	GESTIÓN DE SERVICIOS ACADÉMICOS Y BIBLIOTECARIOS		CÓDIGO	FO-GS-15
	ESQUEMA HOJA DE RESUMEN		VERSIÓN	02
			FECHA	03/04/2017
			PÁGINA	1 de 1
ELABORÓ		REVISÓ	APROBÓ	
Jefe División de Biblioteca		Equipo Operativo de Calidad	Líder de Calidad	

RESUMEN TRABAJO DE GRADO

AUTOR(ES):

NOMBRE(S): RICHARD ANDRES APELLIDOS: GUERRERO GALVIS

NOMBRE(S): DUVAN ALEXIS APELLIDOS: MARTINEZ REYES

FACULTAD: INGENIERÍA

PLAN DE ESTUDIOS: INGENIERÍA INDUSTRIAL

DIRECTOR:

NOMBRE(S): ÓSCAR APELLIDOS: MAYORGA TORRES

TÍTULO DEL TRABAJO (TESIS): **PROPUESTA DE LOCALIZACIÓN DE PLATAFORMAS DE SERVICIO DE TRANSPORTE PÚBLICO DE BICICLETAS DE LA UFPS EN LA CIUDAD DE SAN JOSÉ DE CÚCUTA EMPLEANDO TÉCNICAS DE INGENIERÍA.**

La bicicleta es uno de los medios de transporte altamente significativos para mitigar el impacto ambiental en el mundo, por esto la tendencia global es crear sistemas de bicicletas públicos para lograr ciudades más sostenibles. En Colombia la ciudad que reporta la mayor cantidad de viajes por día es Bogotá, pero, es Medellín quien tiene el sistema de bicicletas público más importante del país, a diario se transportan 3844 personas en el sistema, de las cuales el 20% son estudiantes, dato que se asemeja al encontrado en la investigación teniendo que, el 18% de los viajes realizados hacia la UFPS son en bicicletas, además con un índice de usabilidad del 81%. El presente trabajo propone la ubicación de estaciones para un sistema de bicicletas público para la población flotante UFPS, desarrollado bajo técnicas de ingeniería cuantitativas (Modelo Centro de gravedad – Modelo Carga Distancia) y cualitativas (Modelo AHP), las cuales arrojan un resultado de 20 estaciones dentro del sistema distribuidas en 9 de las 10 comunas de la ciudad, con una capacidad de 1000 espacios disponibles para suplir el 118% del total de viajes realizados (849) hacia la UFPS.

PALABRAS CLAVES: BICICLETA, BICIUSUARIO, CICLOESTACIÓN, SBP, LOGÍSTICA.

CARACTERÍSTICAS:

PÁGINAS: 118 PLANOS: ILUSTRACIONES: CD ROOM:

PROPUESTA DE LOCALIZACIÓN DE PLATAFORMAS DE SERVICIO DE
TRANSPORTE PÚBLICO DE BICICLETAS DE LA UFPS EN LA CIUDAD DE SAN JOSÉ
DE CÚCUTA EMPLEANDO TÉCNICAS DE INGENIERÍA

AUTORES

RICHARD ANDRÉS GUERRERO GALVIS

DUVAN ALEXIS MARTINEZ REYES

UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER

FACULTAD DE INGENIERÍA

PLAN DE ESTUDIOS INGENIERÍA INDUSTRIAL

CÚCUTA

2021

PROPUESTA DE LOCALIZACIÓN DE PLATAFORMAS DE SERVICIO DE
TRANSPORTE PÚBLICO DE BICICLETAS DE LA UFPS EN LA CIUDAD DE SAN JOSÉ
DE CÚCUTA EMPLEANDO TÉCNICAS DE INGENIERÍA

AUTORES

RICHARD ANDRÉS GUERRERO GALVIS

DUVAN ALEXIS MARTINEZ REYES

Trabajo de grado para optar al título de Ingeniero Industrial

DIRECTOR

ÓSCAR MAYORGA TORRES

INGENIERO INDUSTRIAL

MAGISTER EN INGENIERÍA INDUSTRIAL

UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER

FACULTAD DE INGENIERÍA

PLAN DE ESTUDIOS INGENIERÍA INDUSTRIAL

CÚCUTA

2021

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TRABAJO DE GRADO

FECHA: 26 de Febrero, 2021

HORA: 08:00 a.m.

LUGAR: GOOGLE MEET – CORREO INSTITUCIONAL UFPS

PLAN DE ESTUDIOS: INGENIERIA INDUSTRIAL

TÍTULO DE LA TESIS: “PROPUESTA DE LOCALIZACIÓN DE PLATAFORMAS DE SERVICIO DE TRANSPORTE PÚBLICO DE BICICLETA DE LA UFPS EN LA CIUDAD DE SAN JOSÉ DE CÚCUTA EMPLEANDO TECNICAS DE INGENIERIA”.

JURADOS: LUIS FRANCISCO SAYAGO GOMEZ
ALVARO JUNIOR CAICEDO ROLON

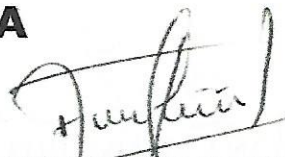
DIRECTOR: OSCAR MAYORGA TORRES

NOMBRE DEL ESTUDIANTE	CÓDIGO LETRA	NÚMERO	CALIFICACIÓN
DUVAN ALEXIS MARTINEZ REYES	1191979	cuatro, cinco	4,5
RICHARD ANDRÉS GUERRERO GALVIS	1191899	cuatro, cinco	4,5

MERITORIA



LUIS FRANCISCO SAYAGO GOMEZ



ALVARO JUNIOR CAICEDO ROLON



Vo.Bo GAUDY CAROLINA PRADA BOTIA
Director Plan de Estudios
Ingeniería Industrial
Magda M.



Vigilada Mineducación

GESTIÓN DE SERVICIOS ACADÉMICOS Y BIBLIOTECARIOS



**CARTA DE AUTORIZACIÓN DE LOS AUTORES PARA
LA CONSULTA, LA REPRODUCCIÓN PARCIAL O TOTAL Y LA PUBLICACIÓN
ELECTRÓNICA DEL TEXTO COMPLETO**

Cúcuta,

Señores

BIBLIOTECA EDUARDO COTE LAMUS

Ciudad

Cordial saludo:

Yo **RICHARD ANDRES GUERRERO GALVIS**, identificado con la C.C. N° 1.090.509.524 y, yo **DUVAN ALEXIS MARTINEZ REYES**, identificado con la C.C. N° 1.090.502.987, autor(es) de la tesis y/o trabajo de grado titulado **PROPUESTA DE LOCALIZACIÓN DE PLATAFORMAS DE SERVICIO DE TRANSPORTE PÚBLICO DE BICICLETAS DE LA UFPS EN LA CIUDAD DE SAN JOSÉ DE CÚCUTA EMPLEANDO TÉCNICAS DE INGENIERÍA** presentado y aprobado en el año 2021 como requisito para optar al título de INGENIERO INDUSTRIAL; autorizo(amos) ala biblioteca de la Universidad Francisco de Paula Santander, Eduardo Cote Lamus, para que con fines académicos, muestre a la comunidad en general a la producción intelectual de esta institución educativa, a través de la visibilidad de su contenido de la siguiente manera:

- los usuarios pueden consultar el contenido de este trabajo de grado en la página web de la Biblioteca Eduardo Cote Lamus y en las redes de información del país y el exterior, con las cuales tenga convenio la Universidad Francisco de Paula Santander.
- Permita la consulta, la reproducción, a los usuarios interesados en el contenido de este trabajo, para todos los usos que tengan finalidad académica, ya sea en formato CD-ROM o digital desde Internet, Intranet etc.; y en general para cualquier formato conocido o por conocer.

Lo anterior, de conformidad con lo establecido en el artículo 30 de la ley 1982 y el artículo 11 de la decisión andina 351 de 1993, que establece que “**los derechos morales del trabajo son propiedad de los autores**”, los cuales son irrenunciables, imprescriptibles, inembargables e inalienables.

C.C. 1.090.509.524

C.C. 1.090.502.987

Agradecimiento

Agradecemos en primera instancia al Alma Mater Universidad Francisco de Paula Santander, que nos abrió las puertas para empoderarnos a través de la educación como Ingenieros Industriales. Agradecer a todos los profesores y directivos que nos dieron la mejor orientación posible. Gracias a esto, hoy presentamos con honor el presente trabajo.

Agradecemos a nuestro director, el Ingeniero Oscar Mayorga Torres por brindarnos los conocimientos técnicos para la ejecución del presente trabajo. Gracias por la paciencia, la experiencia investigativa y la dedicación aportada.

Agradecemos a nuestro mentor en investigación el Ingeniero Fabián Yesid Dávila López, quien, con su dinamismo en crear estrategias de aprendizaje significativo, logró inculcar en nosotros, la semilla de la investigación. Gracias, hoy día florece en este gran trabajo.

Agradecemos igualmente a nuestra familia SIUGF (Semillero de Investigación Unidad de Gestión y Finanzas) quien fue nuestro pilar, estandarte y orgullo mientras hicimos parte del mismo. Gracias colegas porque no hay mayor honor que ser parte de una familia dispuesta a mejorar lo que encontramos y dejar un legado.

