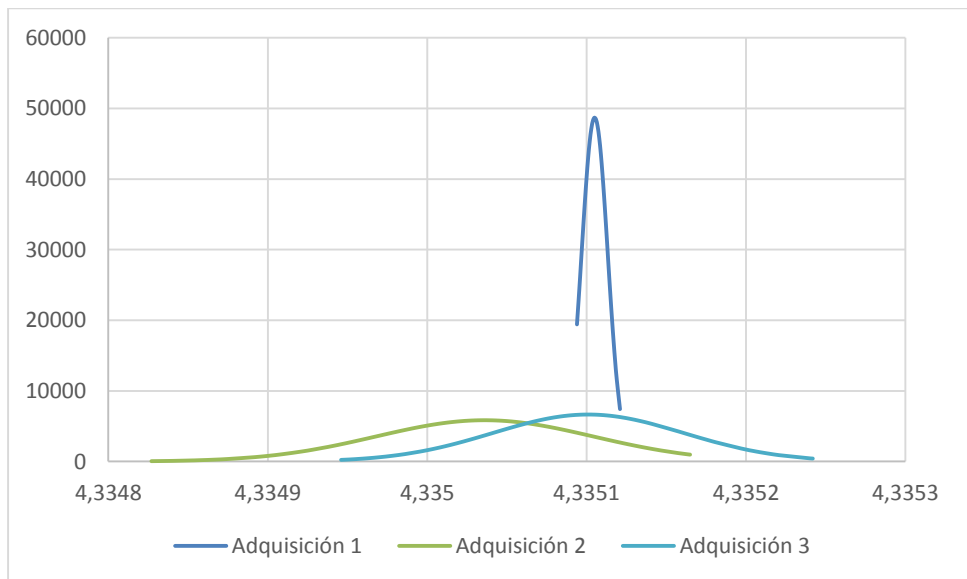
- Plaza de Niños

De acuerdo a los valores de la tabla 25, se obtienen las campanas de Gauss tanto para latitud como longitud, estas curvas se pueden observar a continuación:

Longitud:



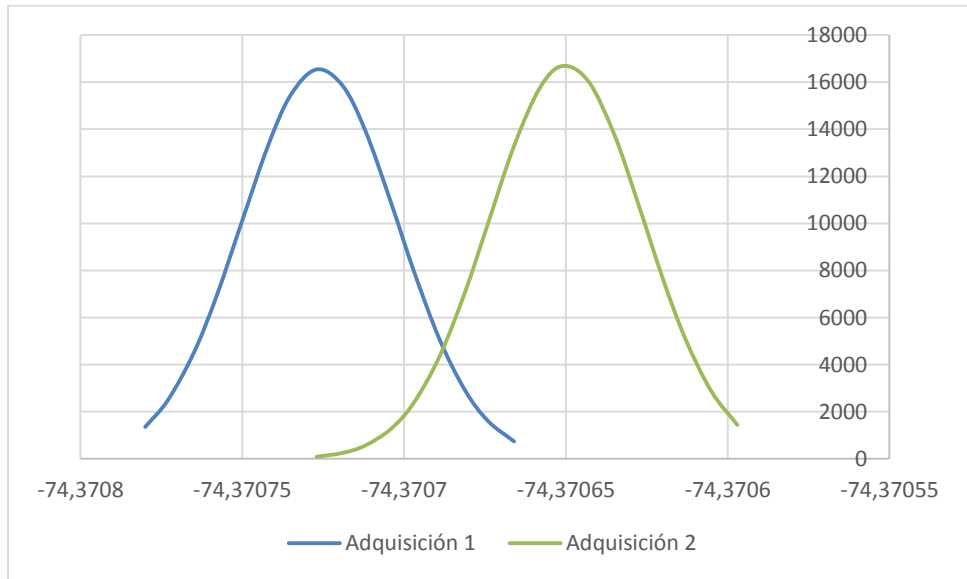
Latitud:



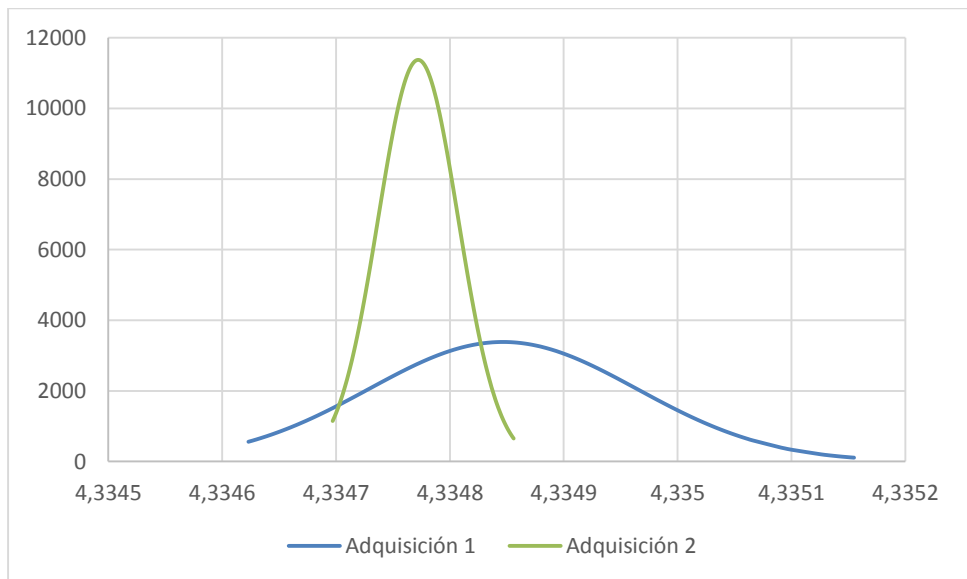
- Bienestar Universitario

De acuerdo a los valores de la tabla 26, se obtienen las campanas de Gauss tanto para latitud como longitud, estas curvas se pueden observar a continuación:

Longitud:



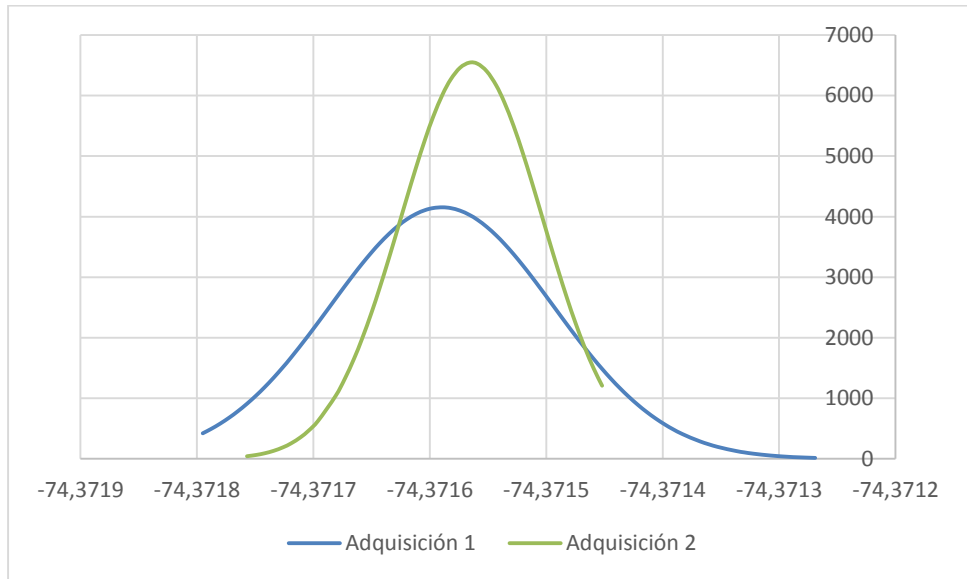
Latitud:



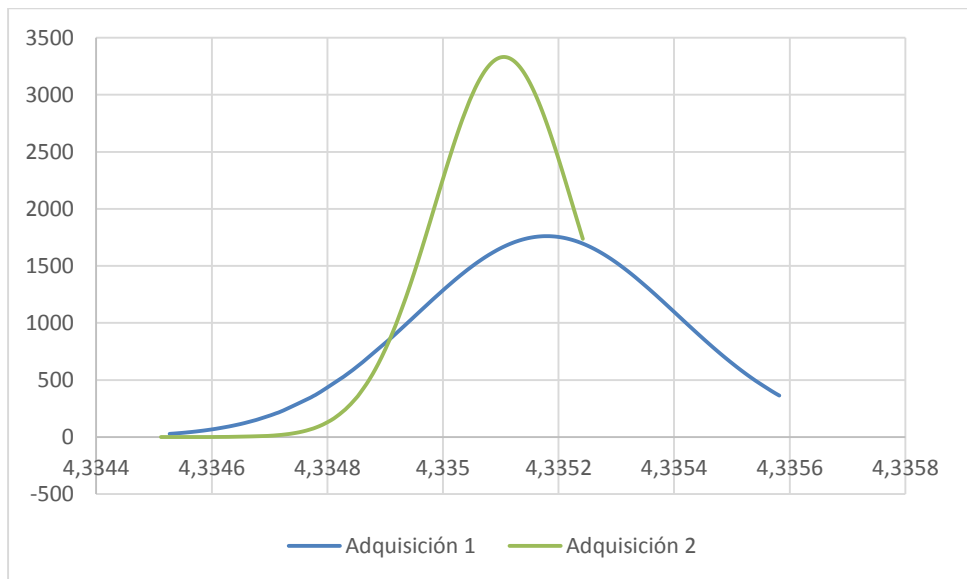
- Laboratorios de Química y Biología

De acuerdo a los valores de la tabla 27, se obtienen las campanas de Gauss tanto para latitud como longitud, estas curvas se pueden observar a continuación:

Longitud:



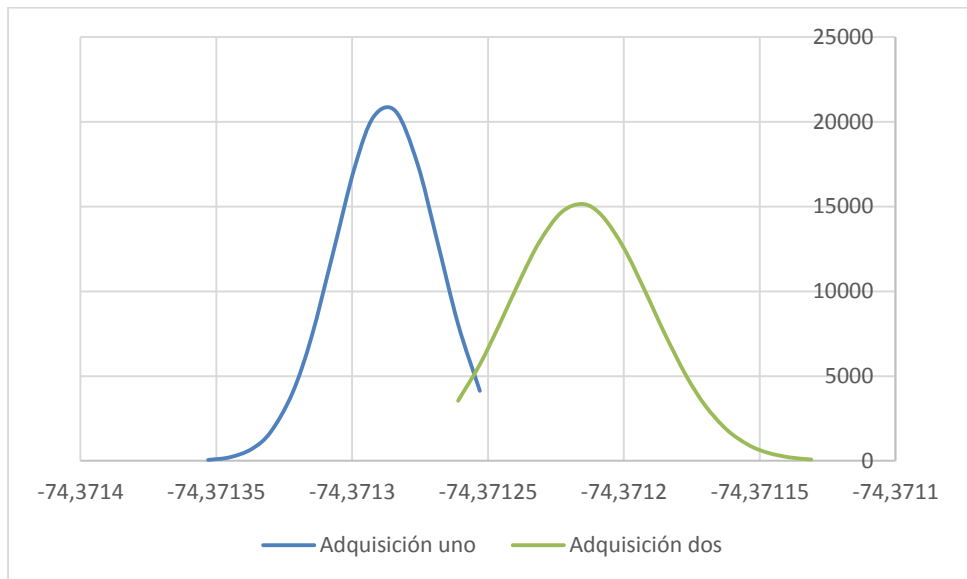
Latitud:



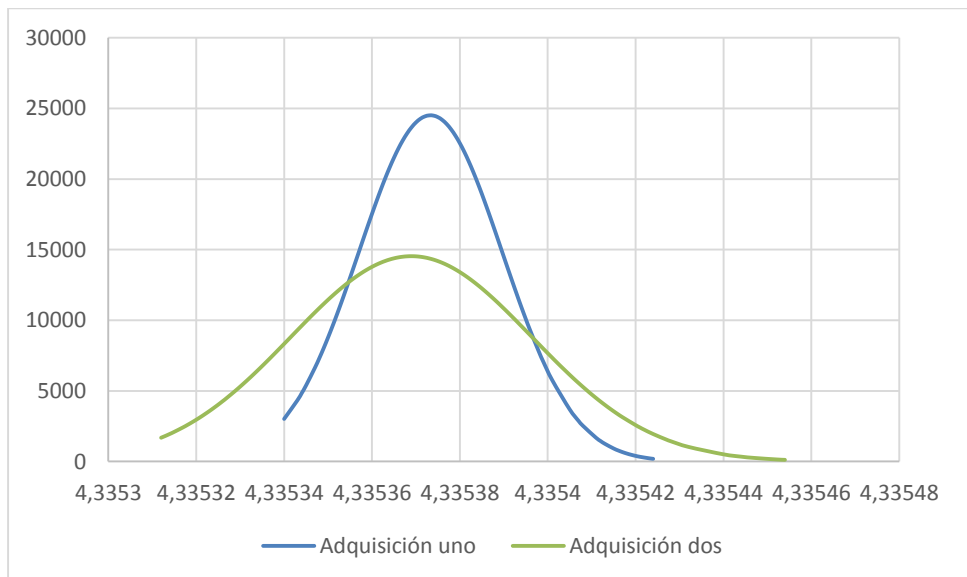
- Parquederos bloques F y E

De acuerdo a los valores de la tabla 28, se obtienen las campanas de Gauss tanto para latitud como longitud, estas curvas se pueden observar a continuación:

Longitud:



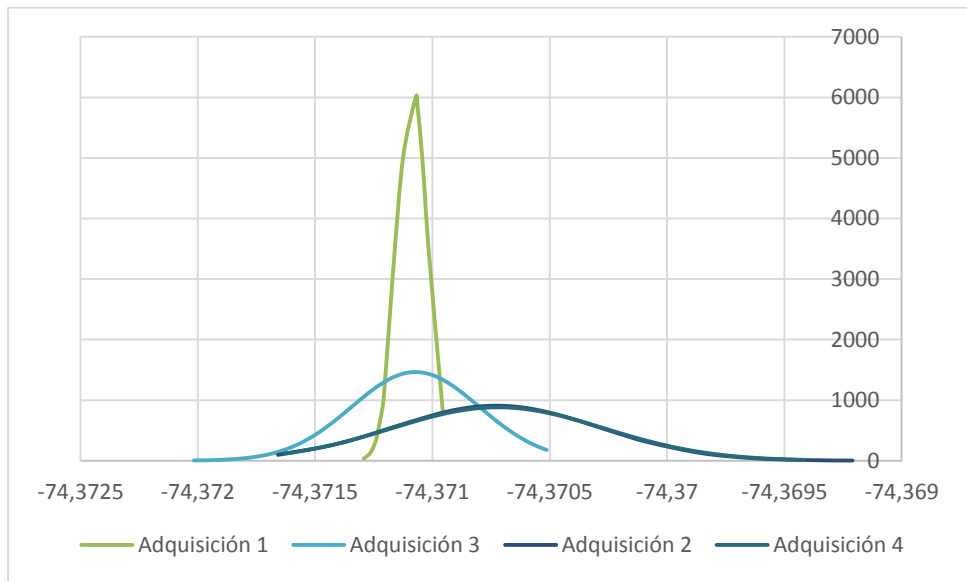
Latitud:



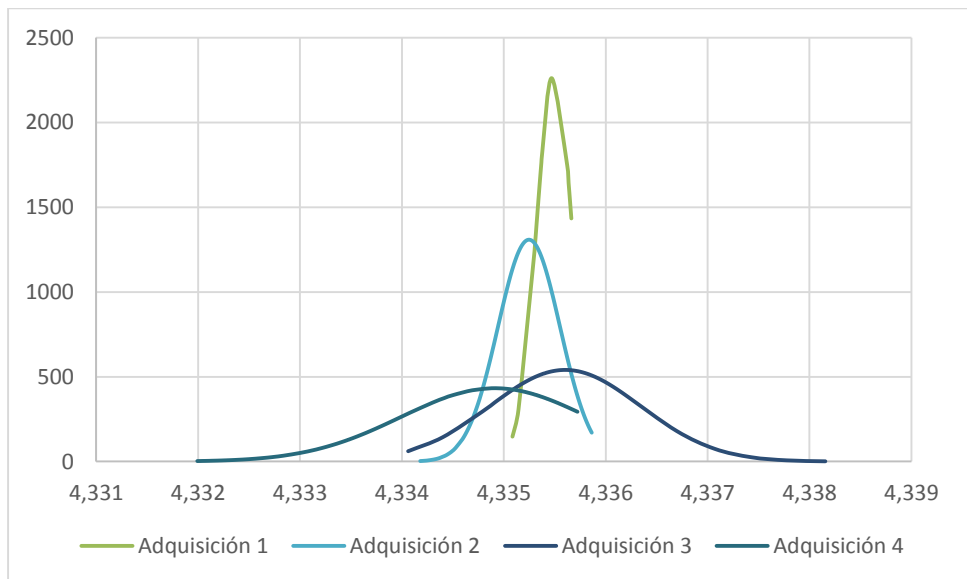
- Bloques F y E

De acuerdo a los valores de la tabla 29, se obtienen las campanas de Gauss tanto para latitud como longitud, estas curvas se pueden observar a continuación:

Longitud:



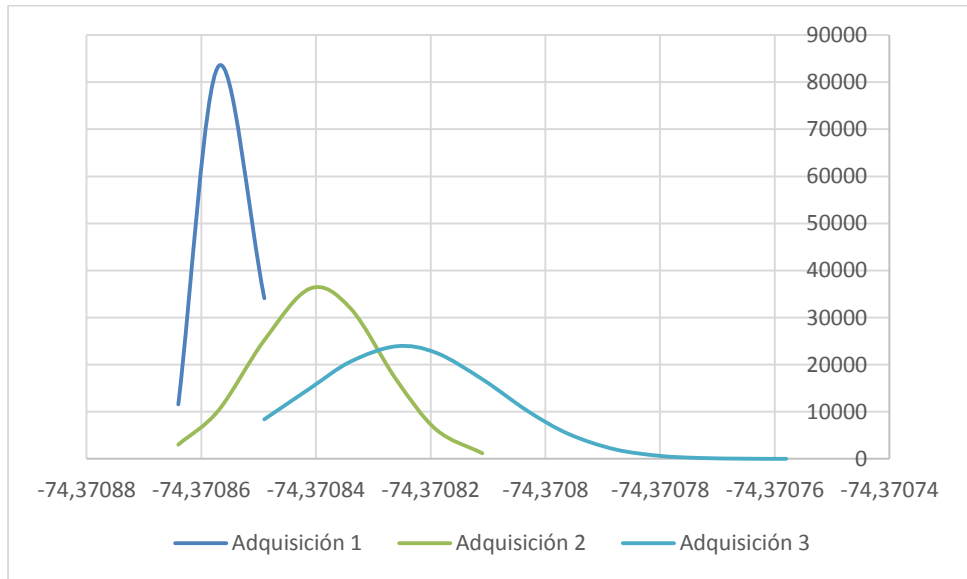
Latitud:



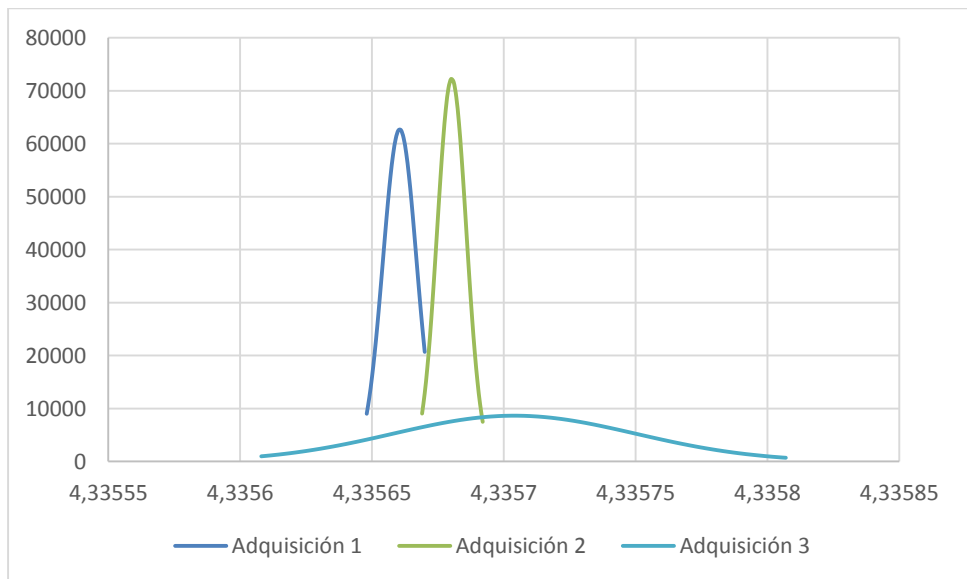
- Parqueadero Gimnasio

De acuerdo a los valores de la tabla 30, se obtienen las campanas de Gauss tanto para latitud como longitud, estas curvas se pueden observar a continuación:

Longitud:



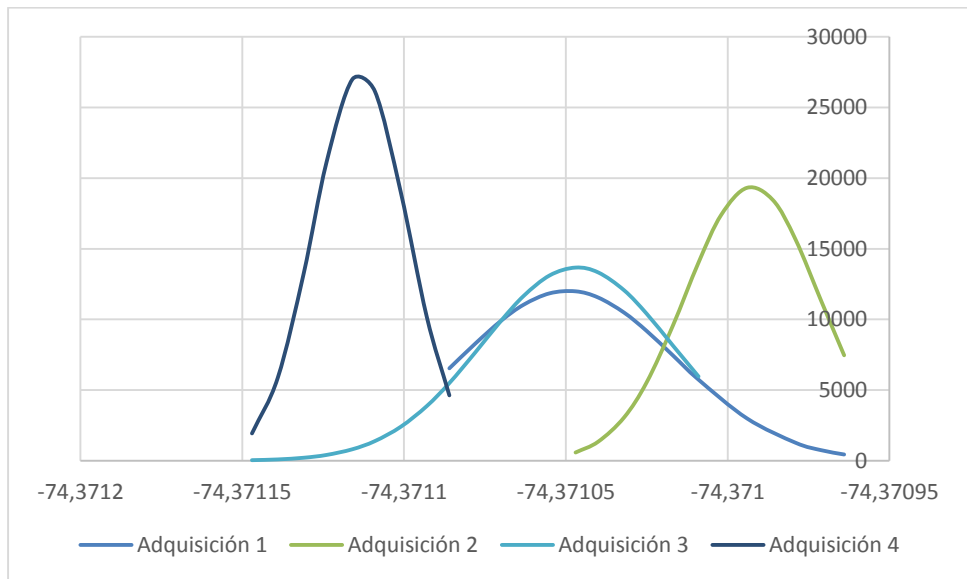
Latitud:



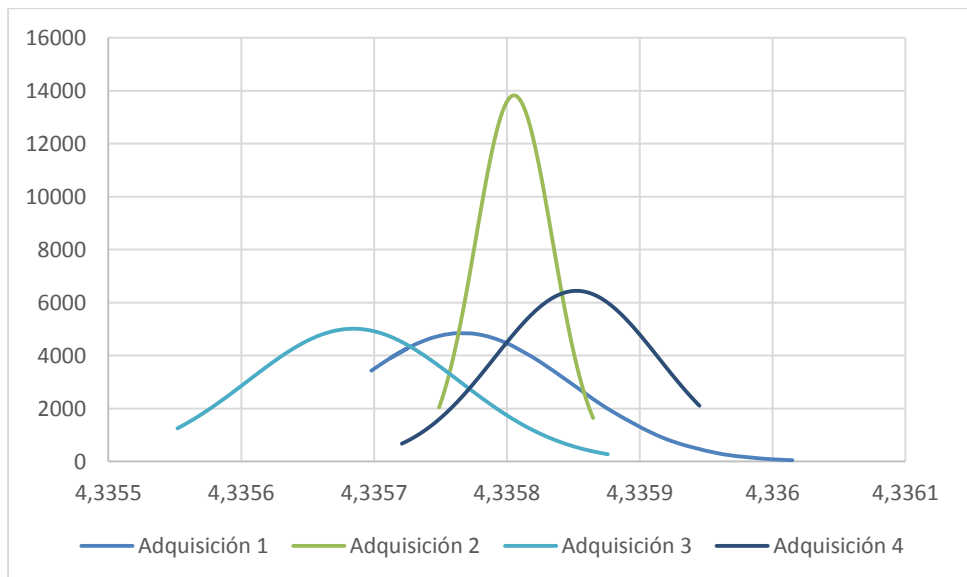
- Gimnasio

De acuerdo a los valores de la tabla 31, se obtienen las campanas de Gauss tanto para latitud como longitud, estas curvas se pueden observar a continuación:

Longitud:



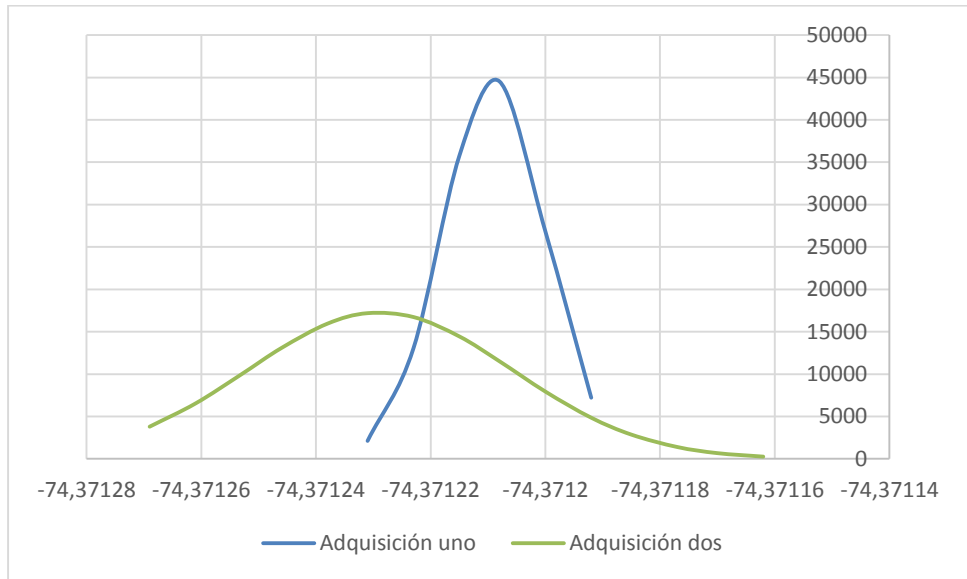
Latitud:



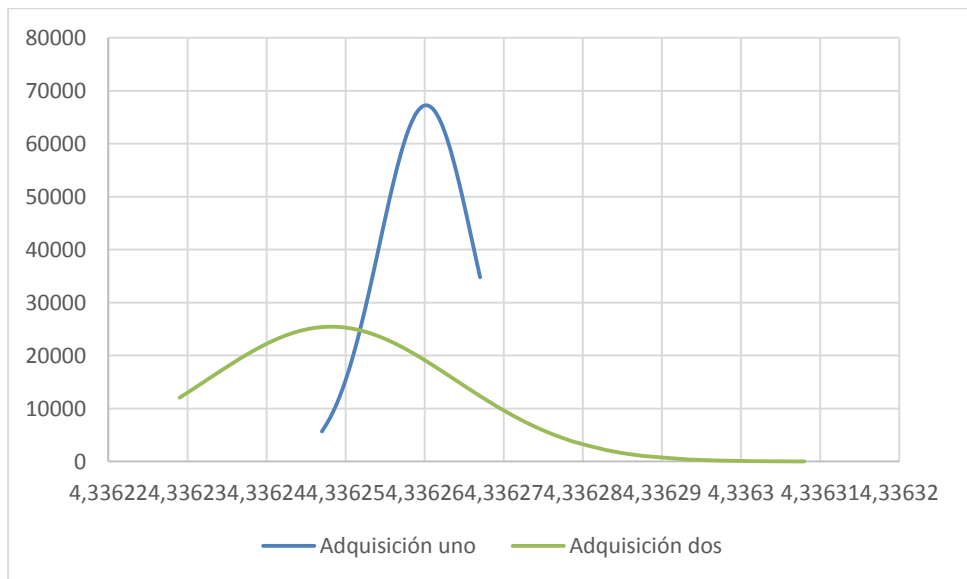
- Cancha de Futbol

De acuerdo a los valores de la tabla 32, se obtienen las campanas de Gauss tanto para latitud como longitud, estas curvas se pueden observar a continuación:

Longitud:



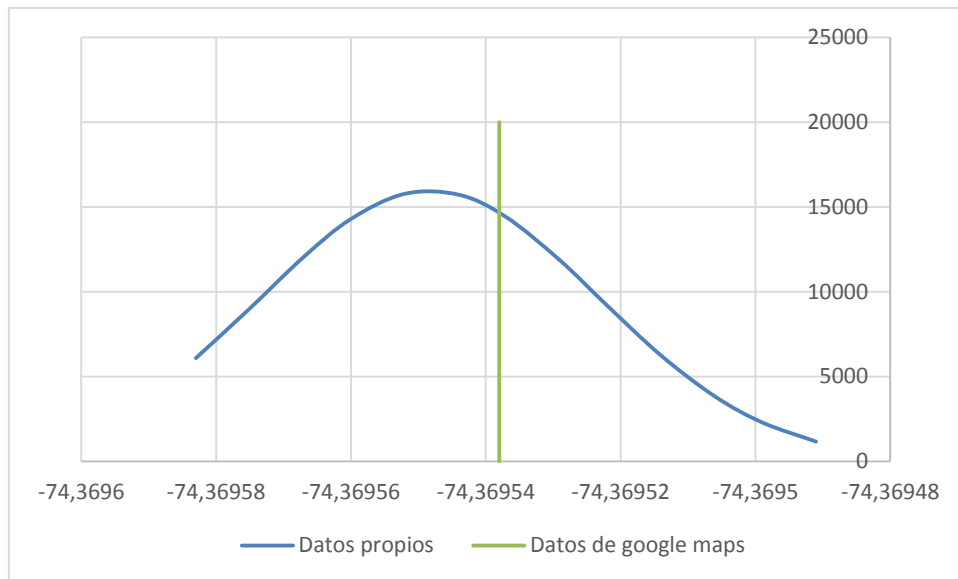
Latitud:



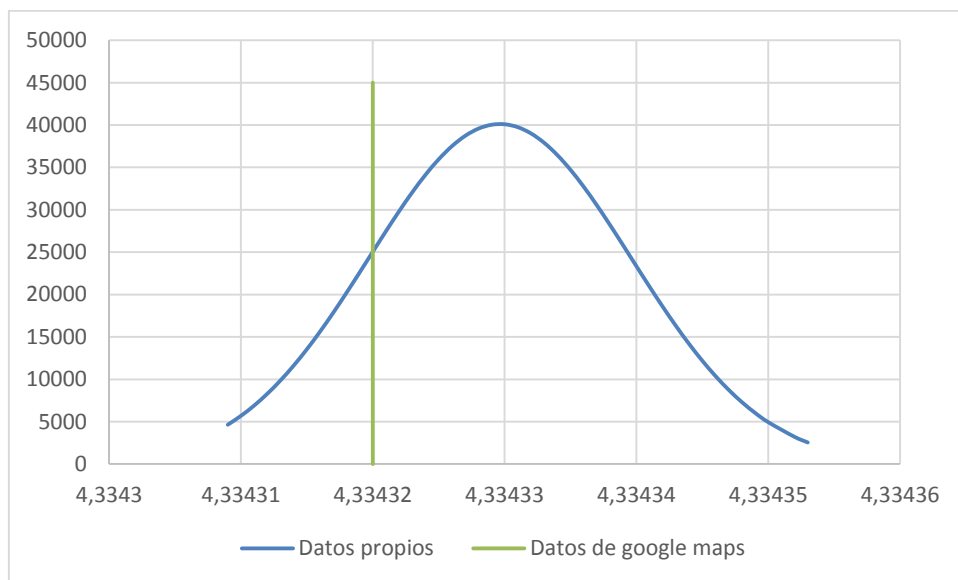
A.4. VERIFICACIÓN

- Bloque Administrativo

Longitud



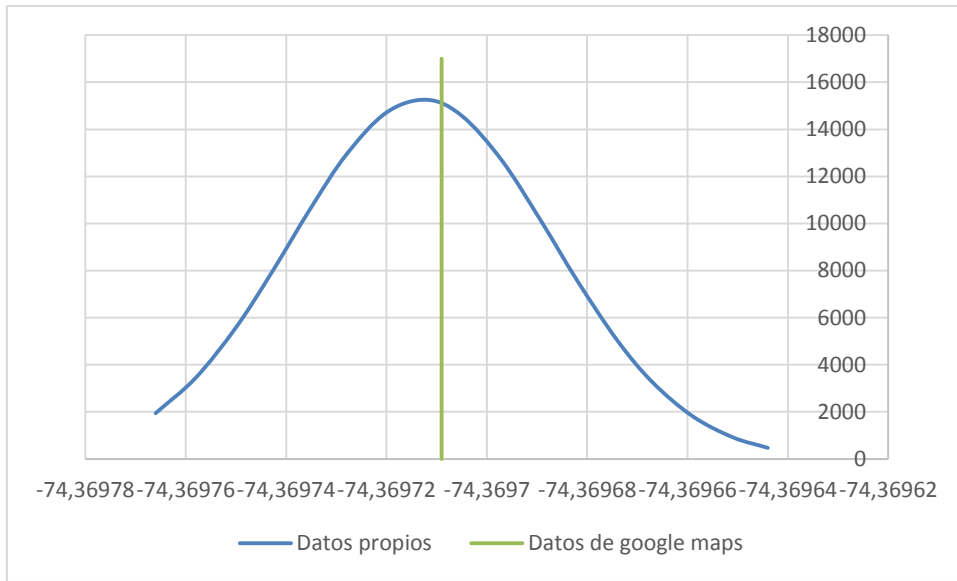
Latitud:



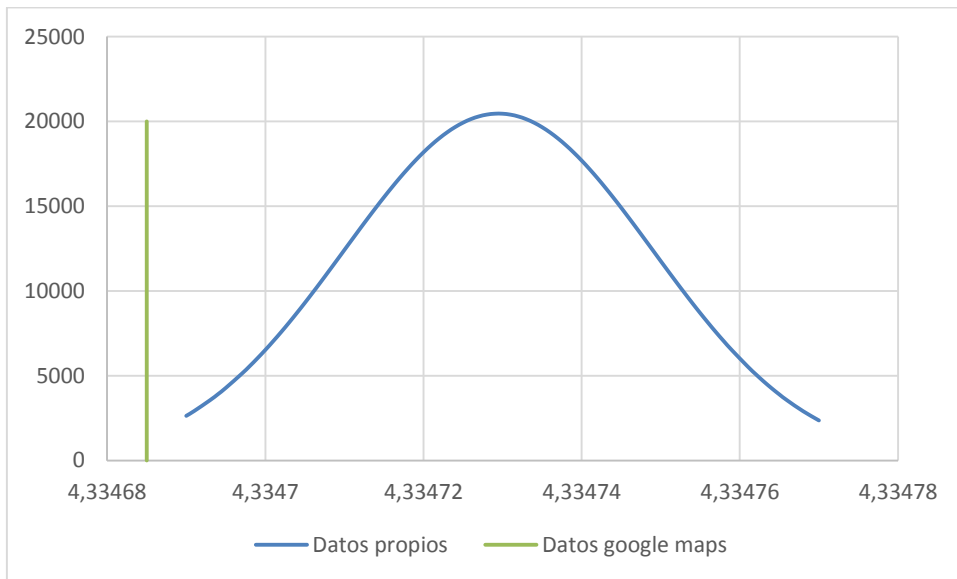
Link:

<https://www.google.es/maps/place/4%C2%B020'03.4%22N+74%C2%B022'10.3%22W/@4.334329,-74.3706376,396m/data=!3m2!1e3!4b1!4m5!3m4!1s0x0:0x0!8m2!3d4.33429!4d-74.369538>

- Biblioteca
Longitud



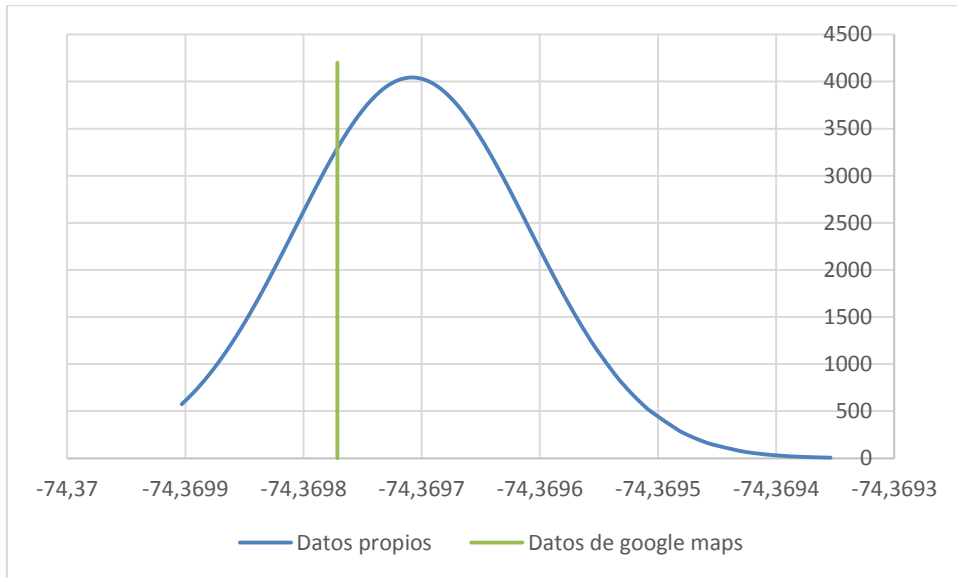
Latitud



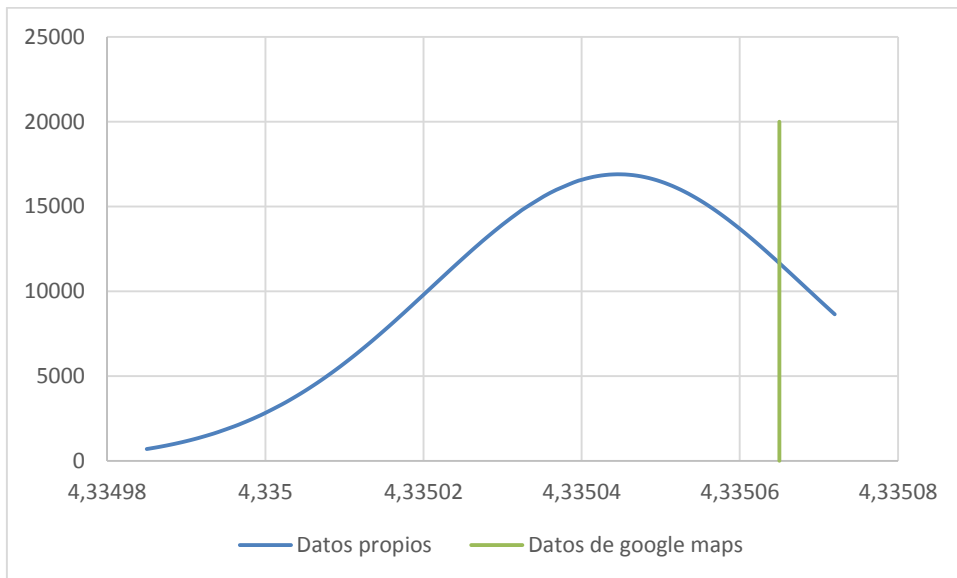
Link: <https://goo.gl/maps/LZ3XncnYkVr>

- Aula múltiple

Longitud



Latitud

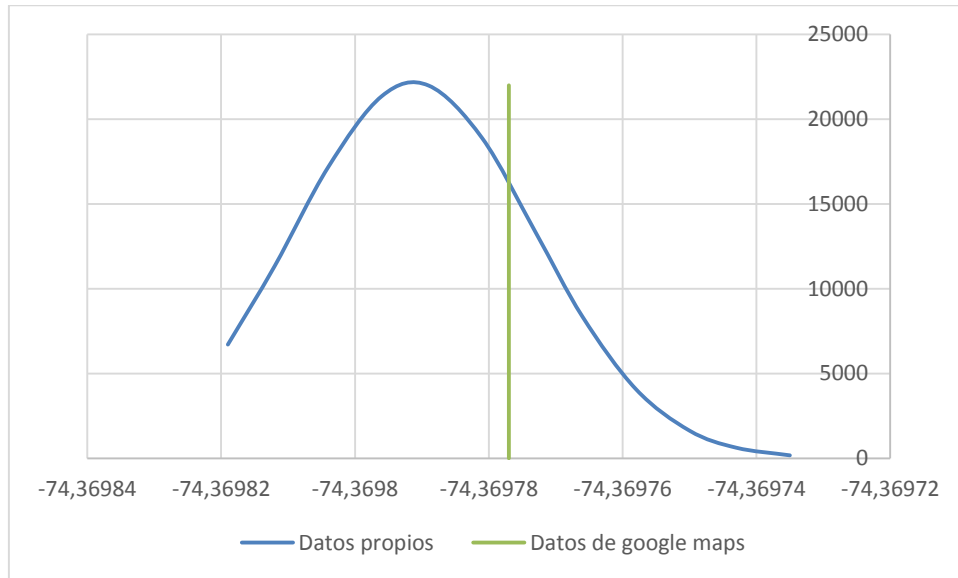


Link:

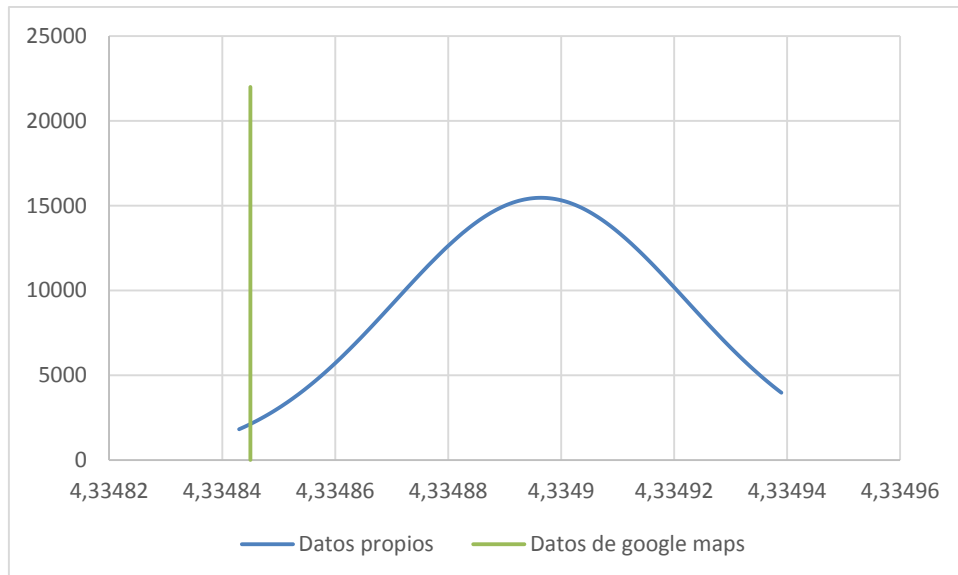
<https://www.google.com/maps/place/4%C2%B020'06.2%22N+74%C2%B022'11.2%22W/@4.335065,-74.3709101,410m/data=!3m2!1e3!4b1!4m5!3m4!1s0x0:0x0!8m2!3d4.335065!4d-74.3697713?hl=es>

- Kiosco

Longitud



Latitud

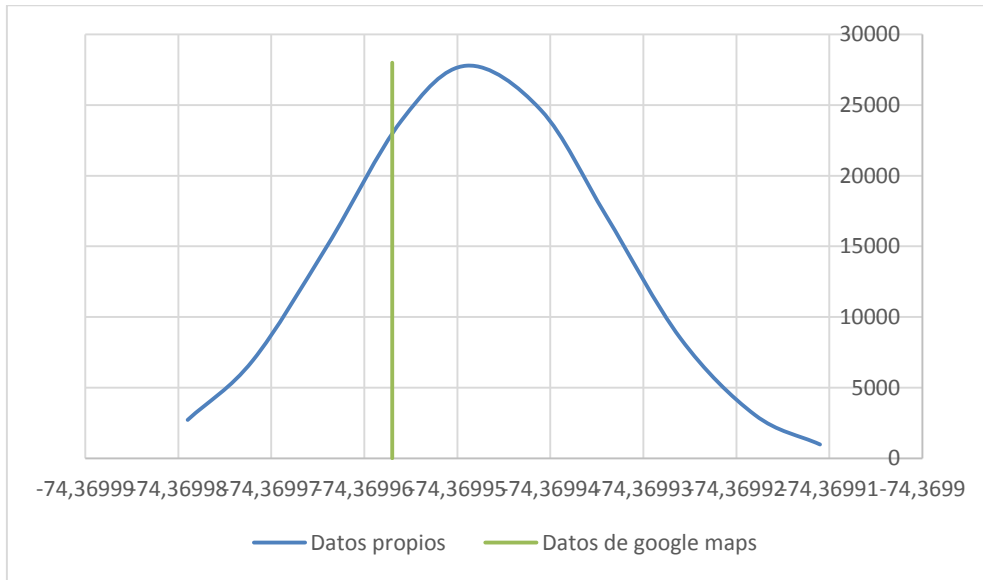


Link:

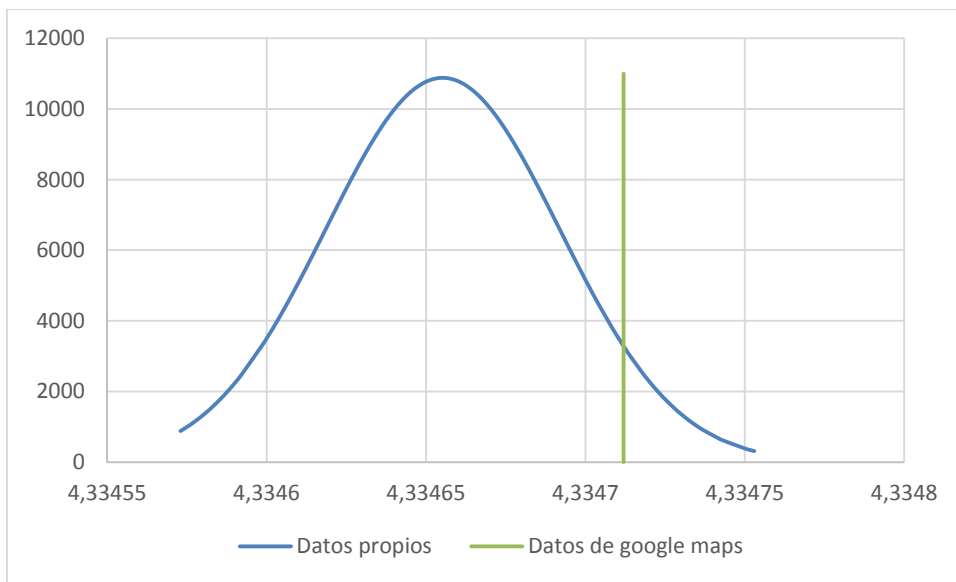
<https://www.google.com/maps/place/4%C2%B020'05.4%22N+74%C2%B022'11.2%22W/@4.334845,-74.3709165,410m/data=!3m2!1e3!4b1!4m5!3m4!1s0x0:0x0!8m2!3d4.334845!4d-74.369777?hl=es>