Dedicatoria

Dedico este trabajo, a las personas más importantes en mi vida, mi madre María Antonia Reyes Parra y mi padre Henry Amílcar Martínez Moreno, quienes me formaron en principios éticos y morales, quienes con esfuerzo y dedicación me llevaron en el camino de la educación superior, quienes pasaron por muchas situaciones con tal de darme la mejor educación y verme ser profesional. Agradezco enormemente a mis hermanos Henry Sneyder Martinez y Jonathan Martinez.

Dedico este trabajo a mi segundo papá y mi formador en investigación el Ingeniero Fabián Yesid Dávila López, el cuál agradezco a la vida por cruzarme con él y mostrarme el camino de investigación.

Dedico este trabajo a la persona que me ha acompañado en este trayecto de mi vida y siempre ha estado a mi lado incondicionalmente, mi compañera de vida: Ángela María Rodríguez Bueno.

Dedico este trabajo, a quienes me han dado su amistad y me han apoyado durante mi vida de colegio y mi vida universitaria, agradezco principalmente a mi amigo de infancia Jaime Rivera, quien desde que tengo memoria ha estado conmigo en las buenas y en las malas, hago mención dedicada a mi segunda familia (mis hermanos) Jhoan Contreras, Alex Nuñez, Brayán Acero, Julian y Hugo Badillo

-Duvan Alexis Martinez Reyes

Primeramente, dedico estas líneas de agradecimiento al concepto que el entorno me ha permitido crear como Dios, por el soporte y la fe de que esta realidad puede ser mejorada.

Agradezco enormemente a quien forjo en mí el concepto de amor mediante una promesa: hoy estoy aquí para cumplirla. Aunque no estés para disfrutarla en este plano, sé cuan orgullosa estas Luz Marina.

A mis tíos les agradezco cada grano de arena aportado, cada enseñanza, cada esfuerzo, y cada segundo que le han dedicado a esta noble causa. La adaptabilidad ante las circunstancias y la comprensión del progreso son regalos que siempre me definirán: Omar y Mariela.

El carácter, la fuerza de voluntad y realmente conocer a mi padre se lo debo a la señora Rosalba.

Estoy muy orgulloso de saber que todos merecemos una segunda oportunidad, señor Ramón.

Queridos hermanos de la vida, no se imaginan cuanto los amo, espero siempre estar a su lado.

Queridos amigos, gracias por lidiar conmigo y mis locuras.

A mis sobrinos, porque son mi horizonte. Espero poder guiarlos y también dejar el legado de que el momento de brillar es ahora.

-Richard Andrés Guerrero Galvis

Contenido

Introducción	17
Capítulo 1. El problema	19
1.1. Título	19
1.2. Planteamiento del problema	19
1.3. Formulación del problema	22
1.4. Justificación	22
1.5. Objetivos	23
1.5.1. General.	23
1.5.2. Específicos.	23
1.6. Alcances y delimitaciones	24
1.6.1. Conceptual.	24
1.6.2. Espacial.	24
1.6.3. Temporal.	24
1.6.4. Operativa.	24
1.6.5. Cultural.	24
Capítulo 2. Marco referencial	25
2.1. Antecedentes	25
2.1.1. Antecedentes internacionales.	25

2.1.2. Antecedentes nacionales.	26
2.1.3. Antecedentes locales.	27
2.2. Marco teórico	29
2.2.1. Logística.	29
2.2.2. Movilidad.	29
2.2.3. Logística urbana.	29
2.2.4. Plataformas urbanas.	29
2.2.5. Macro Localización.	29
2.3. Marco conceptual	30
2.3.1. Logística urbana.	30
2.3.2. Movilidad.	30
2.3.3. Ciclo estaciones.	30
2.3.4. Modelos de Macro Localización.	30
2.4. Marco contextual	35
2.5. Marco legal	38
Capítulo 3. Diseño metodológico	41
3.1. Tipo de investigación	41
3.2. Desarrollo metodológico	42
3.3. Población y muestra	43
3.4. Instrumentos o técnicas para la recolección de información.	44

3.4.1. Fuentes primarias.	44
3.4.2. Fuentes secundarias.	44
3.4.3. Instrumentos.	44
3.5. Análisis de la información.	44
Capítulo 4. Desarrollo	45
4.1. Caracterización & diagnóstico	45
4.1.1. Actores.	45
4.1.2. Recursos.	45
4.1.3. Variables.	46
4.1.4. Tabulación y análisis de los datos.	47
4.1.5. Diagnóstico.	51
4.2. Modelamiento matemático para la ubicación de estaciones	53
4.2.1. Centro de gravedad.	58
4.2.2. Carga distancia.	69
4.2.3. Modelo AHP.	71
4.3. Validación de los diferentes escenarios propuestos.	84
4.3.1. Cálculo de capacidad.	85
4.3.2. Métricas de desempeño.	86
4.3.3. Modelo propuesto.	88
4.3.4. Validación de los modelos versus los modelos ya existentes en el país.	91

4.3.5. Definición del sistema propuesto.	92
Conclusiones y recomendaciones	94
Conclusiones	94
Recomendaciones	97
Bibliografía	99

Lista de Tablas

	Pág.
Tabla 1. Puntos estratégicos.	55
Tabla 2. Puntos estratégicos depurados.	57
Tabla 3. Resumen centro de gravedad por cuadrantes	65
Tabla 4. Resumen centro de gravedad por subcuadrantes horizontal	66
Tabla 5. Resumen centro de gravedad por subcuadrantes vertical	67
Tabla 6. Resumen centro de gravedad por subcuadrantes	69
Tabla 7. Carga distancia	70
Tabla 8. Escala Saaty	72
Tabla 9. Estaciones del cuadrante 1.	73
Tabla 10. Estaciones del cuadrante 2.	76
Tabla 11. Estaciones del cuadrante 3.	78
Tabla 12. Estaciones cuadrantes 4	81
Tabla 13. Cálculo de viajes promedios.	85
Tabla 14. Capacidad Promedio	86
Tabla 15. Indicadores de Desempeño	87
Tabla 16. Comparativo métricas de desempeño carga distancia y modelo propuesto.	90
Tabla 17. Validación Modelos Nacionales	91
Tabla 18. Estaciones del modelo propuesto	96

Lista de Figuras

	Pág.
Figura 1. Mapa Índice de Calidad del Aire (Estaciones Manuales de Medición).	20
Figura 2. Árbol de problemas.	21
Figura 3. Línea de tiempo de la evolución de los principales SPB	28
Figura 4. Descripción de métodos de localización.	34
Figura 5. Estructura general de AHP.	35
Figura 6. Características Sociodemográficas UFPS.	36
Figura 7. Límites geográficos UFPS- Sede Cúcuta	37
Figura 8. Delimitación zona de estudio.	37
Figura 9. Marco legal.	40
Figura 10. Fases de la metodología.	42
Figura 11. Resumen población, Muestra y Variables.	43
Figura 12. Estaciones e parqueo UFPS.	45
Figura 13. Rol en la UFPS	47
Figura 14. Días que se frecuentan por parte de la población UFPS	48
Figura 15. Motivo de los viajes hacia la UFPS	48
Figura 16. Origen de la población UFPS	49
Figura 17. Disposición de querer usar la bicicleta como medio de transporte	50
Figura 18. Población con bicicleta propia y población dispuesta a usar BICI UFPS	50
Figura 19. Cantidad de beneficiarios del proyecto En Bici a La U.	51
Figura 20. Sobrecupo en plataformas de parque de bicicletas.	53

Figura 21. Mapa de localización de puntos estratégicos.	54
Figura 22. Mapa localización de puntos estratégicos depurados	57
Figura 23. División por cuadrantes	58
Figura 24. Mapa Localización Centro de Gravedad con 1 Cuadrante	59
Figura 25. Resultado Centro de Gravedad.	60
Figura 26. Centro de gravedad central.	60
Figura 27. Mapa Localización Centro de Gravedad con 2 Cuadrantes en Horizontal	61
Figura 28. Centro de gravedad horizontal superior.	62
Figura 29. Centro de gravedad horizontal inferior	62
Figura 30. Mapa Localización Centro de Gravedad con 2 Cuadrantes en Vertical	63
Figura 31. Centro de gravedad vertical izquierdo	64
Figura 32. Centro de gravedad vertical derecho.	64
Figura 33. Mapa Localización Centro de Gravedad con 4 Cuadrantes	65
Figura 34. Mapa Localización Centro de Gravedad Con 8 Cuadrantes en Horizontal	66
Figura 35. Mapa Localización Centro de Gravedad Con 8 Cuadrantes en Vertical	67
Figura 36. Mapa Localización Centro de Gravedad Con 8 Cuadrantes en Vertical	68
Figura 37. mapa localización carga distancia	71
Figura 38. Matriz de comparación de criterios	72
Figura 39. Índice de consistencia de la comparación de criterios	73
Figura 40. Matriz de comparación cuadrante I - Seguridad	74
Figura 41. Índice de consistencia cuadrante I – Seguridad	74
Figura 42. Matriz de comparación cuadrante I – Disponibilidad	74
Figura 43. Índice de consistencia cuadrante I – Disponibilidad	75