- Cancha 6 de Mayo

Longitud



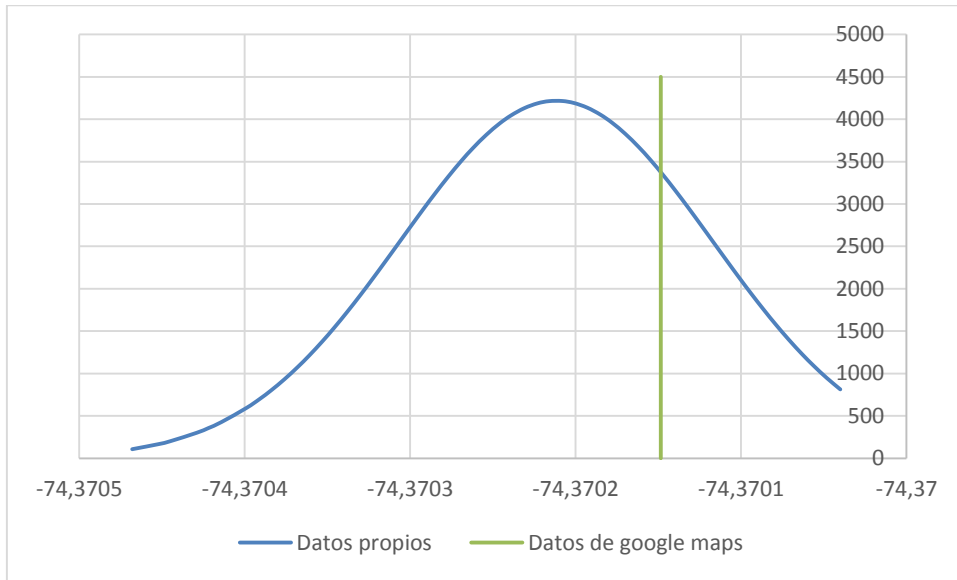
Latitud



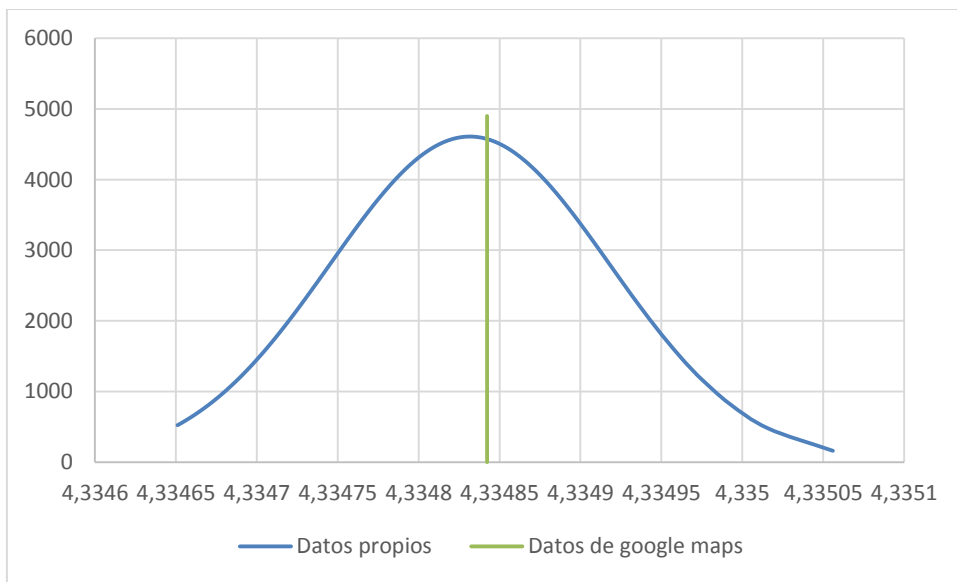
Link: <https://goo.gl/maps/wdeJHLuvTjB2>

- Bloque B

Longitud



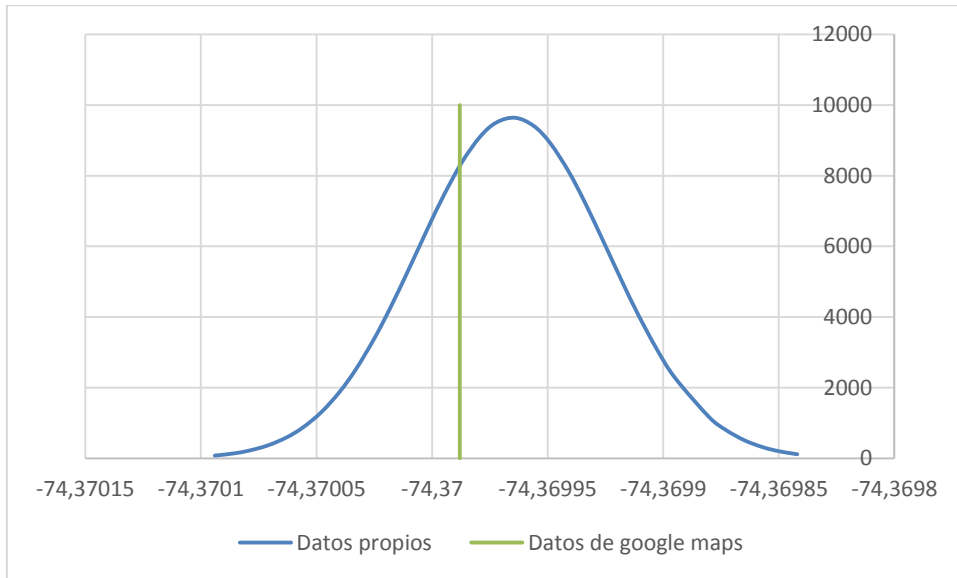
Latitud



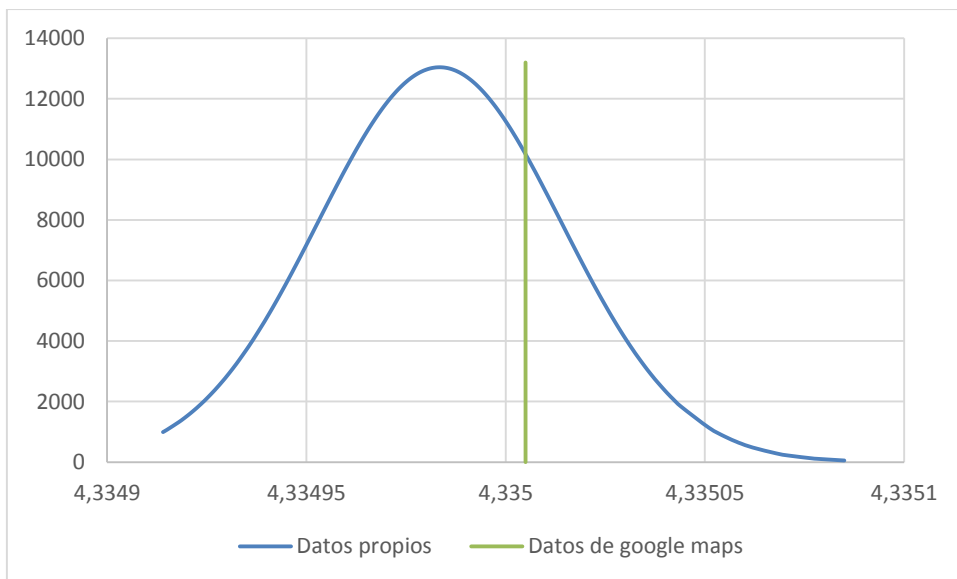
Link: <https://goo.gl/maps/wdeJHLuvTjB2>

- Laboratorios de electrónica

Longitud



Latitud

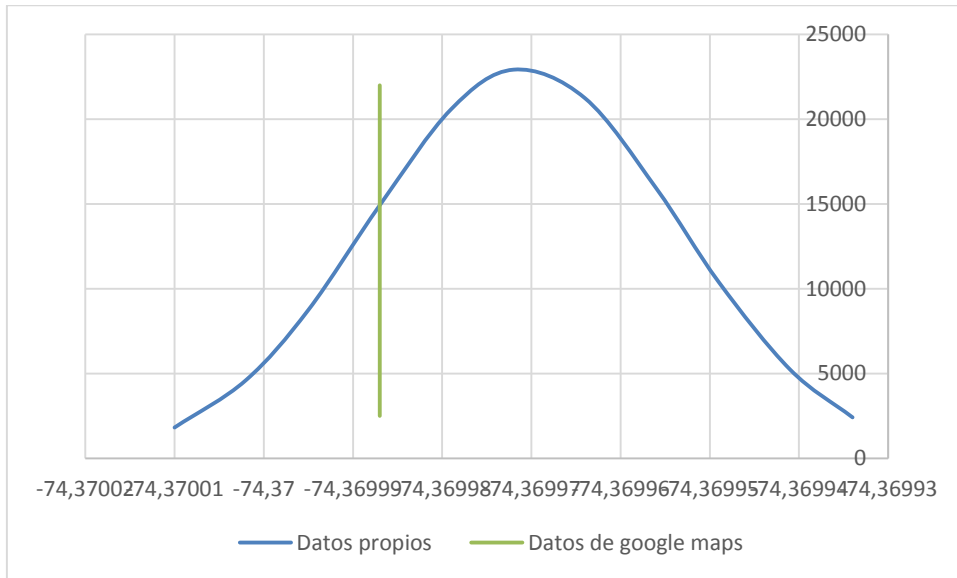


Link:

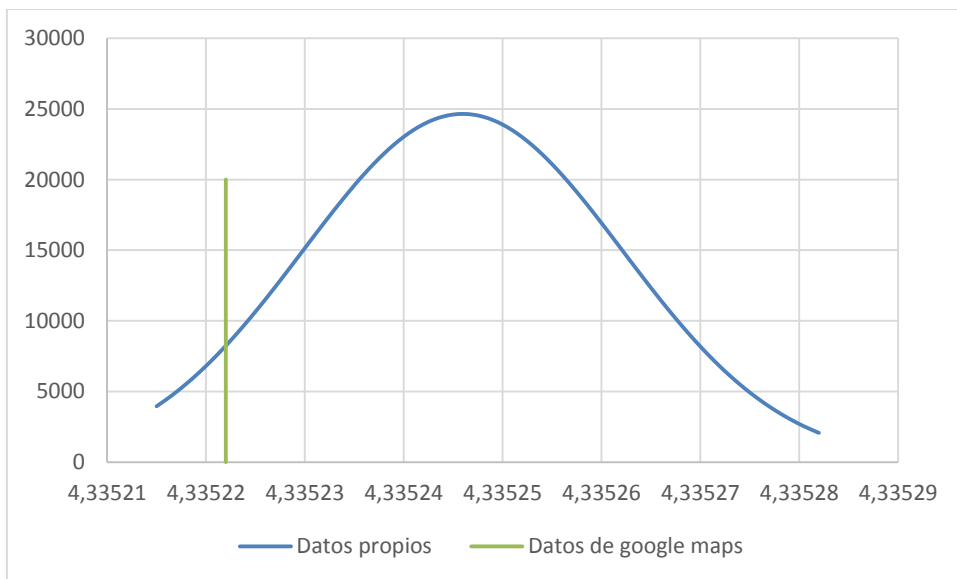
<https://www.google.com/maps/place/4%C2%B020'06.0%22N+74%C2%B022'12.0%22W/@4.335005,-74.3721767,788m/data=!3m2!1e3!4b1!4m5!3m4!1s0x0:0x0!8m2!3d4.335005!4d-74.369988?hl=es>

- Cancha múltiple

Longitud



Latitud

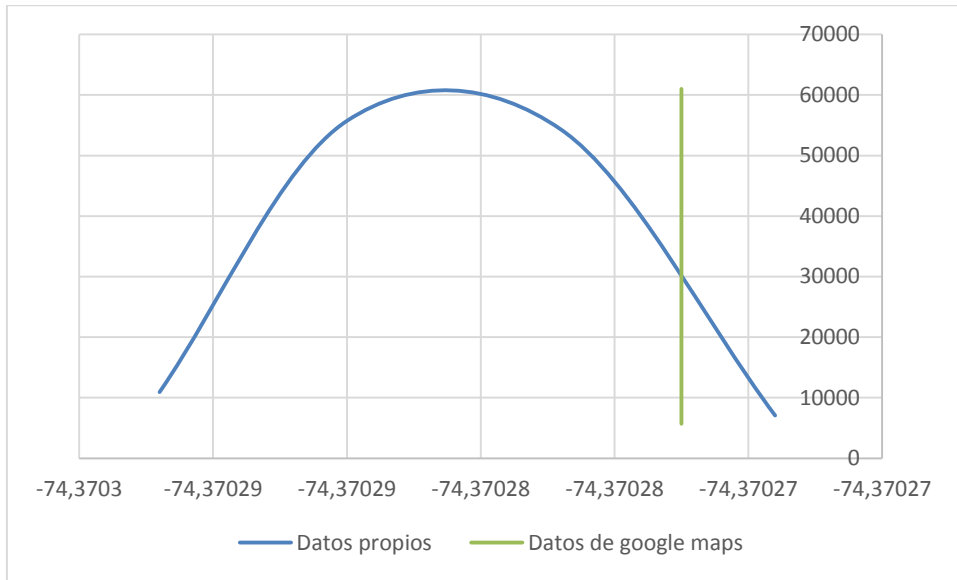


Link:

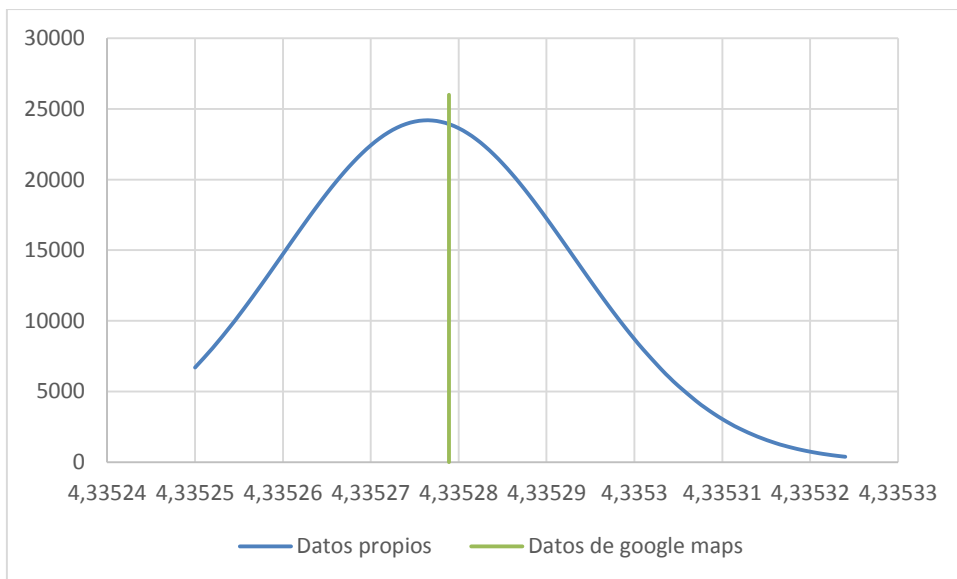
<https://www.google.com/maps/place/4%C2%B020'06.8%22N+74%C2%B022'11.9%22W/@4.3351244,-74.3704904,327m/data=!3m1!1e3!4m9!1m2!10m1!1e2!3m5!1s0x8e3f04f2aeef0535:0x129bba281f8376a4!7e2!8m2!3d4.3352218!4d-74.3699872?hl=es>

- Cafetería Edufisicos

Longitud



Latitud

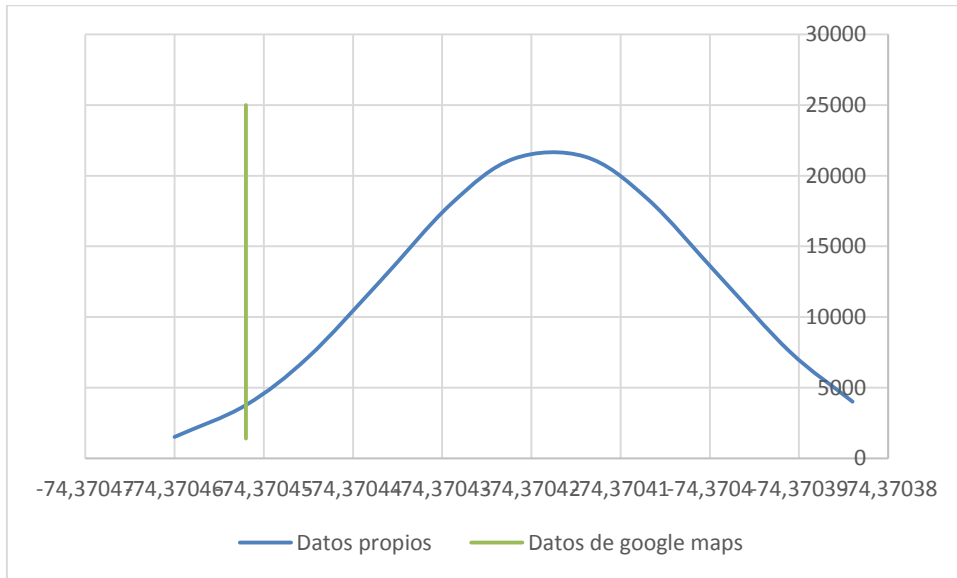


Link:

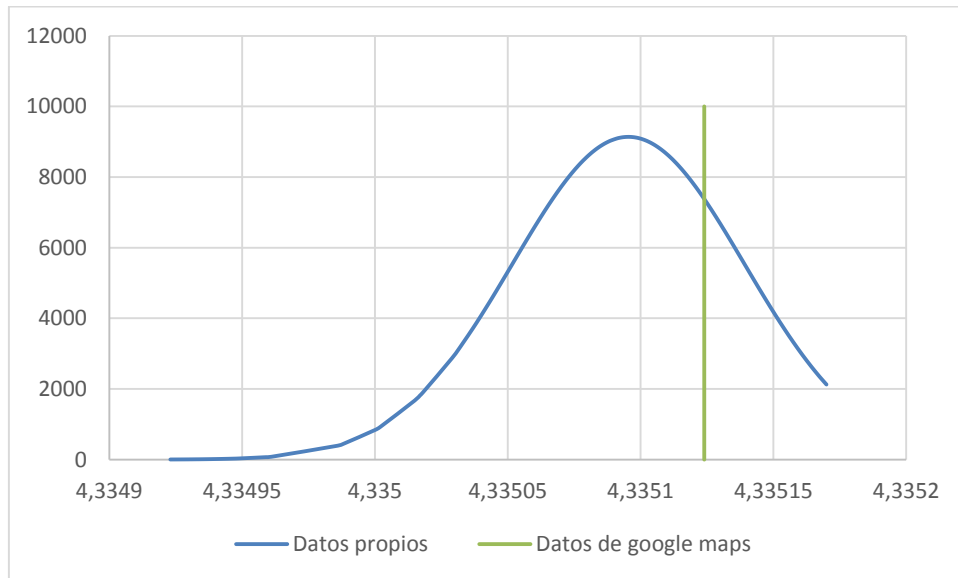
<https://www.google.com/maps/place/4%C2%B020'07.0%22N+74%C2%B022'13.0%22W/@4.3352789,-74.3724612,788m/data=!3m2!1e3!4b1!4m5!3m4!1s0x0:0x0!8m2!3d4.3352789!4d-74.3702725?hl=es>

- Bloques C y D

Longitud



Latitud

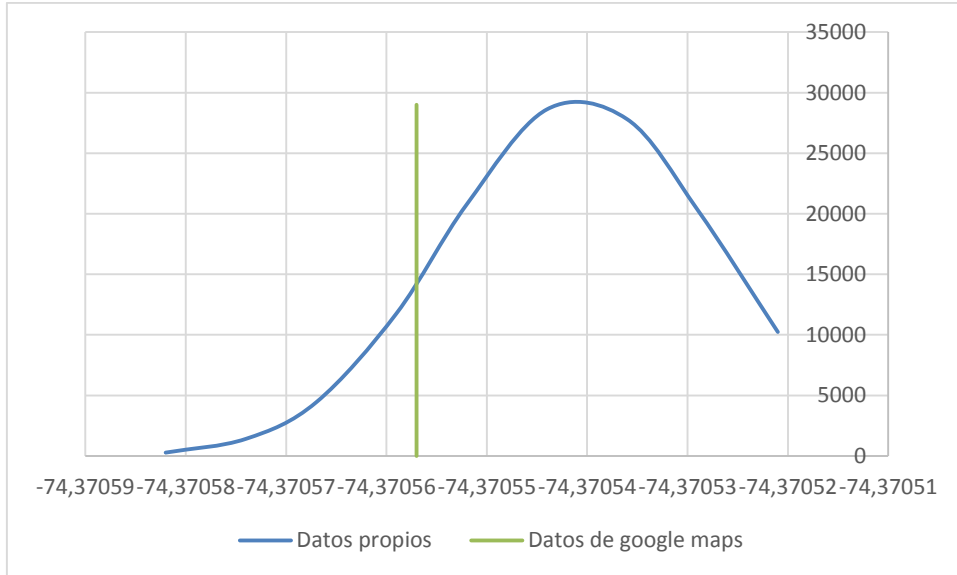


Link:

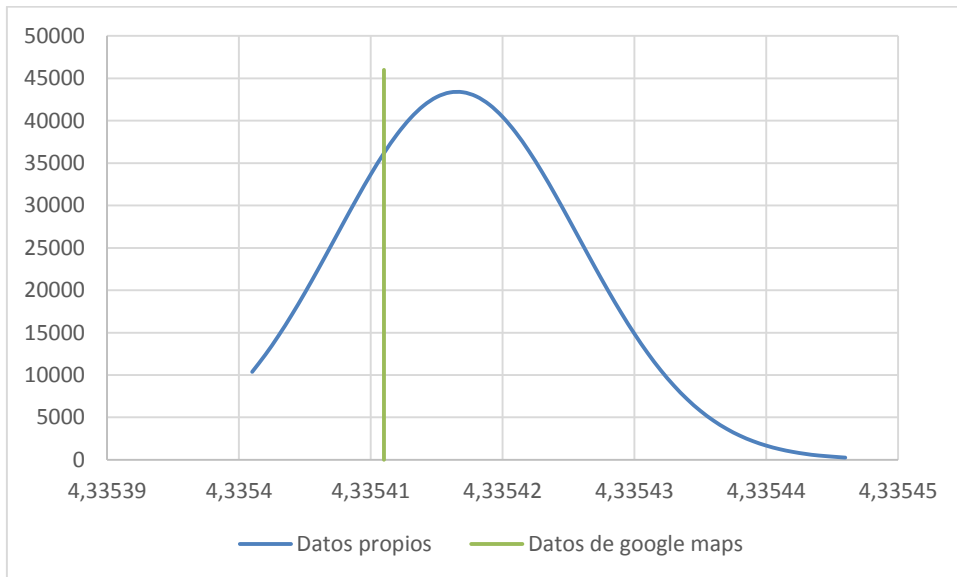
<https://www.google.com/maps/place/4%C2%B020'06.5%22N+74%C2%B022'13.6%22W/@4.3350183,-74.369986,18z/data=!4m6!3m5!1s0x8e3f04f2a9f8aeed:0xecef727ad8d2e08!7e2!8m2!3d4.3351242!4d-74.3704522?hl=es>

- Camino cancha de Tenis

Longitud



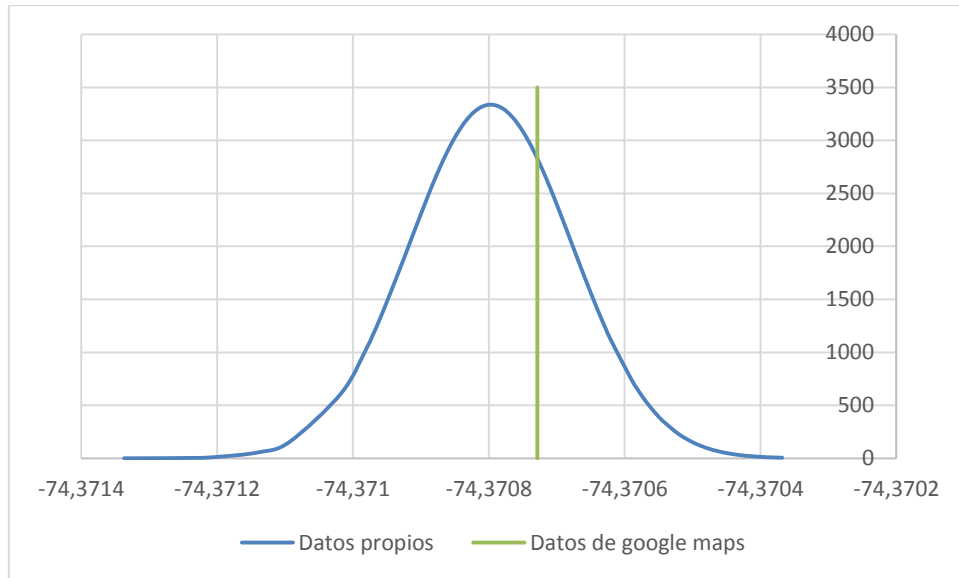
Latitud



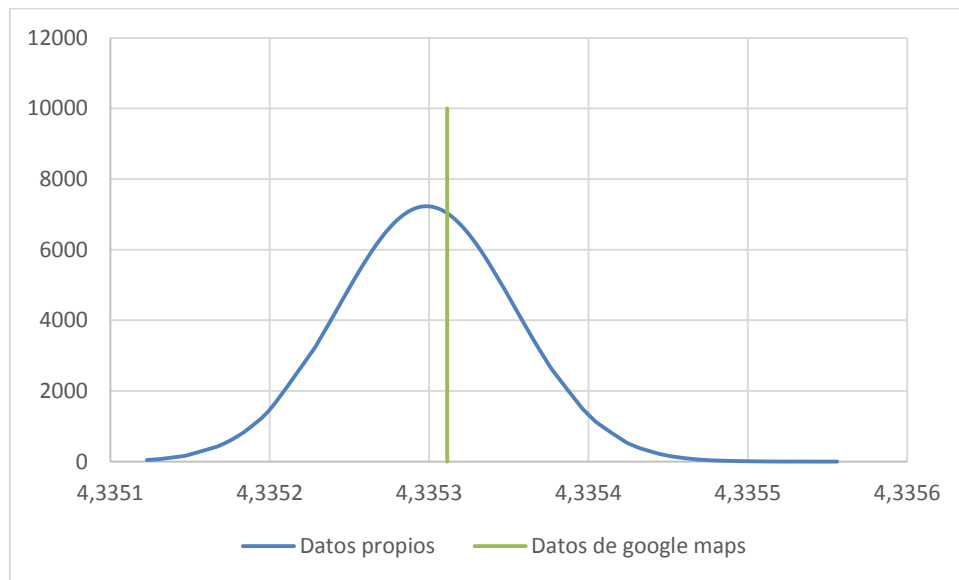
Link: <https://goo.gl/maps/GuYQxwvhMLu>

- Plaza Sativa

Longitud



Latitud

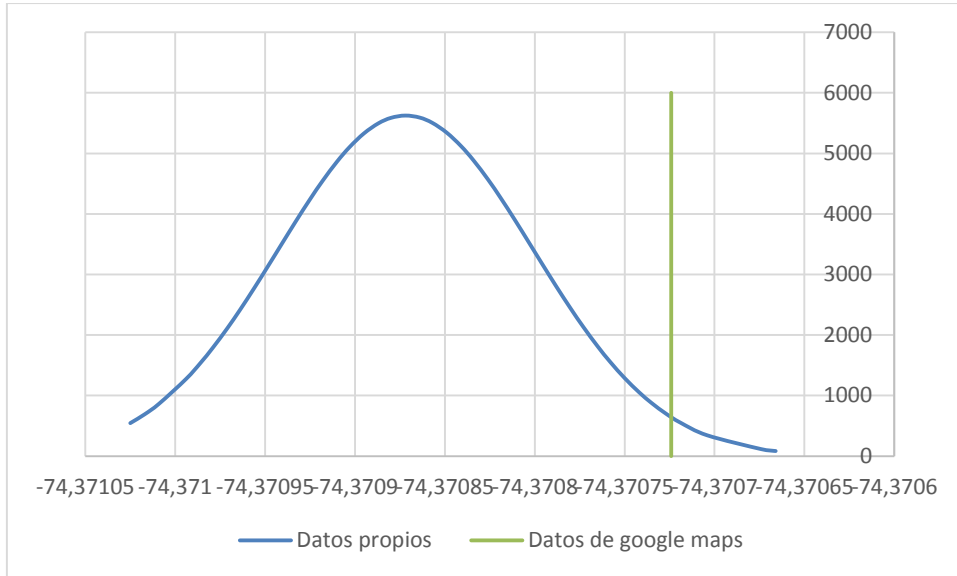


Link:

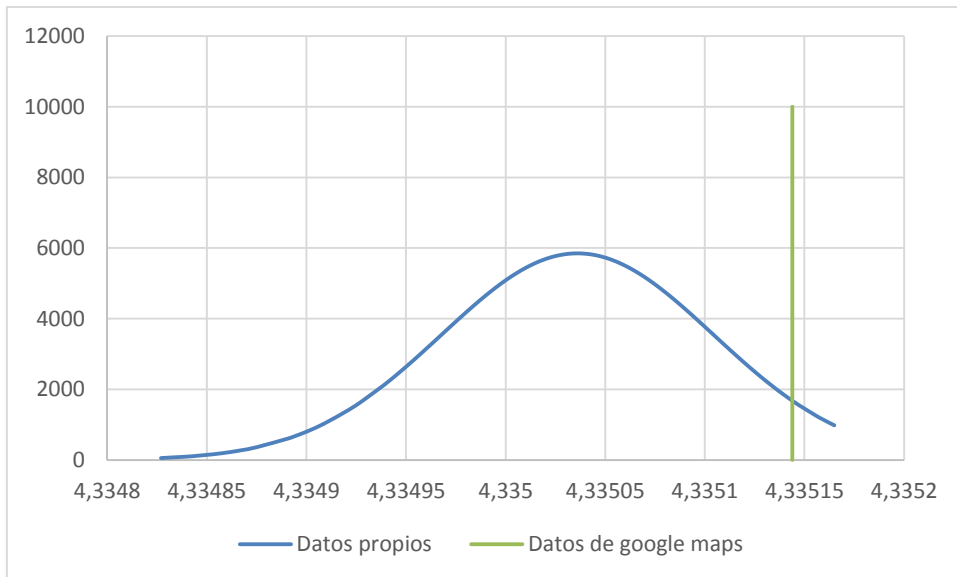
<https://www.google.com/maps/place/4%C2%B020'07.1%22N+74%C2%B022'14.6%22W/@4.3353114,-74.3729172,788m/data=!3m2!1e3!4b1!4m5!3m4!1s0x0:0x0!8m2!3d4.3353114!4d-74.3707285?hl=es>

- Plaza de Niños

Longitud



Latitud

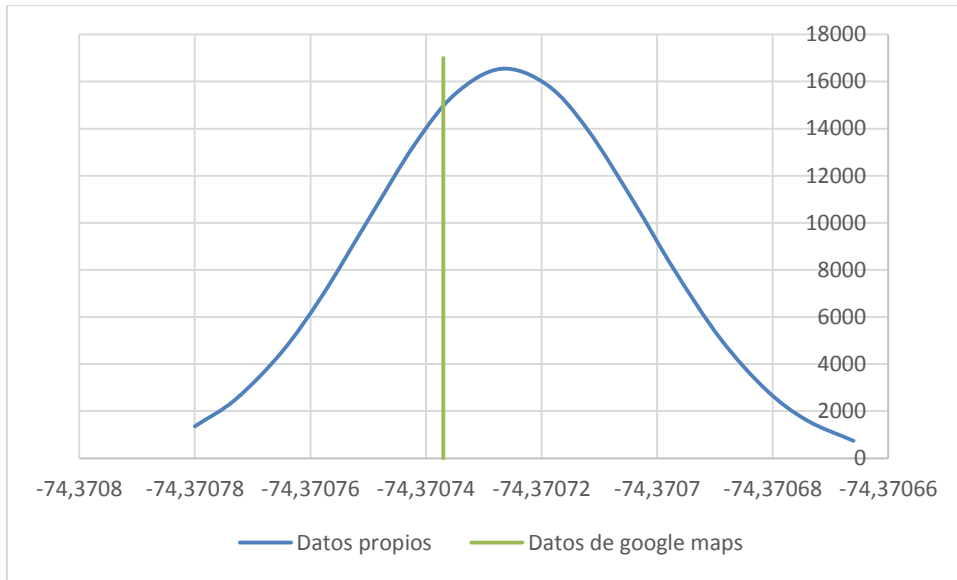


Link:

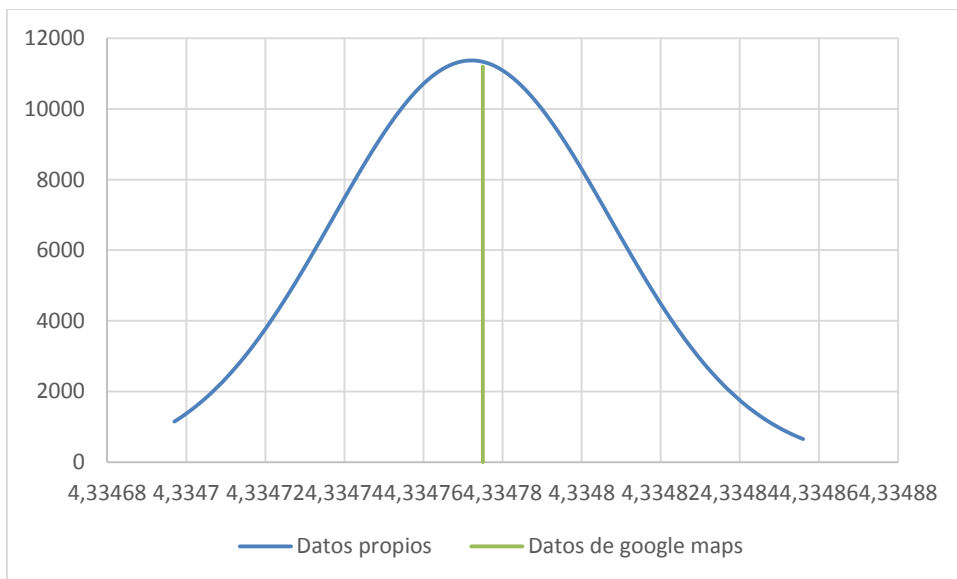
<https://www.google.com/maps/place/4%C2%B020'06.5%22N+74%C2%B022'14.6%22W/@4.3351439,-74.3729128,788m/data=!3m2!1e3!4b1!4m5!3m4!1s0x0:0x0!8m2!3d4.3351439!4d-74.3707241?hl=es>

- Bienestar Universitario

Longitud



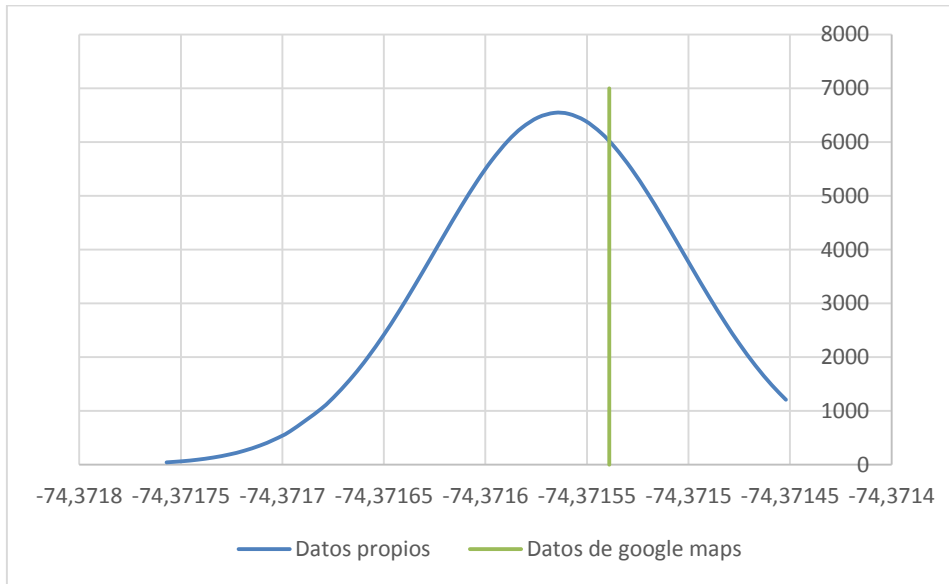
Latitud



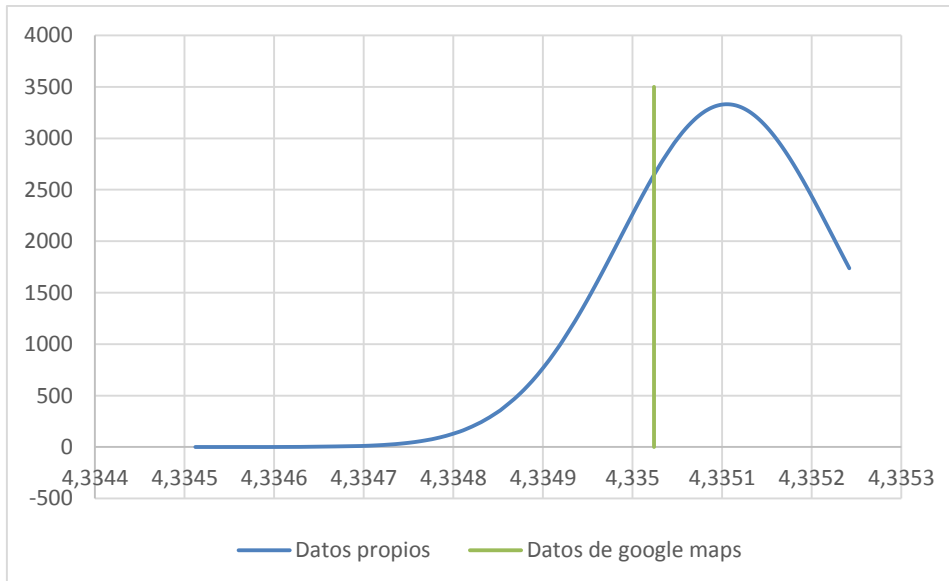
Link: <https://goo.gl/maps/Ly7LC7PNWFt>

- Laboratorios de química y biología

Longitud



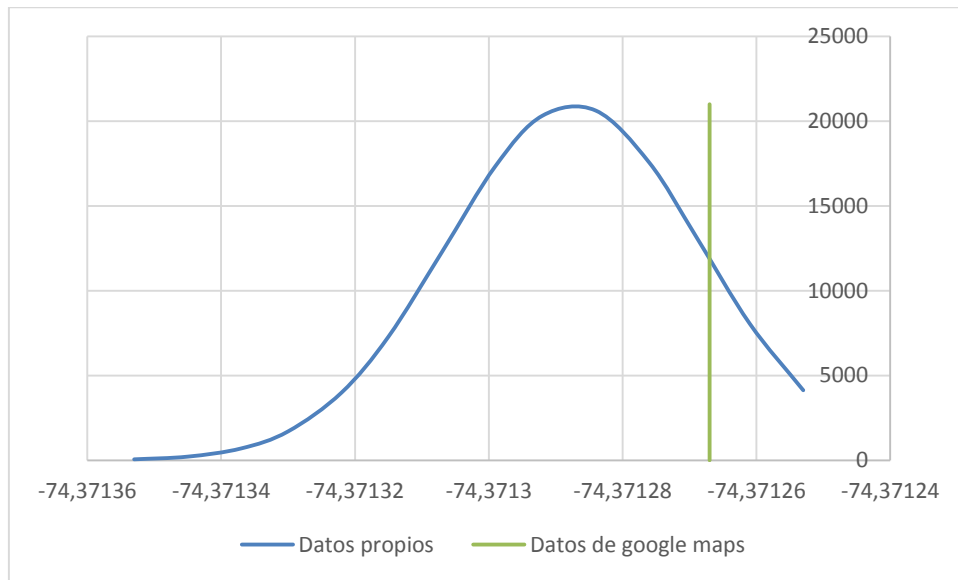
Latitud



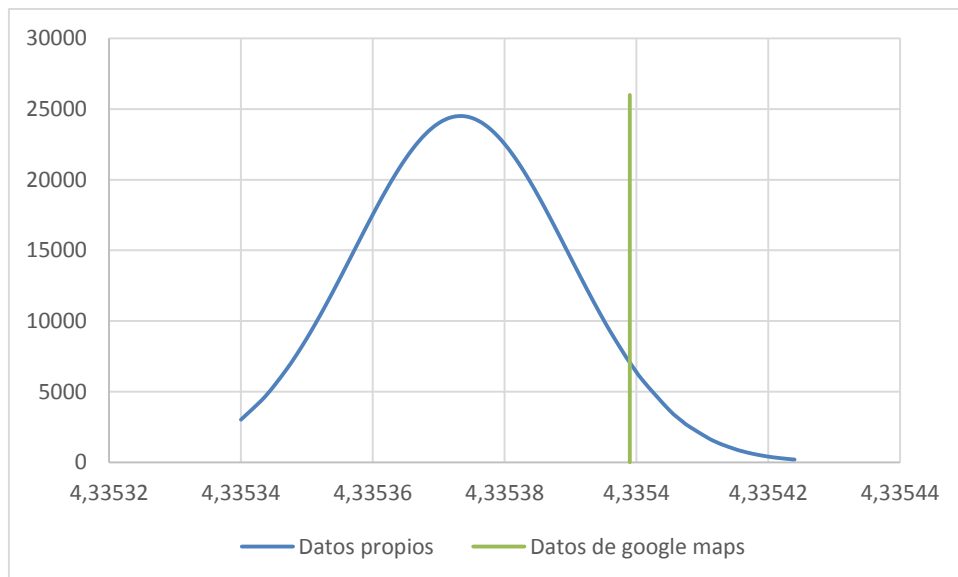
Link: <https://goo.gl/maps/gMDVHH5QjQp>

- Parquaderos F y E

Longitud



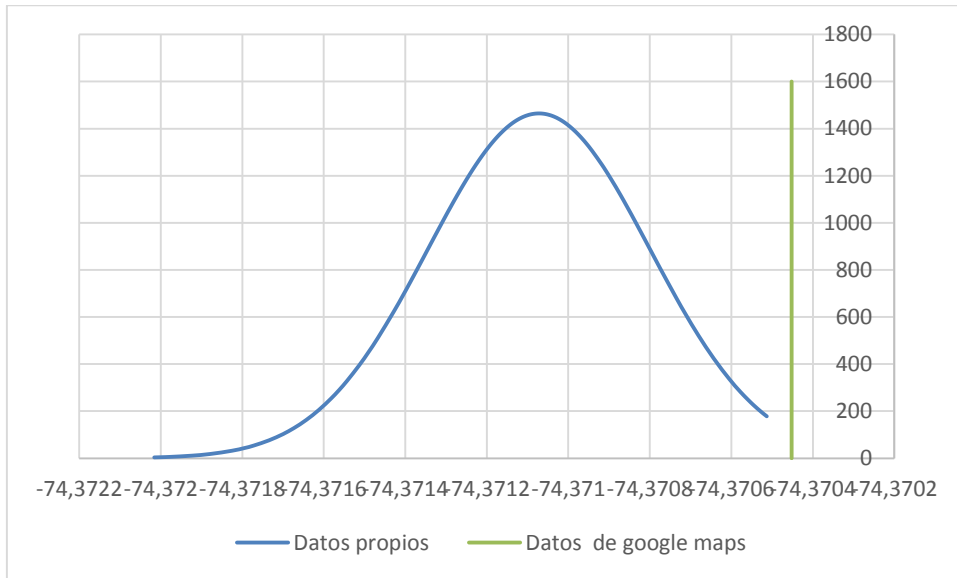
Latitud



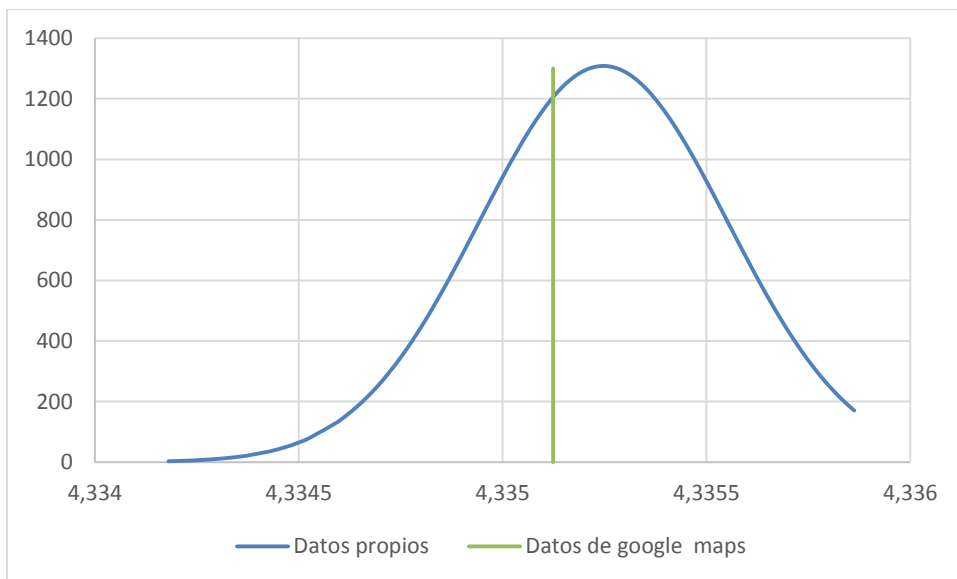
Link: <https://goo.gl/maps/8N2q4nmpesC2>

- Bloques F y E

Longitud



Latitud

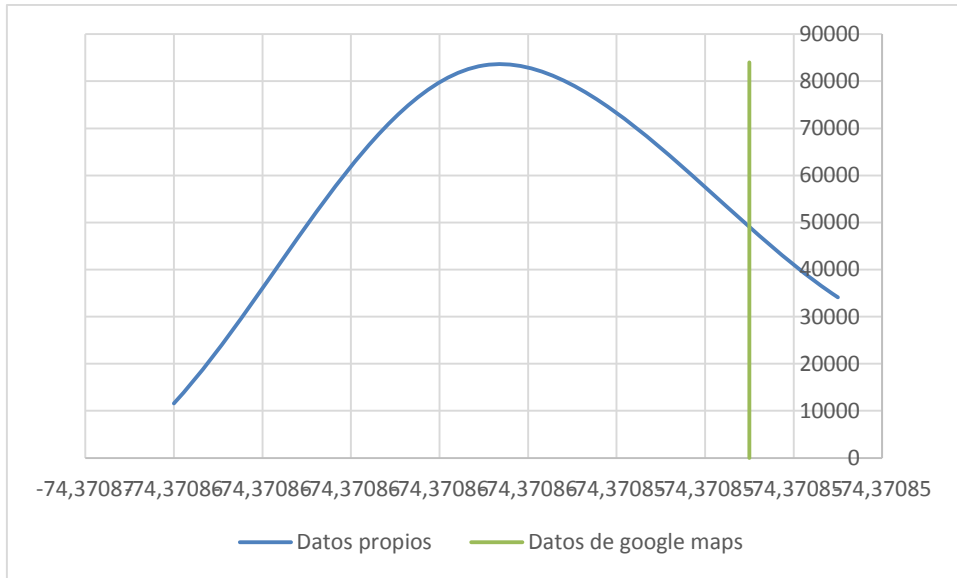


Link:

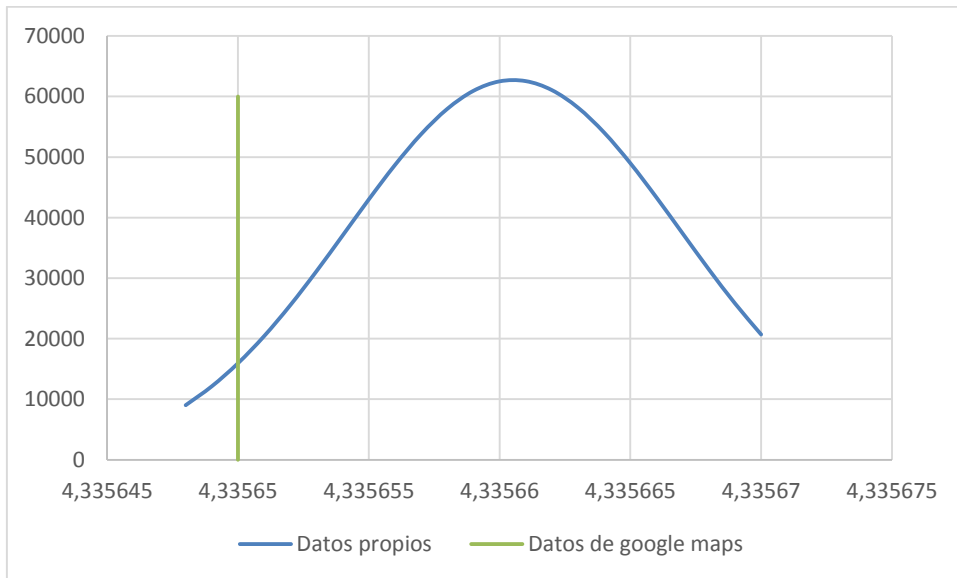
<https://www.google.com/maps/place/4%C2%B020'07.5%22N+74%C2%B022'15.3%22W/@4.3350183,-74.369986,18z/data=!4m6!3m5!1s0x0:0x8c6278056b06a583!7e2!8m2!3d4.3354137!4d-74.3709062?hl=es>