Figura 44. Matriz de comparación cuadrante I – Distancia.	75
Figura 45. Índice de consistencia cuadrante I – Distancia.	75
Figura 46. Matriz de comparación cuadrante II – Seguridad.	76
Figura 47. Índice de consistencia cuadrante II – Seguridad	76
Figura 48. Matriz de comparación cuadrante II – Disponibilidad	77
Figura 49. Índice de consistencia cuadrante II – Disponibilidad	77
Figura 50. Matriz de comparación cuadrante II – Distancia	77
Figura 51. Índice de consistencia cuadrante II – Distancia	78
Figura 52. Matriz de comparación cuadrante III – Seguridad	79
Figura 53. Índice de consistencia cuadrante III – Seguridad	79
Figura 54. Matriz de comparación cuadrante III – Disponibilidad	79
Figura 55. Índice de consistencia cuadrante III - Disponibilidad	80
Figura 56. Matriz de comparación cuadrante III – Distancia.	80
Figura 57. Índice de consistencia cuadrante III – Distancia	80
Figura 58. Matriz de comparación de cuadrante IV – Seguridad	81
Figura 59. Índice de consistencia cuadrante IV - Seguridad	81
Figura 60. Matriz de comparación cuadrante IV – Disponibilidad	82
Figura 61. Índice de consistencia cuadrante IV – Disponibilidad	82
Figura 62. Matriz de comparación cuadrante IV – Distancia	82
Figura 63. Índice de consistencia cuadrante IV - Distancia	83
Figura 64. Estaciones seleccionadas por el modelo AHP	83
Figura 65. Mapa Localización AHP	84
Figura 66. Comparativa Capacidad Promedio	86

Figura 67. Mapa Localización Plataformas Propuestas

89

Figura 68. Capacidad del modelo propuesto

89

Introducción

Los sistemas públicos de transporte (SPT) son de vital importancia para el desarrollo sostenible de las ciudades del siglo XXI, debido a que proporcionan la matriz donde convergen los diferentes sistemas productivos de una economía. Durante décadas, el transporte ha sido considerado como un enlace a todos los aspectos de la vida en todo el mundo. “En este caso, el entorno natural, el bienestar social y el desarrollo económico del mundo generalmente dependen de los sistemas de transporte” (Bamwesigye, 2019).

En este orden de ideas, el progreso sostenible de una región está vinculado directamente al nivel de organización y a la capacidad de conectar los sistemas productivos, con la visión de permitir a las siguientes generaciones un ambiente lo más sano posible. “En relación con el desarrollo de la sociedad y la intensificación de las relaciones internacionales debido a los procesos de globalización, la importancia del transporte como factor para el desarrollo económico y social ha aumentado” (Skorobogatova, & Merlino, 2017). Es decir, gracias a la sinergia de un SPT un territorio se ve influenciado, lo cual hace que se convierta en un tema atractivo de estudio con el fin de incidir en la mejora de las condiciones de vida de la población.

“El transporte público urbano puede contribuir a un mayor bienestar de las personas y a un desarrollo sostenido de las ciudades” (Heredero, et al. 2012). Entre estos sistemas de transporte público se encuentran los sistemas públicos de bicicletas, que de manera directa mejoran la movilidad de las personas. “Muchas ciudades de todo el mundo han adoptado los sistemas de bicicletas compartidas (*Bike Sharing*) para ofrecer una alternativa a los vehículos personales y al transporte público clásico” (Leclaire & Couffin, 2018). “Los beneficios más importantes son: la reducción de inversiones en el control de la contaminación ambiental y los sistemas de salud, el

mejoramiento de la movilidad urbana, el desarrollo del turismo, y otros efectos económicos positivos en las ciudades” (Quintero, 2017).

La investigación esta orientada a proveer mejores experiencias a las personas que convergen hacia y desde la Universidad Francisco de Paula Santander de la Ciudad de San José de Cúcuta (UFPS) al utilizar un medio de transporte limpio como las bicicletas, donde se les pueda suministrar un sistema organizado, eficiente y sobre todo efectivo en cuanto a las necesidades de la población en estudio.

Para el desarrollo de esta propuesta y teniendo en cuenta las técnicas de ingeniería, se toma como principal objeto proponer la localización de plataformas (estacionamientos) de servicio de transporte público de bicicletas empleando técnicas de ingeniería (indicadores de rendimiento GAP's), modelos de macro localización y, análisis multicriterio, para el uso de bicicletas en la UFPS de la Ciudad de San José de Cúcuta.

Capítulo 1. El problema

1.1. Título

Propuesta de localización de plataformas de servicio de transporte público de bicicletas de la UFPS en la ciudad de San José de Cúcuta empleando técnicas de ingeniería

1.2. Planteamiento del problema

“La infraestructura de transporte es una parte integral del sistema de transporte de cualquier ciudad o estado. En relación con el desarrollo social y la intensificación de las relaciones internacionales debido a los procesos de globalización” (Skorobogatova & Kuzmina, 2017). Teniendo en cuenta lo anterior el transporte influencia el desarrollo de una región, es decir, que un importante factor que guarda relación directamente proporcional con el progreso, son sus sistemas de transporte.

América Latina tiene retos sustanciales que afrontar en el sector transporte. Estos retos son económicos, pero también son sociales y ambientales. “La siniestralidad en el tráfico, los problemas de contaminación que generan los vehículos en las calles y las dificultades de financiación sostenible de los sistemas de transporte público, vinculadas a la motorización de automóviles y motocicletas son algunos de esos retos” (Banco de Desarrollo de América Latina, 2018). Conforme a esto las ciudades latinoamericanas deben dirigir sus esfuerzos en optimizar sus operaciones vitales una de ellas: la movilidad.

Para el caso colombiano “Los costos relacionados con la contaminación del aire urbano alcanzan \$12 billones de pesos asociados con 8,600 muertes, y el número de víctimas fatales en accidentes de tránsito se ubicó en 6.479 en el año 2018” (Andemos - Asociación Colombiana de vehículos automotores, 2018).

En la Ciudad de San José de Cúcuta, La Secretaría de Tránsito y Transporte, como principal dependencia responsable, no tiene liderazgo en el tema y su estructura administrativa no permite que esta entidad cuente con recursos físicos, humanos ni técnicos que permitan encaminar de forma adecuada los análisis de información y la toma de las medidas correspondientes que busquen la mitigación de los problemas asociados a una movilidad insegura (Proyecto Mesoamérica, 2015).

Sumado a esto la calidad del aire en la ciudad presenta un sistema de medición manual con nivel aceptables en la calidad del aire (mediciones en 3 puntos de la ciudad) como se muestra a continuación (ver figura 1).

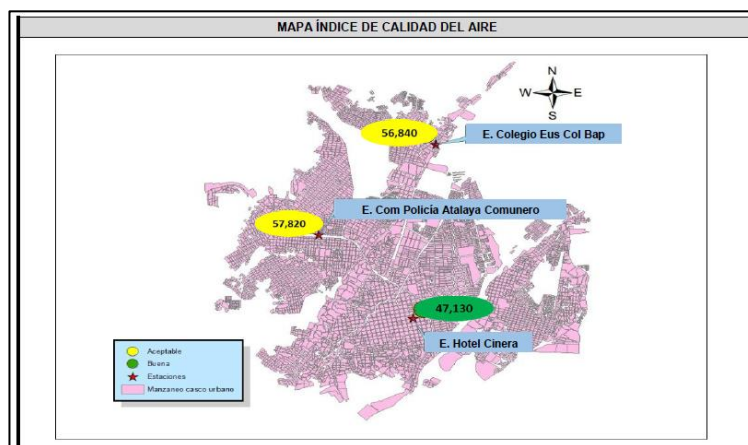


Figura 1. Mapa Índice de Calidad del Aire (Estaciones Manuales de Medición).

Fuente: (Corponor, 2019)

A groso modo la UFPS se encuentra en una etapa crucial en sus procesos de acreditación siendo prioridad consolidar su mejora continua a través del impacto a la comunidad; en esta línea de ideas los diferentes escenarios resultan atractivos para ser objeto de estudio con el fin de optimizar los servicios prestados a la sociedad cucuteña.

Con el fin de generar el panorama general de la problemática encontrada se procede a proporcionar el análisis situacional a través del árbol de problemas como se muestra en el siguiente gráfico (ver figura 2).

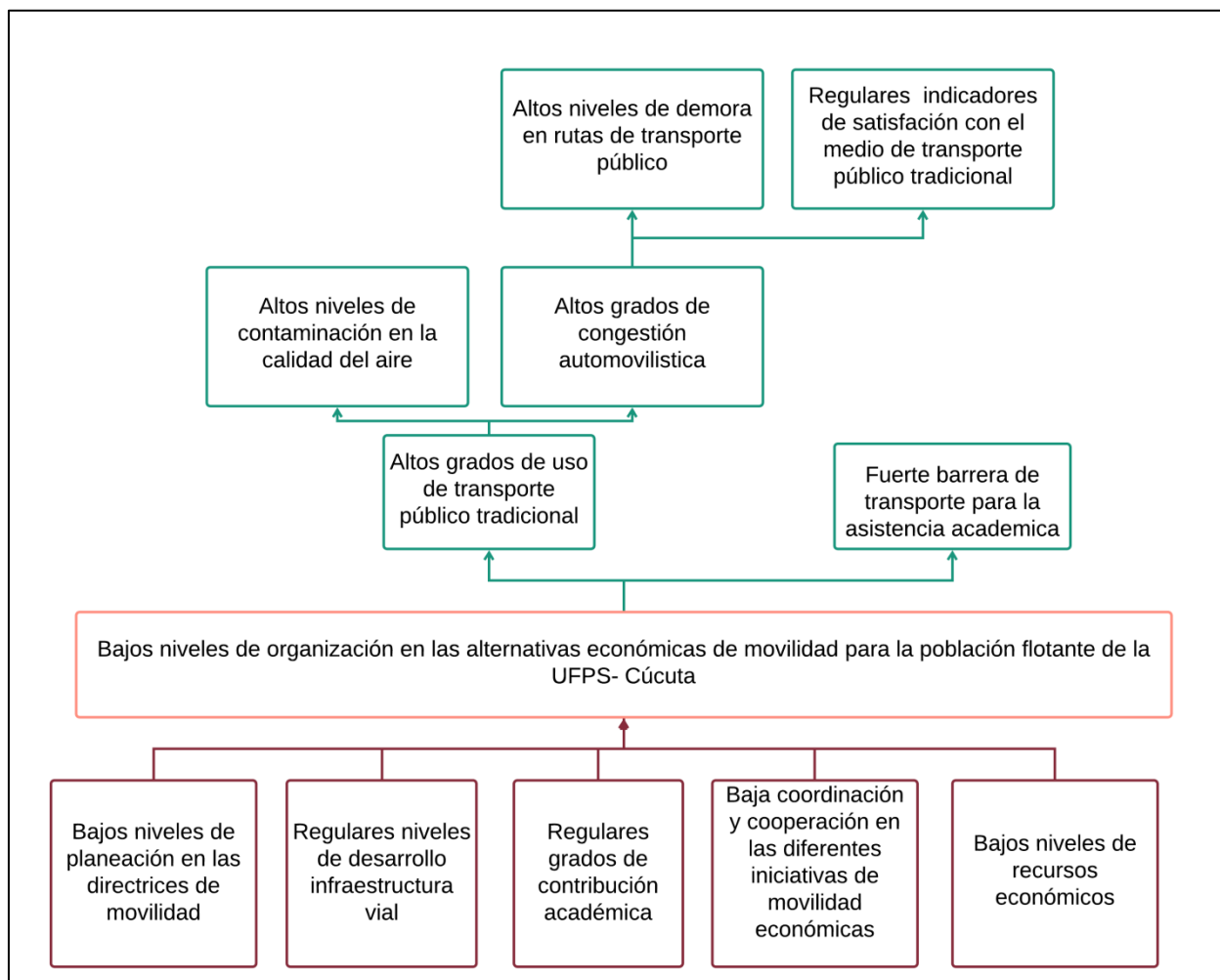


Figura 2. Árbol de problemas.

Se analiza que en conjunto los bajos niveles de planeación en las directrices de movilidad, los regulares niveles de desarrollo en infraestructura, los regulares grados de contribución académica, así como la baja coordinación y cooperación en las diferentes iniciativas de movilidad económica; consiguientemente influyen en el orden de las alternativas de movilidad económica siendo la problemática central los bajos niveles de localización de las alternativas de movilidad para la población flotante de la UFPS.

Como efectos relevantes se generan altos niveles de contaminación en la calidad del aire, los altos niveles de demora en rutas de transporte público tradicional y de manera clara la fuerte barrera de transporte para la asistencia académica en conjunto con los regulares indicadores de satisfacción el uso del transporte público tradicional.

Para resumir, se presenta la necesidad de proponer una localización de las plataformas (ciclo estaciones) para el préstamo del servicio de bicicletas de la UFPS en la ciudad de Cúcuta de manera tal que optimice las alternativas de movilidad económicas para la población flotante de la UFPS.

1.3. Formulación del problema

¿De qué manera se deben localizar las plataformas para el préstamo de servicio de bicicletas de la Universidad Francisco de Paula Santander en la Ciudad de San José de Cúcuta?

1.4. Justificación

“Los sistemas de transporte desempeñan un papel esencial en el desarrollo urbano, económico y social (Cui & Nelson, 2019)”.

A demás, un sistema público de bicicleta (SPB) es, ante todo, un conjunto de múltiples componentes de mobiliario urbano, dispositivos electromecánicos, tecnologías informáticas y de telecomunicación, para facilitar el monitoreo de la operación del sistema con el fin de desplegar la logística para reposicionar o balancear el sistema por medio de la reubicación de bicicletas, para garantizar una adecuada relación entre la oferta y la demanda del sistema, con la mejor calidad y eficiencia (Banco de Desarrollo de América Latina, 2015).

Para prestar el servicio público de bicicletas se requieren plataformas ubicadas estratégicamente para lograr acaparar el mayor uso posible, para ello el estudio pretende utilizar

herramientas de ingeniería para lograr localizar dichas plataformas para a futuro prestar el servicio.

Actualmente, son pocos los apoyos por parte del sector público hacia las contribuciones del sector académico al mejoramiento continuo de las condiciones de vida de quienes habitan la ciudad de Cúcuta. Aunado a ello, la misión planteada desde el programa de ingeniería industrial de la UFPS propone: Formar profesionales integrales capaces de diseñar y optimizar procesos productivos creando valor en las organizaciones a través de la solución a los problemas del sector industrial y de servicios; reconocidos por su calidad académica, cultura del mejoramiento continuo, espíritu emprendedor e investigativo, valores éticos, sociales y ambientales, asumiendo su compromiso con el fortalecimiento y transformación tecnológica, ambiental, social y económica de las organizaciones bajo criterios de sostenibilidad en un mundo globalizado. Dando continuidad a esto se busca con el presente estudio proporcionar las localizaciones óptimas de plataformas para un posterior sistema de público de bicicletas de la UFPS en la Ciudad de Cúcuta, fortaleciendo el perfil profesional de los autores.

1.5. Objetivos

1.5.1. General. Proponer la localización de plataformas (estacionamientos) de servicio de transporte público de bicicletas de la UFPS en la ciudad de San José de Cúcuta empleando técnicas de ingeniería.

1.5.2. Específicos. Diagnosticar el estado de la población flotante que se moviliza en bicicleta hacia la Universidad Francisco de Paula Santander, empleando técnicas valorativas de trabajo de campo.

Estimar la localización óptima de plataformas (estaciones) para bicicletas en la ciudad de Cúcuta haciendo uso de modelamiento matemático y técnicas de macro localización de

instalaciones.

Validar el escenario propuesto a través de la utilización de herramientas cuantitativas de ingeniería a través de experimentación computacional.

1.6. Alcances y delimitaciones

1.6.1. Conceptual. El proyecto tiene como intención suministrar las localizaciones óptimas de estaciones para bicicletas mediante los conceptos de: Logística, logística urbana, movilidad, plataformas urbanas, modelos de macro localización y, modelamiento matemático entre otros.

1.6.2. Espacial. El proyecto se desarrollará en la UFPS de la ciudad de San José de Cúcuta.

1.6.3. Temporal. El proyecto propuesto tendrá una duración de 24 semanas (1 mes = 4 semanas), con una holgura de 8 semanas.

1.6.4. Operativa. Para el desarrollo de los objetivos planteados es necesario no tener restricciones y limitaciones en la recolección de la información. Para tal caso, la implementación desarrollará instrumentos de recolección de datos, como entrevistas, encuestas y, bases de información entre otros.

1.6.5. Cultural. El proceso de transformación de cultura para los estudiantes de la UFPS no se torna mal, ya que los estudiantes por ser jóvenes ya adoptan las bicicletas como un medio de transporte alternativo y son conscientes de este medio, pero, no obstante, se tendría que lograr impactar a nivel normativo sobre el buen uso del mismo.

Capítulo 2. Marco referencial

2.1. Antecedentes

2.1.1. Antecedentes internacionales. Appel & Utreras (2018). Algoritmo cultural para el problema de Localización de clusters de estaciones de Servicio de bicicletas. Repositorio Pontificia Universidad Católica De Valparaíso.

El análisis se basa en el uso de algoritmos culturales, heurísticos y metahurísticos con el objetivo de generar los sectores óptimos para la implementación de estaciones para el uso exclusivo de bicicletas.

Zhang, et al. (2019). Datos de GPS de teléfonos móviles en bicicletas urbanas compartidas: optimización de diseño y análisis de reducción de emisiones. Science Direct

Para el caso en particular estipulado por la investigación, se aporta un modelo de medición con el objetivo de minimizar el impacto de las emisiones de carbono (como efecto del uso de la bicicleta); Sin embargo, también se une a esto un modelo de análisis de datos con el fin de generar la localización de ciclo estaciones.

Banco de Desarrollo de América Latina; Fundación Ciudad Humana (2016). Un Sistema Público de Bicicletas para Lima. Scioteca.

El estudio presenta un orden lógico donde se aborda la evolución del uso de la bicicleta, el diagnóstico de la población involucrada así como la Microlocalización de la estaciones por análisis de demanda, sumado a ello proporciona una estructura financiera.

Levy, Render, & Benenson (2015). Modelización espacial explícita de la búsqueda de estacionamiento como herramienta para estacionamientos urbanos y evaluación de políticas. Science Direct.

La investigación se basa en el análisis de información para la toma de decisiones óptima en la planeación de parqueaderos en áreas urbanas por medio del uso de técnicas de ingeniería como herramientas de validación y simulación.