- Parqueadero Gimnasio

Longitud



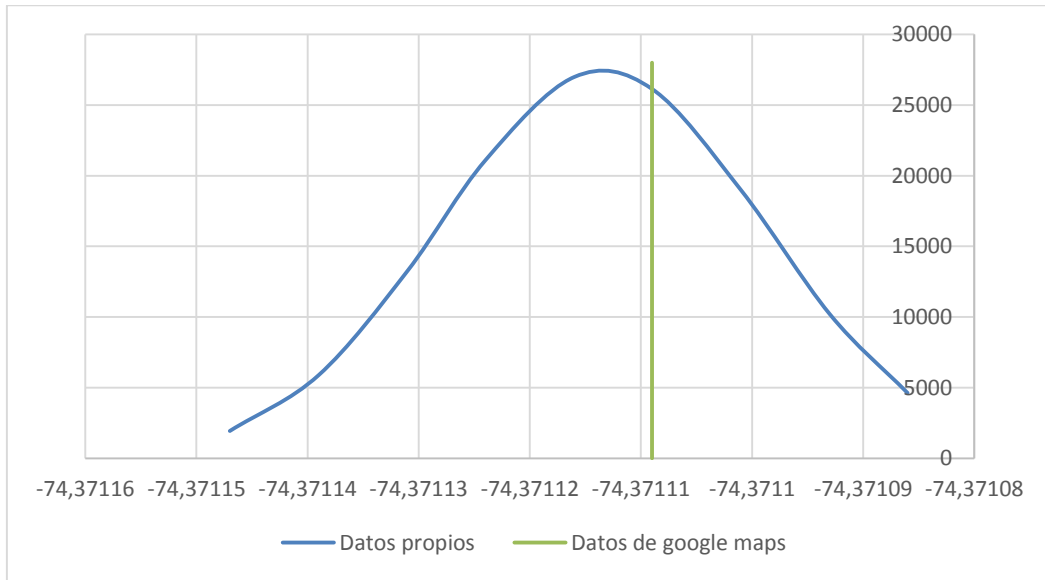
Latitud



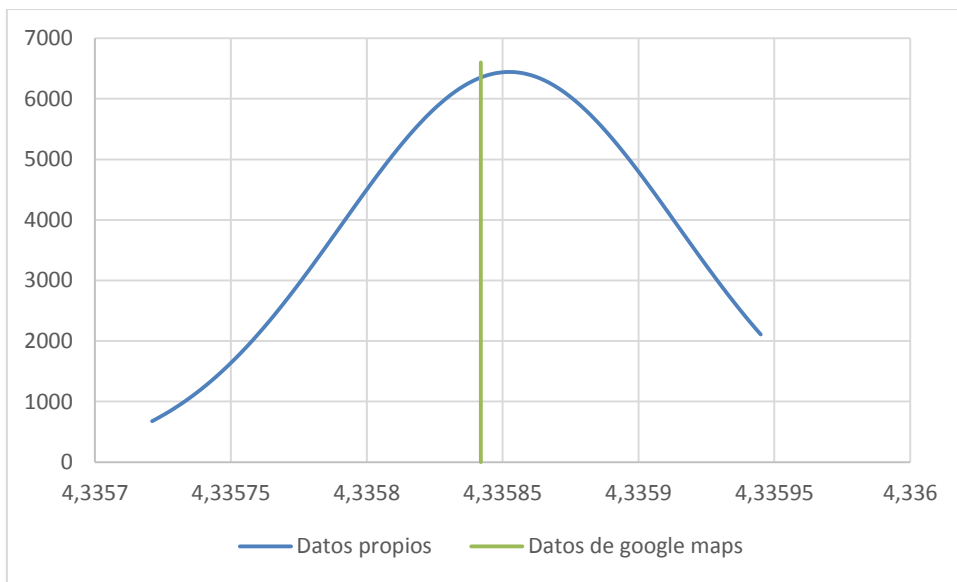
Link: <https://goo.gl/maps/G9JGjAvZSYM2>

- Gimnasio

Longitud



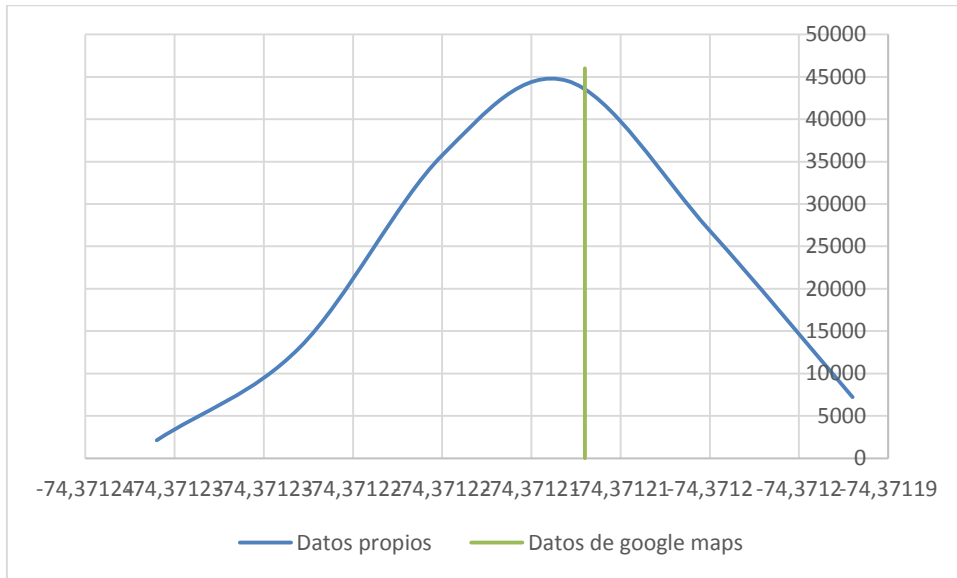
Latitud



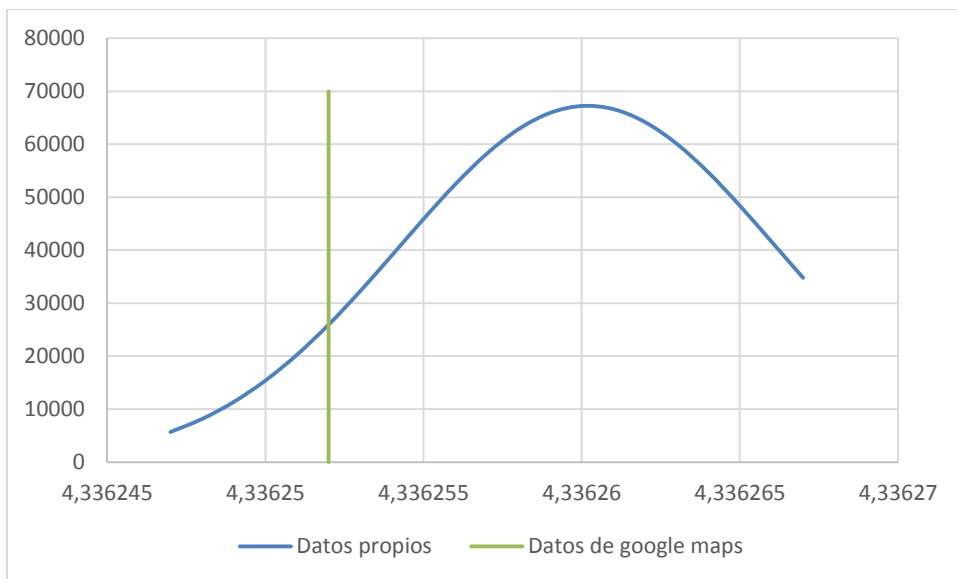
Link: <https://goo.gl/maps/3YbvbAztQH32>

- Cancha de Futbol

Longitud



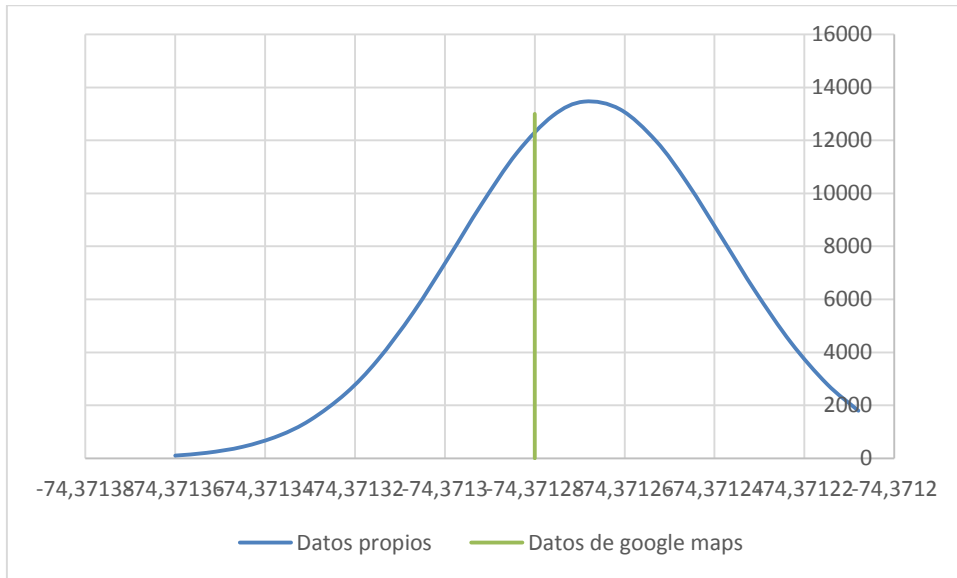
Latitud



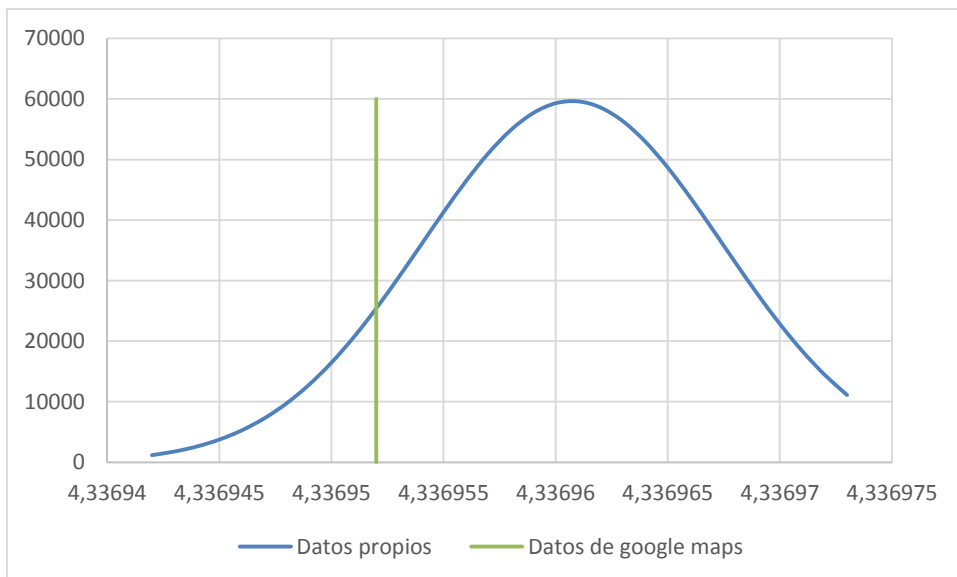
Link: <https://goo.gl/maps/oCbHvcEeyq62>

- Auditorio Emilio Sierra

Longitud

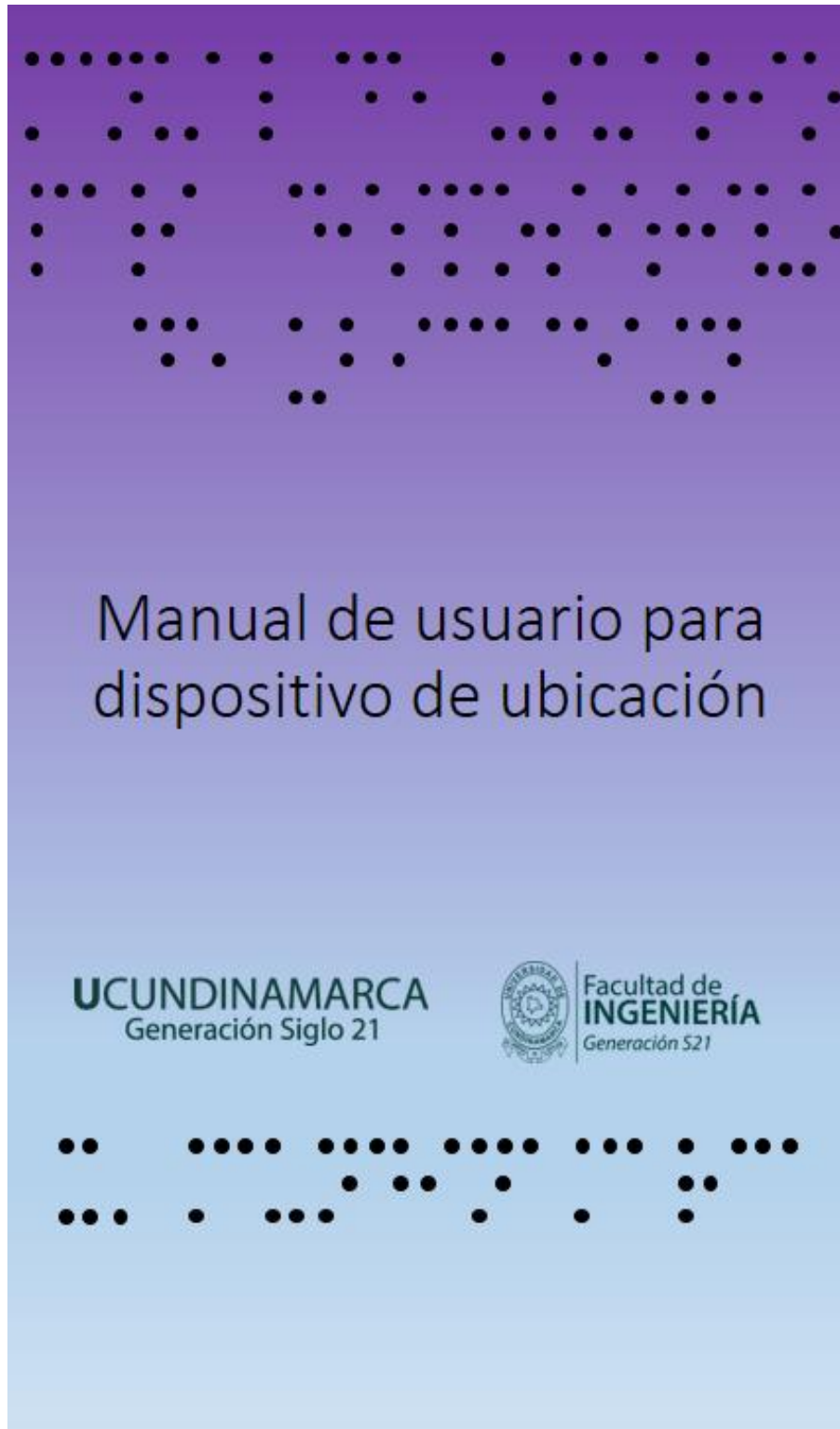


Latitud



Link: <https://goo.gl/maps/Vw6GTvQ9oon>

A.5. MANUAL DE USUARIO



A continuación, se describe una serie de pasos para identificar los componentes del dispositivo y unas recomendaciones para su buen funcionamiento.