Cisneros (2018). Propuesta de localización de ciclovías en la ciudad de Machala mediante la aplicación de evaluación multicriterio. Repositorio Pontificia Universidad Católica Del Ecuador.

El proyecto desarrolla una malla de ciclovias por medio de la técnica de análisis multicriterio donde la base científica radica en la caracterización de la población.

Banco de Desarrollo de América Latina (2017). Encuesta de movilidad del Área Metropolitana de Montevideo. Scioteca

El informe presenta información sobre el diseño aplicación y análisis de una encuesta origen-destino; Allí se exponen los aspectos relevantes de mayor cuidado, formularios y diseños de divisiones zonales.

2.1.2. Antecedentes nacionales. Carvajal & Pinzón (2018). Diseño de un modelo de macro-localización de plataformas para bicicletas de servicio público en la ciudad de Bogotá. Caso de estudio zona centro. Repositorio Universidad de La Salle.

El proyecto en general desarrolla en tres fases: Diagnostico, Modelos matemáticos y su debida validación. Con la determinación de proveer la localización óptima de cicloestaciones por medio de técnicas de ingeniería.

Gutiérrez, López, & Ocampo (2010). Sistema de bicicletas públicas complementario al SIT (Sistema Integrado de Transporte) de la ciudad de Medellín para recorrer distancias cortas entre puntos clave de la ciudad. Repositorio Universidad EAFIT.

El proyecto asigna desde el diseño de un producto (bicicletas para la ciudad de Medellín) y el plan de movilidad una potencial localización de estaciones en puntos clave: Universidades, centros culturales, estaciones de transporte más relevantes entre otros.

Departamento Nacional de Planeación & Ministerio de transporte (2017). Construcción de ciclo infraestructura y servicios complementarios. Departamento Nacional de Planeación

El informe presenta el Proyecto tipo (estándares de presentación de proyectos de inversión con el fin de agilizar la fase de diseño).

2.1.3. Antecedentes locales. Orozco, Arévalo, Guerrero, & et al. (2018). Modelo de elección de bicicletas: un estudio de viajes universitarios en una pequeña ciudad colombiana. Science Direct.

El artículo muestra los resultados de la aplicación de una encuesta de preferencias declarada en la ciudad de Ocaña, Colombia, para identificar los factores que influyen en la elección modal, introduciendo la bicicleta como alternativa para los viajes hacia y desde la Universidad Francisco de Paula Santander. Ocaña, utilizando modelos de elección discreta.

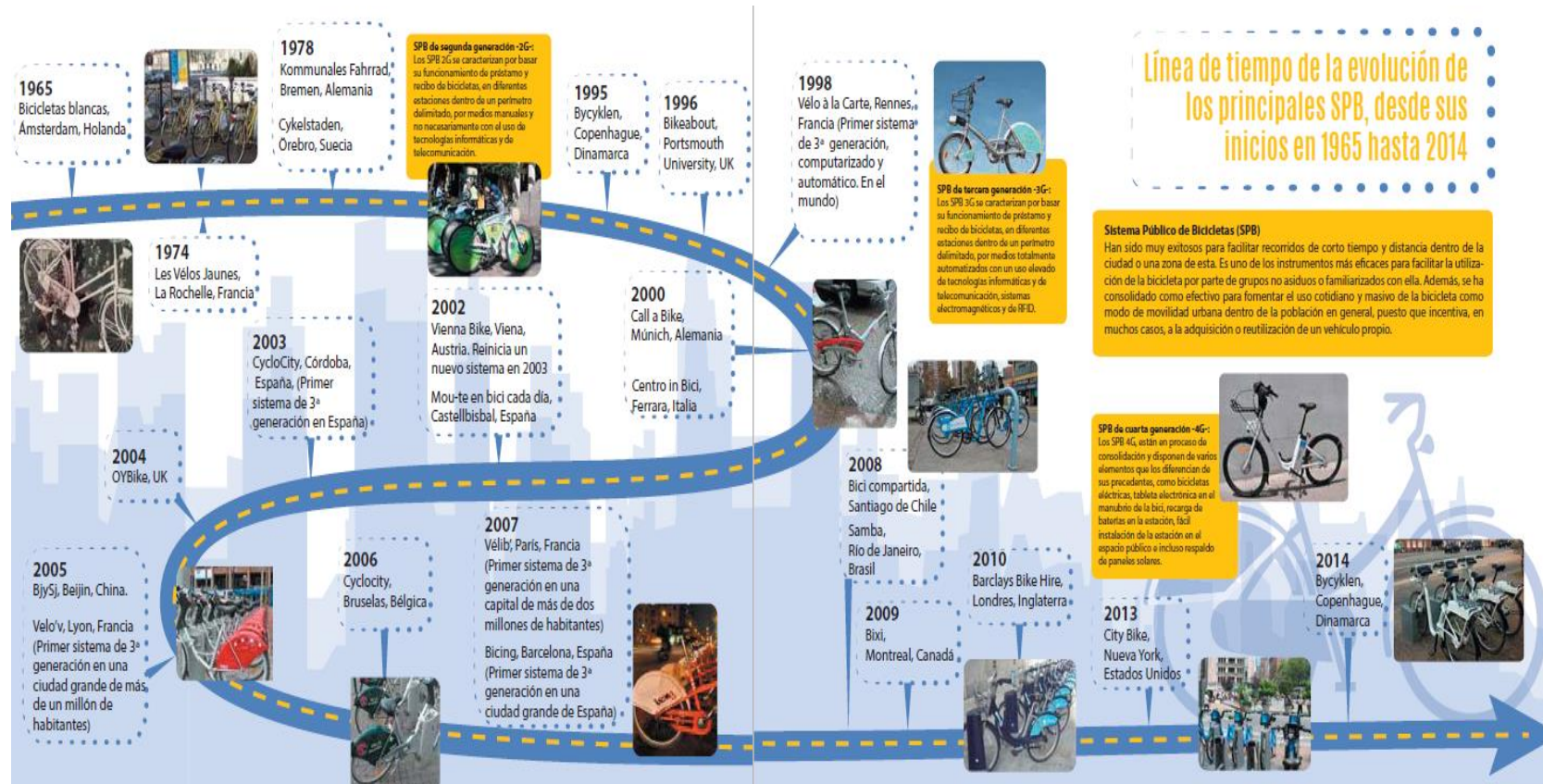


Figura 3. Línea de tiempo de la evolución de los principales SPB

Fuente: (Banco de Desarrollo de América Latina, 2015)

2.2. Marco teórico

2.2.1. Logística. La gestión logística es la parte de la gestión de la cadena de suministro que planifica, implementa y controla el flujo eficiente y efectivo hacia adelante y hacia atrás, el almacenamiento de bienes, servicios e información relacionada entre el punto de origen y el punto de consumo para cumplir con los requisitos de los clientes (CSCMP, 2013).

2.2.2. Movilidad. La movilidad concebida, la efectiva y la realizada, remiten a universos subjetivos de viajes. El pasaje entre una y otra está mediado por condiciones subjetivas, endógenas a la corporalidad del sujeto o de la esfera privada, y por condiciones objetivas, o de la esfera pública. Entre las condiciones objetivas está la propia localización de las actividades y la población en el territorio, esto es, los lugares de origen y destino de los viajes (Gutiérrez, 2012).

2.2.3. Logística urbana. Como cita (Rojas, Castrellón, & Adarme, 2018) apud Taniguchi et al. (2004) se define la logística de ciudad como el proceso de optimización de las actividades de transporte y logística de compañías privadas en áreas urbanas, con el soporte de sistemas de información avanzados, considerando las implicaciones ambientales, de movilidad y de seguridad del tráfico, así como los ahorros energéticos en el marco de una economía de mercado. Esta concepción lleva a los autores a definir tres pilares de la logística de ciudad: la movilidad, el desarrollo sustentable y la habitabilidad.

2.2.4. Plataformas urbanas. “Es una zona delimitada al interior de la cual se ejercen las actividades relativas al transporte, empaque y distribución, para tránsito nacional y/o internacional de mercancías de uno o varios operadores” (Orjuela, Castro, & Suspes, 2005).

2.2.5. Macro Localización. “Las plataformas logísticas permiten estructurar organizadamente el proceso de distribución” (Martínez, 2018). “A demás, es el proceso de

adaptar un proceso o servicio a un lenguaje, cultura y aspecto local particular deseado” (Margaret, 2012).

2.3. Marco conceptual

2.3.1. Logística urbana. “La logística urbana, conocida también como logística de la última milla, abarca todos los movimientos relacionados con la actividad comercial y el suministro y distribución de bienes en las ciudades, por lo que es fundamental para su desarrollo económico” (Banco Interamericano de Desarrollo, 2015).

2.3.2. Movilidad. La movilidad como servicio (MaaS) es un concepto de transporte innovador reciente, que se anticipa que inducirá cambios significativos en las prácticas de transporte actuales. Sin embargo, hay ambigüedad en torno al concepto; no está claro cuáles son las características principales de MaaS y de qué manera pueden abordarse. Además, falta un marco de evaluación para clasificar sus características únicas de manera sistemática, a pesar de que se han implementado varios esquemas de MaaS en todo el mundo (Jittrapirom, Ebrahimigharehbaghi, et al, 2017).

2.3.3. Ciclo estaciones. Para quienes utilizan la bicicleta como su medio de transporte o para quienes quieren empezar a hacerlo, un factor determinante para usarla hacia un destino específico, es la necesidad de que en un destino intermedio y al final del recorrido exista un lugar o un estacionamiento para bicicletas seguro y fácil de usar (ITDP, Despacio.org, 2013).

2.3.4. Modelos de Macro Localización. La ubicación de instalaciones fijas a lo largo de la red de la cadena de suministros es un importante problema de decisión que da forma, estructura y configuración al sistema completo de la cadena de suministros. (...) Las decisiones sobre ubicación implican determinar el número, ubicación y tamaño de las instalaciones que se utilizarán. Estas instalaciones incluyen puntos nodales dentro de la red,

como plantas, puertos, proveedores, almacenes, puntos de venta al menudeo y centros de servicio (puntos dentro de la red de la cadena de suministros, donde los bienes temporalmente se detienen en su trayecto hacia los clientes finales (Ballou, 2004).

A continuación, se representa de manera resumida los métodos (Carga-Distancia, Centro de gravedad, Mediatriz y AHP) a emplear con el fin de consolidar la propuesta de localización (ver figura 4).

Método	Concepto	Formula		
		Descripción	Expresión	Donde
Carga-Distancia	<p>Varios factores de localización se relacionan directamente con la distancia: la proximidad a los mercados, la distancias promedio a los clientes considerados como objetivo, la proximidad a los proveedores y los recursos, y la proximidad a otras instalaciones de la empresa. El método de carga-distancia en un modelo matemático que se utiliza para evaluar localizaciones en términos de factores de proximidad. El objetivo es seleccionar una localización que minimice el total de las cargas ponderadas que entran y salen de una estación. La distancias entre dos puntos se expresa asignando a éstos a sendas coordenadas sobre las cuadrículas de un mapa. En un enfoque alternativo se usa el tiempo, en lugar de la distancia. (Universidad Nacional de Mar del Plata, 2012)</p>	<p>La distancia Euclidiana es la distancia en línea recta o la trayectoria más corta posible entre dos puntos. Par calcular esta distancia, trazamos una gráfica, colocamos el punto A sobre la cuadrícula para representar la localización del proveedor y el punto B para representar la posible localización del almacén.</p>	$d_{AB} = \sqrt{((X_A - X_B)^2 + (Y_A - Y_B)^2)} \quad [1]$	<p>d_{AB} = Distancia entre los puntos A y B X_A = Coordenadas X del punto A Y_A = Coordenadas Y del punto A X_B = Coordenadas X del punto b Y_B = Coordenadas Y del punto A.</p>
		<p>La distancia rectilínea mide la distancia entre dos puntos con una serie de giros de 90°, como las manzanas de casas de una ciudad. En esencia, esta distancia es la suma es la suma de las dos líneas dibujadas con trazos interrumpidos que forman la base y uno de los lados del triángulo rectángulo. La distancia recorrida en la dirección X es el valor absoluto de la diferencia de coordenadas X. Sumando este resultado al valor absoluto de la diferencia de coordenadas Y.</p>	$d_{AB} = X_A - X_B + Y_A - Y_B \quad [2]$	<p>d_{AB} = Distancia entre los puntos A y B X_A = Coordenadas X del punto A Y_A = Coordenadas Y del punto A X_B = Coordenadas X del punto b Y_B = Coordenadas Y del punto A.</p>
Centro de gravedad	<p>Es un modelo basado en Cálculo que obtiene la solución de mínimo costo de transportación para una instalación intermedia ubicada entre los puntos de origen y de destino.</p>	<p>Mínimo Costo: Buscaremos minimizar la suma del volumen en un punto, multiplicada por la tarifa de transportación</p>	$\text{Min TC} = \sum_i V_i R_i d_i \quad [3]$	<p>TC = Costo total de transportación V_i = Volumen en el punto i R_i = Tarifa de</p>

	<p>Si se localizará más de una instalación, entonces será necesario asignar los puntos de origen y destino a ubicaciones arbitrarias. Esto formará grupos de puntos iguales al número de instalaciones que se ubicarán. Luego, se obtiene una ubicación exacta de centro de gravedad para cada uno de los grupos. Estas asignaciones a las instalaciones pueden realizarse en muchas formas, en especial cuando se consideran múltiples instalaciones y un gran número de puntos de origen y de destino dentro del problema. Un método es formar los grupos uniendo los puntos que estén más cercanos entre sí. Una vez que de obtuvieron las ubicaciones de centro de gravedad, los puntos se resignan a estas ubicaciones. Se encuentran las nuevas ubicaciones de centro de gravedad para los grupos revisados. El proceso continúa hasta que no exista más cambio. Esto finaliza los cálculos para el número especificado de instalaciones que se ubicarán. Puede repetirse para distinto número de instalaciones. (Ballou, 2004)</p>	<p>para enviar al punto, multiplicada por la distancia hacia el punto, lo cual será el costo total de transportación.</p>		<p>transportación al punto i d_i = Distancia al punto i desde la instalación que se ubicará.</p>
		<p>Coordenada \bar{X}</p>	$\bar{X} = \frac{\sum_i V_i R_i X_i}{V_i R_i} \quad [4]$	<p>\bar{X} = Punto de coordenadas X de la instalación ubicada.</p>
		<p>Coordenada \bar{Y}</p>	$\bar{Y} = \frac{\sum_i V_i R_i Y_i}{V_i R_i} \quad [5]$	<p>\bar{Y} = Punto de coordenadas Y de la instalación ubicada.</p>
		<p>Distancia:</p>	$d_i = K \sqrt{((X_i - \bar{X})^2 + (Y_i - \bar{Y})^2)} \quad [6]$	<p>K = factor de escala para convertir una unidad de un punto de coordenada a una medida de distancia más común. X_i, Y_i = Puntos de coordenadas de los puntos de fuente y de demanda.</p>
Mediatriz	<p>Existen varias posibles variaciones de este modelo. El problema “vértice p-centro” restringe el conjunto de ubicaciones candidatas de las facilidades en los nodos de la red, mientras que el problema “absoluto p-centro” permite la ubicación de las facilidades tanto en los nodos como en los arcos de la red. (Araneda, et al 2004). Aunado a esto: Es una técnica matemática que determina la ubicación de una planta a partir de las coordenadas</p>	<p>\bar{X}</p>	$\bar{X} = XM - \left \frac{XM - X_m}{2} \right \quad [7]$	<p>\bar{X} = Coordenada media en x XM = Coordenada mayor en X X_m = Coordenada menor en X.</p>
		<p>\bar{Y}</p>	$\bar{Y} = YM - \left \frac{YM - Y_m}{2} \right \quad [8]$	<p>\bar{Y} = Coordenada media en Y YM = Coordenada mayor en Y Y_m = Coordenada menor en Y.</p>

	medias (\bar{X} , \bar{Y}) de un plano propuesto. (Mayorga, 2019)			
AHP	<p>En el procedimiento AHP, se pide a los expertos que proporcionen una cuantificación numérica en comparaciones por pares; cuando se trata con varios criterios, la inconsistencia puede aumentar y el umbral del índice de consistencia de Saaty ayuda a identificar las matrices que se rechazarán o las entrevistas que se repetirán. Sin embargo, en ciertos dominios, se aprecia una forma más rápida de proceder en la determinación del peso del criterio, junto con la oportunidad de fusionar las indicaciones de los expertos con juicios objetivos derivados del análisis de datos históricos. (Chan & Chan, 2006). Sumado a esto; De la versión original de AHP, sabemos que deberíamos considerar solo matrices consistentes: este es el punto donde el método propuesto permite al tomador de decisiones avanzar hacia un sistema eficiente y aún significativo solución. (Falsini & Schiraldi, 2012)</p>	Matriz de ponderación	Figura 5	Se puede apreciar el flujo jerárquico de decisiones (abajo hacia arriba) a partir de la comparación y respectiva evaluación de subcriterios directamente relacionados a criterio o ámbitos en general que pueden ser calificados para de esta forma consolidar un resultado óptimo ante las requisiciones del evaluador.

Figura 4. Descripción de métodos de localización.

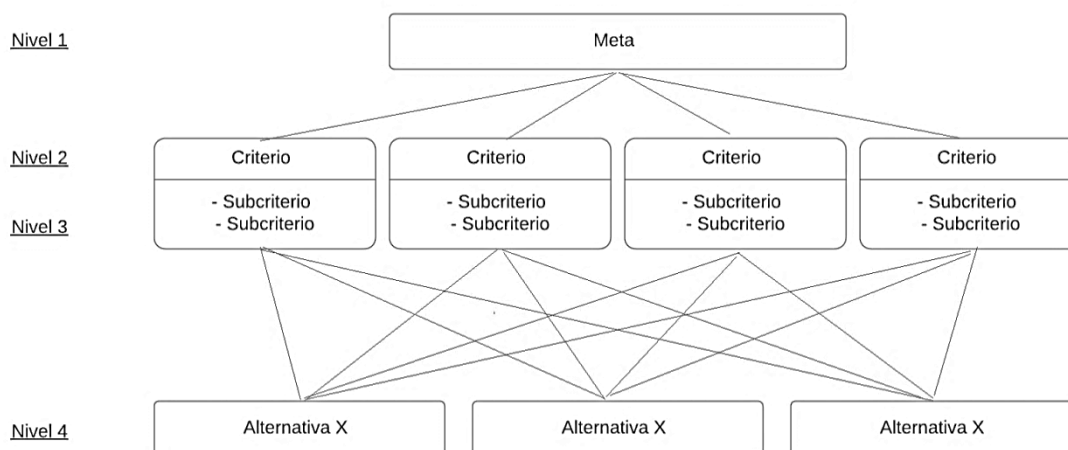


Figura 5. Estructura general de AHP. Fuente: (Ip, 2006).