1. Reconocimiento del dispositivo

Se hace reconocimiento táctil de los elementos del dispositivo tales como:

- Punto en esquina que indica que es la cara superior y el frente del dispositivo como se observa en la siguiente ilustración:



ILUSTRACIÓN 1. PARTE FRONTAL DEL DISPOSITIVO

- Puertos de entrada sobresaliente en la superficie para conexión de audífonos, y entrada de conexión a la batería, estos se visualizan en la ilustración 2:



ILUSTRACIÓN 2. PUERTOS DE CONEXIÓN

2. Descripción de encendido y apagado

El dispositivo se alimenta a través de una batería portátil, por lo cual es necesario hacer un reconocimiento táctil del botón de encendido y apagado que se observa en la siguiente ilustración, además de reconocer la entrada del puerto, que permitirá conectar el cable al dispositivo o al cargador.



ILUSTRACIÓN 3. BATERÍA

3. Descripción de ubicación en el brazalete

Se hace un reconocimiento del brazalete, pues este, se portará en el brazo, donde el dispositivo ira ubicado en la parte delantera como se indicó en el numeral uno, y la batería se transportará en la parte de atrás del brazo del usuario, esto se observa en la ilustración 4:



ILUSTRACIÓN 4. BRAZALETE

4. Descripción de funcionamiento

Al encender el dispositivo este emitirá un mensaje el cual indica que el dispositivo está realizando la conexión satelital, la cual puede tardar hasta 3 minutos, una vez establecida la conexión con los satélites, el dispositivo iniciará con las indicaciones sobre cuál es el lugar en que se encuentra el usuario, cuando se detecta que el usuario esta está en una de las 22 zonas, se tiene en cuenta la dirección en la que este dirigiéndose. Si el usuario cambia de dirección de forma inmediata luego de una indicación del dispositivo, se advierte que es necesario esperar una nueva indicación para que el dispositivo reconozca nuevamente la dirección de forma acertada. Si el dispositivo no reconoce la zona emitirá un mensaje indicando que está buscando la ubicación.

A.6. CÓDIGO

```
//////////////////////////////////// U de Cundinamarca
////////////////////////////////////Diseño del prototipo de un sistema de ubicación para personas
invidentes en la universidad de Cundinamarca sede
Fusagasugá////////////////////////////////////
//////////////////////////////////// Realizado por:
//Rojas Sandoval Sindi Angélica
//Torres Novoa Maryori Gineth
// Asesor: Ingeniero Ismael Enrique Roa Laguado

#include <TinyGPS++.h> //Biblioteca GPS
#include <SoftwareSerial.h> //Serial
#include <Wtv020sd16p.h> //Biblioteca del módulo
reproductor
#include <Wire.h> //Biblioteca
#include <Adafruit_Sensor.h> //Biblioteca modulo brújula
#include <Adafruit_HMC5883_U.h> //Biblioteca modulo brújula
// Asignación de identificación a la brújula
Adafruit_HMC5883_Unified mag = Adafruit_HMC5883_Unified(12345); //Se
inicializa brujula
int resetPin = 2; // The pin
number of the reset pin. MODULO REPRODUCTOR
int clockPin = 3; // The pin
number of the clock pin. MODULO REPRODUCTOR
int dataPin = 6; // The pin
number of the data pin. MODULO REPRODUCTOR
int busyPin = 7; // The pin
number of the busy pin. MODULO REPRODUCTOR
static const int RXPin = 4, TXPin = 3; //Asiganación pin
RX y TX de GPS
static const uint32_t GPSBaud = 9600; //Asiganación
baudios de GPS
Wtv020sd16p wtv020sd16p(resetPin,clockPin,dataPin,busyPin); //Inicialización
de variables modulo reproductor
// The TinyGPS++ object
TinyGPSPlus gps; //Llamado de biblioteca
de GPS
SoftwareSerial ss(RXPin, TXPin); //Conexión serial de
dispositivo GPS
int z=0; //Variable global utilizada para guardar
valor anterior
```

```

int sum=0; //Variable global utilizada para guardar el valor de
una sumatoria
void setup(void)
{
  wtv020sd16p.reset(); //Reset para modulo
reproductor de voz
  Serial.begin(9600); //Baudios de serial
  ss.begin(GPSBaud); //Baudios GPS
  if(!mag.begin()) // Si hay algún problema con el HMC5883 sale el
aviso de que revise las conexiones
  {
    Serial.println("Ooops, no se ha detectado el HMC5883 ... revisa las conexiones!");
    while(1);
  }
  sensor_t sensor; //Inicializa brújula
  mag.getSensor(&sensor); //Inicializa brújula
}

void loop(void)
{
  int pun=coordenadas(); //Llamado de función coordenadas
//En la variable pun se guarda el valor de la ubicación actual, ya sea cualquiera de los
22 puntos o un punto sin clasificar
  if(pun>=1 && pun<=111) //Si el valor de la variable pun esta entre 1 y 111
entra al ciclo
  {
    int nota; //Se inicializa
la variable nota
    Serial.println(pun);
    int dir= direc(); //Se llama la función direc, que devuelve un valor que
se guarda en la variable dir, dicho valor representa la dirección del usuario
    Serial.println(dir);
    //Serial.print("memoria ");
    //Serial.println(z);
    nota=decidir(pun, dir, z); //Se llama la función decidir, y devuelve un
valor que se guardara en la variable nota
    //Se envía a la función decidir los valores que posean las variables pun,
dir y z
    //La variable z contiene el valor del valor anterior a nota
    Serial.println(nota);
    reproducir(nota,z); //Se llama la variable reproducir, esta no devolverá
ningún valor
    //Se envía a la función el valor de la variable nota, para que se reproduzca algún
sonido pregrabado

```



```

        delay(5000); //Se genera un delay con el tiempo máximo de
los audios
    }}

////////// Función para Establecer punto en la universidad //////////
int coordenadas()
{
    int dato;
    while (ss.available() > 0)
        if (gps.encode(ss.read())) //Serial.print(F("Location:
"));
        if (gps.location.isValid())
        {
            Serial.println(gps.location.lat(), 6); //Lectura
de latitud
            Serial.println(gps.location.lng(), 6); //Lectura
de longitud

            if(((gps.location.lat())>=4.335401)&&(gps.location.lat())<=4.335446)&&((gps.location.ln
g())>=-74.370582)&&(gps.location.lng())<=-74.370521)))
                { // Serial.println(F("Camino hacia cancha de tenis"));
                    dato=56; }
            else {

            if(((gps.location.lat())>=4.335123)&&(gps.location.lat())<=4.335556)&&((gps.location.ln
g())>=-74.371337)&&(gps.location.lng())<=-74.370368)))
                { // Serial.println(F("Sativa"));
                    dato=61; }
                else {
            if(((gps.location.lat())>=4.334827)&&(gps.location.lat())<=4.335165)&&((gps.location.ln
g())>=-74.371025)&&(gps.location.lng())<=-74.370666)))
                { // Serial.println(F("Plaza de niños"));
                    dato=66; }
                else {

            if(((gps.location.lat())>=4.334923)&&(gps.location.lat())<=4.33517)&&((gps.location.ln
g())>=-74.37046)&&(gps.location.lng())<=-74.370384)))
                { // Serial.println(F("CyD"));
                    dato=51; }
                else {

```

```

if(((gps.location.lat())>=4.335215)&&(gps.location.lat())<=4.335282))&&((gps.location.Ing()>=-74.37001)&&(gps.location.Ing())<=-74.369934)))
    { // Serial.println(F("Cancha multiple"));
      dato=41; }
    else {

if(((gps.location.lat())>=4.33525)&&(gps.location.lat())<=4.335324))&&((gps.location.Ing()>=-74.370292)&&(gps.location.Ing())<=-74.370269)))
    { // Serial.println(F("Cafeteria edu fisicos "));
      dato=46; }
    else {

if(((gps.location.lat())>=4.334651)&&(gps.location.lat())<=4.335056))&&((gps.location.Ing()>=-74.370468)&&(gps.location.Ing())<=-74.37004)))
    { // Serial.println(F("Bloque B"));
      dato=31; }
    else {

if(((gps.location.lat())>=4.334573)&&(gps.location.lat())<=4.334753))&&((gps.location.Ing()>=-74.369979)&&(gps.location.Ing())<=-74.369911)))
    { // Serial.println(F("6 de mayo "));
      dato=26; }
    else {

if(((gps.location.lat())>=4.334914)&&(gps.location.lat())<=4.335085))&&((gps.location.Ing()>=-74.370094)&&(gps.location.Ing())<=-74.369842)))
    { // Serial.println(F("Laboratorios"));
      dato=36; }
    else {

if(((gps.location.lat())>=4.334831)&&(gps.location.lat())<=4.334939))&&((gps.location.Ing()>=-74.369819)&&(gps.location.Ing())<=-74.369735)))
    { // Serial.println(F("Kiosco"));
      dato=21; }
    else {

if(((gps.location.lat())>=4.33469)&&(gps.location.lat())<=4.33477))&&((gps.location.Ing()>=-74.369766)&&(gps.location.Ing())<=-74.369644)))
    { //Serial.println(F("Biblioteca"));
      dato=11; }
    else {

```

```

if(((gps.location.lat())>=4.334309)&&(gps.location.lat())<=4.334353)&&((gps.location.In
g())>=-74.369583)&&(gps.location.lng())<=-74.369491)))
    { //Serial.println(F("Bloque de
administración"));
        dato=6; }
    else {

if(((gps.location.lat())>=4.334164)&&(gps.location.lat())<=4.334253)&&((gps.location.In
g())>=-74.369537)&&(gps.location.lng())<=-74.369384)))
    { // Serial.println(F("entrada"));
        dato=1; }

//
if(((gps.location.lat())>=4.334061)&&(gps.location.lat())<=4.338156)&&((gps.location.In
g())>=-74.371658)&&(gps.location.lng())<=-74.369209)))
    { // {
        // Serial.print(F("Bloques F y E"));
        // }
    }
    else {

if(((gps.location.lat())>=4.336942)&&(gps.location.lat())<=4.336973)&&((gps.location.In
g())>=-74.37136)&&(gps.location.lng())<=-74.371208)))
    { // Serial.println(F("Emilio
sierra"));
        dato=106; }
    else {

if(((gps.location.lat())>=4.336236)&&(gps.location.lat())<=4.336347)&&((gps.location.In
g())>=-74.371353)&&(gps.location.lng())<=-74.37117)))
    { // Serial.println(F("Entrada
de cancha"));
        dato=101; }
    else {

if(((gps.location.lat())>=4.335721)&&(gps.location.lat())<=4.335945)&&((gps.location.In
g())>=-74.371147)&&(gps.location.lng())<=-74.371086)))
    { //
        Serial.println(F("Gimnasio"));
        dato=96; }
    else {

if(((gps.location.lat())>=4.335669)&&(gps.location.lat())<=4.335692)&&((gps.location.In
g())>=-74.370864)&&(gps.location.lng())<=-74.370811)))

```

```

Serial.println(F("Parqueadero gimnasio"));
//
dato=91; }
else {

if(((gps.location.lat())>=4.33534)&&(gps.location.lat())<=4.335424)&&((gps.location.lng
())>=-74.371353)&&(gps.location.lng())<=-74.371253)))
//
Serial.println(F("Parqueadero FyE"));

dato=81; }
else {

if(((gps.location.lat())>=4.334512)&&(gps.location.lat())<=4.335242)&&((gps.location.ln
g())>=-74.371757)&&(gps.location.lng())<=-74.371452)))
//
Serial.println(F("Laboratorio quimica"));

dato=76; }
else {

if(((gps.location.lat())>=4.334697)&&(gps.location.lat())<=4.334856)&&((gps.location.ln
g())>=-74.37078)&&(gps.location.lng())<=-74.370666)))
//
Serial.println(F("Bienestar"));

dato=71; }

else
{

if(((gps.location.lat())>=4.335324)&&(gps.location.lat())<=4.335446)&&((gps.location.ln
g())>=-74.370979)&&(gps.location.lng())<=-74.370803)))
//
Serial.println(F("Bloques F y E"));

dato=86;
}

else {

if(((gps.location.lat())>=4.334981)&&(gps.location.lat())<=4.335278)&&((gps.location.ln
g())>=-74.369903)&&(gps.location.lng())<=-74.369354)))

// Serial.println(F("Entrada aula multiple"));

dato=16;

```



```

//Serial.print("N "); Serial.println(muestraangulo);
ubi=300;
delay(500);}
if (muestraangulo > 15 && muestraangulo <= 75){
//Serial.print("NE "); Serial.println(muestraangulo);
ubi=300;
delay(500);}

if (muestraangulo > 75 && muestraangulo <= 105){
//Serial.print("E "); Serial.println(muestraangulo);
ubi=500;
delay(500);}

if (muestraangulo > 105 && muestraangulo <= 165){
//Serial.print("SE "); Serial.println(muestraangulo);
ubi=500;
delay(500);}

if(muestraangulo > 165 && muestraangulo <= 195){
//Serial.print ("S "); Serial.println(muestraangulo);
ubi=200;
delay(500);}

if(muestraangulo > 195 && muestraangulo <= 255){
//Serial.print ("SW "); Serial.println(muestraangulo);
ubi=200;
delay(500);}

if(muestraangulo > 255 && muestraangulo <= 310){
//Serial.print ("W "); Serial.println(muestraangulo);
ubi=400;
delay(500);}

if(muestraangulo > 310 && muestraangulo <= 350){
// Serial.print ("NW "); Serial.println(muestraangulo);
ubi=300;
delay(500);}
return ubi;}

```

//////////////////////////////////// Fin de la función brújula //////////////////////////////////////

//////////////////////////////////// Función decidir dependiendo dirección y posición //////////////////////////////////////
//Inicialmente la función decidir recibe los valores de la ubicación actual

```

        //Dirección del usuario
        //Variable donde se encuentra el valor anterior (memoria)
int decidir(int x, int y, int a)
{ int final=0;
  if (((x-15)<=a)&&(a<=(x+15))||a==0){          //Si el dato anterior no es un
punto cercano no siga con el proceso debido a que es un posible error
        if(y==500){ //Si la dirección corresponde a 500 la dirección está
entre sur-suroccidente
                //Serial.println ("sur-suroccidente");
                final=x+2;          //Entonces al valor de ubicación se le
sumara 2}

                if(y==200){ //Si la dirección corresponde a 200 la dirección está
entre norte-nororient
                //Serial.println ("norte-nororient ");
                final=x+1;          //Entonces al valor de ubicación se le
sumara 1 }

                if(y==300){ //Si la dirección corresponde a 300 la dirección está
entre occidente-noroccidente
                //Serial.println ("occidente-noroccidente ");
                final=x+3;          //Entonces al valor de ubicación se le
sumara 3}

                if(y==400){ //Si la dirección corresponde a 400 la dirección está
entre oriente-surorient
                //Serial.println ("oriente-surorient ");
                final=x+4;          //Entonces al valor de ubicación se le sumara 4}
// memoria =a
  z=final; //Se le asigna a la variable global el valor de la variable final, para que
este guarde el valor del último dato
  if(final==a) //Si la memoria es igual al valor de final
    {sum=sum+1;} //A la variable sum se le sumara 1 más si misma
    else {sum=0;} //Si no son iguales las variables de la memoria y final se reinicia la
variable sum
  return final; //Se devuelve el valor de final }
}

```

//////////////////// Fin de Función de decidir //////////////////////////////////////

//////////////////// Función para reproducir sonidos pregrabados //////////////////////////////////////

```

int reproducir(int voz, int a) //La función reproducir recibe el valor de voz que es
el mismo que final
{ if (sum<5|sum==0) //Si sum se encuentra entre
o y 5
{ //Se reproduce el audio que este guardado con el valor de la
variable voz
wtv020sd16p.playVoice(voz);
wtv020sd16p.stopVoice();
}
if(sum>=5)
{//Serial.println(" .....No es posible reproducir"); } }
//////////////////// Fin de la función de reproducir //////////////////////
//////////////////// FIN //////////////////////

```