2.4. Marco contextual

la UFPS es un ente universitario autónomo, con personería jurídica Resolución 20 (19 septiembre de 1962), patrimonio independiente, autonomía académica, administrativa y financiera y régimen especial, vinculado al MEN y organizado como establecimiento público de carácter académico del orden departamental. Su fundación data en Escritura Pública N° 970 del 5 de julio 1962 y posteriormente reconocida por Ordenanza número 37 (30 de septiembre de 1964) carácter de Universidad Oficial Departamental (ley 24 de diciembre de 1968) y oficializada como ente de educación superior del orden departamental por medio del decreto 323 del 3 de mayo de 1970, expedido por la gobernación del departamento de Norte de Santander (Universidad Francico de Paula Santander, 2016).

El compromiso de la UFPS con la región es lograr solucionar problemas de la región, donde uno de ellos es el tema de movilidad, la UFPS aún no tiene caracterizados los usuarios de bicicletas que ingresan a diario a la universidad; este trabajo pretende lograr caracterizarlos para recopilar información y así plantear la propuesta de localización de plataforma en la ciudad.

La ciudad dentro de su administración a logrado agregar kilómetros de ciclo vías en el municipio, pero con la falencia de que no están interconectadas entre sí por lo que se pierde la conectividad y además hace que los bici usuarios tengan que lanzarse a las calles. Con la propuesta se pretende localizar plataformas de bicicletas con métodos de ingeniería, con esta información el municipio tendrá un esquema de hacia donde debe seguir construyendo ciclo vías y, además, para una implementación a futuro se deberá interconectar entre las plataformas ya ubicadas.

En la figura se presentan las características sociodemográficas elementales de la UFPS.

Característica	Descripción	
Domicilios	Sede	Ubicación
	Cúcuta	Avenida Gran Colombia No. 12E-96 Barrio Colsag, San José de Cúcuta
	Campos Elíseos	Via Los Patios
	Finca San Pablo	Correjimientto El Diamante, Vereda Urengue, Municipio Chinácota
	Centros Regionales de Educación a Distancia CREAD	Avenida Gran Colombia No. 12E-96 Barrio Colsag, San José de Cúcuta
	Ocaña	Via Alcosure, Sede el Algodonal, Ocaña
Estudiantes	Cantidad	18.427
	Pregrado presencial (%)	82
	Pregrado de educación a distancia (%)	14
	Posgrado (%)	4
Distribución por género (Pregrado presencial)	Mujeres (%)	50.71
	Hombres (%)	49.29

Figura 6. Características Sociodemográficas UFPS. Adaptado de (Universidad Francisco de Paula Santander, 2016)

La zona macro de estudio es la ciudad de san José de Cúcuta, siendo a nivel micro la UFPS en centro el epicentro de la investigación. De esta manera la delimitación se muestra a continuación (ver figura 7 y 8).

Norte	Instituto INEM
Sur	Avenida Gran Colombia,
Occidente	Avenida 12 Este
Oriente	Urbanizaciones privadas

Figura 7. Límites geográficos UFPS- Sede Cúcuta Nota. Fuente: Adaptado de (Universidad Francisco de Paula Santander, 2016)

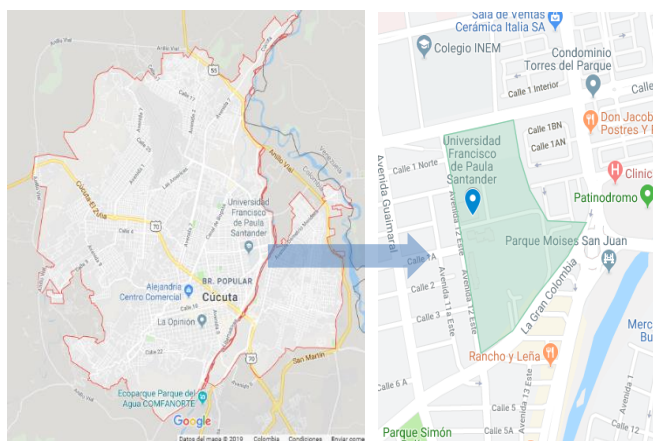


Figura 8. Delimitación zona de estudio. Fuente: (Google Maps, 2019)

El presente trabajo se formula con la firme intención de mejorar la experiencia de aquellos que convergen en la universidad más importante del Norte de Santander, por medio de un estudio que se fundamenta en la mitigación del fenómeno sístole-diástole, este fenómeno se refiere a las entradas y salidas de la población hacia un sitio, que para el caso de estudio sería los bici usuarios que entran y salen de la universidad en términos de flujo en horas pico (Carvajal & Pinzón, 2018). Con la oportunidad latente de mejorar así el impacto de la UFPS en la sociedad Cucuteña.

2.5. Marco legal

Ámbito	Componentes de protección al ambiente / Legislación y normatividad, Planes y Programas	Legislación y normatividad		Planes, proyectos y programas de inversión
		Regulación (Leyes, decretos, resoluciones)	Promoción y desarrollo (Leyes, decretos, resoluciones)	
Protección al ambiente	Emisiones	Decreto 596 de 2014: Artículo 4. Principios de implementación; numeral 4.2.	Ley 1083 de 2006: Artículo 1. Artículo 2; literales d) y e). Acuerdo Municipal 84 de 2009: Artículo 5; literal b). Ley 1811 de 2016: Artículo 1. Objeto.	No se encontró dentro de planes, proyectos o programas de inversión para sbp.
	Ruido	No se encontró dentro de la normativa reguladora de la operación de sbp.	Resolución 0627 de 2006: Artículo 17. Estándares. Máximos permisibles de niveles de ruido ambiental	No se encontró dentro de planes, proyectos o programas de inversión para sbp.
	Espacio público	Decreto 596 de 2014: Artículo 4. Principios de implementación; numeral 4.3. Artículo 7. Vinculación del sbp al espacio público.	Ley 1083 de 2006: Artículo 2; literal a).	No se encontró dentro de planes, proyectos o programas de inversión para sbp.
	Paisajismo	No se encontró dentro de la normativa reguladora de la operación de sbp.	Decreto 364 de 2013: Artículo 172. Normas aplicables al sub sistema vial; numeral 1; literales 1 y 2; y numeral 2.	No se encontró dentro de planes, proyectos o programas de inversión para sbp.
Equidad social	Seguridad	Decreto 596 de 2014: Artículo 4. Principios de implementación; numeral 4.5. Artículo 12. Acciones de capacitación y seguridad vial. Ley 1811 de 2016: Artículo 9. Normas específicas para bicicletas y triciclos.	Ley 105 de 1993: Artículo 2. Principios Fundamentales; literal e) De la Seguridad. Ley 336 de 1996: Capítulo Primero. Objetivos; artículo 2. Capítulo Octavo. De la seguridad; artículo 31. Decreto 397 de 2010: Artículo 16. Líneas de acción; numeral 1.	Plan Nacional de Seguridad Vial 2011-2021 Ministerio de Transporte. Programa transporte más seguro. Decreto 397 de 2010: Artículo 19. Programas; numeral 3. Programa de

		Modifica al artículo 95 de la Ley 769 de 2002.		circulación segura de bicicletas y motocicletas; literales a), b) y c).
	Calidad del servicio	Decreto 596 de 2014: Artículo 4. Principios de implementación; numeral 4.3.	Ley 105 de 1993: Artículo 3. Principios del transporte público. Ley 1811 de 2016: Artículo 10. Planeación participativa.	No se encontró dentro de planes, proyectos o programas de inversión para sbp.
	Accesibilidad	Acuerdo Municipal 84 de 2009: Artículo 6. Decreto 596 de 2014: Artículo 5. Accesibilidad. Ley 1811 de 2016: Artículo 6. Parqueaderos para bicicletas en edificios públicos.	Ley 105 de 1993: Artículo 3. Principios del transporte público; numeral 1. Del acceso al transporte; literales a) y d). Resolución 3636 de 2005: Artículo 1 y 2. Ley 1682 de 2013: Artículo 6. Ley 1811 de 2016: Artículo 11. Beneficios para estudiantes biciusuarios. Artículo 12. Incentivos a la industria nacional.	Decreto 397 de 2010: Artículo 19. Programas; numeral 3. Programa de circulación segura de bicicletas y motocicletas; literal c).
	Derechos de los usuarios	Decreto 596 de 2014: Artículo 9. Derechos del usuario; literales a), b), c), d) y e). Ley 1811 de 2016: Artículo 14. Modifica al artículo 63 de la Ley 769 de 2002; Artículo 63. Respeto a los derechos de los peatones y ciclistas.	Ley 105 de 1993: Artículo 3. Principios del transporte público.	No se encontró dentro de planes, proyectos o programas de inversión para sbp.
Valor económico	Mercado interno de transporte	No se encontró dentro de la normativa reguladora de la operación de sbp.	Ley 336 de 1996: Artículo 65.	No se encontró dentro de planes, proyectos o programas de inversión para sbp.

Inversiones en infraestructuras prioritarias	Acuerdo Municipal 84 de 2009: Artículo 11. Decreto 596 de 2014: Artículo 11. Financiamiento del sistema.	Ley 86 de 1989. Ley 1753 de 2015: Artículo 31. Financiación de sistemas de transporte. Modifica artículo 14 de la Ley 86 de 1989.	No se encontró dentro de planes, proyectos o programas de inversión para sbp.
Desarrollo de tecnologías innovadoras	Ley 1811 de 2016: Artículo 7. Información de modos no motorizados de transporte.	Acuerdo Municipal 84 de 2009: Artículo 7. Decreto 2060 de 2015: Artículo 1. Adición del Decreto 1079 de 2015.	No se encontró dentro de planes, proyectos o programas de inversión para sbp.
Desarrollo de logística y promoción de inter y multimodalidad	Decreto 596 de 2014: Artículo 4. Principios de implementación; numeral 4.1. Ley 1811 de 2016: Artículo 4. Uso de bicicletas dentro de los sitm, sitp, setp y sitr.	Decreto 736 de 2014: Artículo 2. Definiciones; literal b) Medio de transporte. Artículo 3. Lineamientos para la planeación de la infraestructura de transporte. Ley 1811 de 2016: Artículo 3. Beneficio por uso intermodal del transporte público. Artículo 5. Incentivo de uso para funcionarios públicos.	No se encontró dentro de planes, proyectos o programas de inversión para sbp.
Reformas a la fijación de precios e impuestos	No se encontró dentro de la normativa reguladora de la operación de sbp.	Decreto 2263 de 1995: Artículo 1. Artículo 2. Ley 336 de 1996: Artículo 29. Artículo 30. Ley 1753 de 2015: Artículo 31. Financiación de sistemas de transporte. Modifica artículo 14 de la Ley 86 de 1989.	No se encontró dentro de planes, proyectos o programas de inversión para sbp.

Figura 9. Marco legal. Adaptado de (Quintero González, 2017).

Capítulo 3. Diseño metodológico

3.1. Tipo de investigación

Conforme con los objetivos planteados para el desarrollo del proyecto, la investigación será de tipo descriptiva-propositiva, así mismo esta investigación será de carácter mixta porque integra la investigación cualitativa que arrojará información (caracterización y posterior diagnóstico) sobre el estado de la población flotante que se moviliza en bicicleta hacia la UFPS, la cual se obtendrá por medio de encuestas (origen-destino); y cuantitativa para analizar los datos recolectados por medio de encuestas

3.2. Desarrollo metodológico

Fase	Ítem	Objetivo	Acciones
1. Caracterización de bici usuarios	O.1.	Diagnosticar el estado de la población flotante que se moviliza en bicicleta hacia la Universidad Francisco de Paula Santander.	0.1. A.1. Análisis del estado de propuestas y actuales sistemas de transporte de bicicletas.
			0.1. A.2. Identificación de los actores latentes en la formulación de las ciclo estaciones.
			0.1. A.3. Tabulación de la información y análisis de datos.
			0.1. A.4. Verificación las características planteadas con relación a las ciclo estaciones.
2. Desarrollo del Modelo Matemático para la ubicación de las ciclo estaciones	O.2.	Estimar la localización optima de plataformas (estaciones) para bicicletas en la ciudad de Cúcuta haciendo uso de técnicas de macro localización de instalaciones logísticas.	0.2. A.1. Identificación del estado actual del sistema a proponer.
			0.2. A.2. Identificación del número de usuarios que harían parte del sistema haciendo uso de las ciclo estaciones.
			0.2. A.3. Desarrollo del modelo matemático.
			0.2. A.4. Delimitación de la ubicación exacta de las ciclo estaciones.
		Estructurar métricas de desempeño que permitan el seguimiento y control de los GAP's del modelo.	0.2. A.5. Establecer índices que permitan regular el rendimiento de las GAP's.
3. Validación de la propuesta	O.3.	Validar el escenario propuesto a través de la utilización de herramientas cuantitativas de ingeniería.	0.3. A.1. Comparación haciendo uso de diferentes alternativas de solución del modelo propuesto.
			0.3. A.2. Plasmar un análisis de sensibilidad con posibles variantes del modelo.
			0.3. A.3. Análisis de los resultados arrojados por el modelo para complementar la información.
			0.3. A.4. Verificar las características planteadas con relación a las ciclo estaciones.

Figura 10. Fases de la metodología. _ Adaptado de (Carvajal & Pinzón, 2018)

3.3. Población y muestra

Aspecto	Descripción	Enfoque
Población	Es el colectivo que abarca a todos los elementos cuya característica o características queremos estudiar; dicho de otra manera, es el conjunto entero al que se desea describir o del que se necesita establecer conclusiones. (Salazar P. & Del Castillo G., 2018)	Población flotante en la UFPS en la ciudad de Cúcuta. <i>18.427 estudiantes</i> potenciales a ser bici usuarios (Universidad Francico de Paula Santander, 2016) UFPS. (30 de 11 de 2016). Cuenta conmigo. Obtenido de http://www.ufps.edu.co/ufps/cuenta_conmigo/presentacion.php
Muestra	Es un conjunto de elementos seleccionados de una población de acuerdo a un plan de acción previamente establecido (muestreo), para obtener conclusiones que pueden ser extensivas hacia toda la población. (Salazar P. & Del Castillo G., 2018) Para el estudio se utilizará un modelo de selección por conveniencia, puesto que la población de bici usuarios no está definida ni caracterizada.	N= 555
Variables	Se entiende por variable estadística al símbolo que representa al dato o carácter objeto de nuestro estudio de los elementos de la muestra y que puede tomar un conjunto de valores. (Gorgas García, Cardiel López, & Zamorano Calvo, 2011)	Mixta

Figura 11. Resumen población, Muestra y Variables.

3.4. Instrumentos o técnicas para la recolección de información.

3.4.1. Fuentes primarias. Como fuente primaria se recolectará información con encuestas, estas serán aplicadas a los biciusuarios de la UFPS.

3.4.2. Fuentes secundarias. Información suministrada por la UFPS, además de toda la información que se recolectó por las bases de suscripción de la Biblioteca Eduardo Cote Lamus.

3.4.3. Instrumentos. Se utiliza la encuesta para la recopilación de información; la encuesta debe poseer una estructura clara y concisa para la recolección efectiva de información. Anexo Digital 1&2.

3.5. Análisis de la información.

Para el análisis de la información se utilizarán el programa de Microsoft Excel 2019, que es el programa para tabular y realizar el trato de la información para su respectivo análisis.

Capítulo 4. Desarrollo

4.1. Caracterización & diagnóstico

En esta fase se tomó información primaria, tal como la inspección del sistema actual de bicicletas de la UFPS y, la recopilación de información mediante la aplicación de un instrumento tipo encuesta. Este último, se realizó por medio virtual con el apoyo de la oficina de prensa de la UFPS, el cuál divulgó dichos instrumentos a toda la población objetivo de este trabajo.

4.1.1. Actores. De manera holística, existen tres actores principales: el primero es la población objeto de estudio *-los usuarios de bicicletas de la UFPS-*, pero, dentro de este contexto, la UFPS también es actor, debido que gestiona y suministra información esencial. Sin embargo, la población de biciusuarios se caracteriza por su rol dentro de la universidad de la siguiente manera: administrativos, estudiantes, cuerpo de vigilancia, egresados, docentes y visitantes. Cabe aclarar que, el objeto de estudio es la ubicación de plataformas a lo largo y ancho de la ciudad, por esto el segundo actor es la alcaldía municipal, ya que es quien dispone de los espacios públicos para una potencial implementación. Por último, se tiene en cuenta al sector privado, en caso de recurrir a ubicar plataformas en un espacio perteneciente a este.

4.1.2. Recursos. La UFPS cuenta con 37 bicicletas disponibles solo para estudiantes, además, como se muestra en imagen (ver figura 12), se cuenta con tres estaciones de parqueo, de las cuales dos están en servicio.



Figura 12. Estaciones e parqueo UFPS.

La capacidad total de las estaciones es de 484 cupos disponibles que están dispersos así: 281 en la estación principal ubicada detrás de la biblioteca Eduardo Cote Lamus, 40 en la estación creada bajo el proyecto “en bici a la U” y, 163 más en el parqueadero ubicado junto al parqueadero de motos en aulas norte, este parqueadero tiene algunas instalaciones afectadas por lo cual su capacidad puede llegar a ser mayor (para el estudio se toman aquellos habilitados). Se debe señalar que el parqueadero junto a Aulas Norte aún no se ha puesto en funcionamiento, por lo que el total para uso es de 321 estaciones de parqueo.

4.1.3. Variables. Para la recolección de información se encuestó virtualmente a la población, (esto se realizó por la declaración de cuarentena por pandemia); no obstante, esto se logró realizar en colaboración con la oficina de prensa de la UFPS quién envió el instrumento a todos los correos institucionales de los vinculados a la universidad. Esto, con el fin de que el instrumento fuere diligenciado solo por personas previstas en la población objetivo del presente trabajo. Dentro del instrumento se realizaron preguntas para solventar las variables mencionadas a continuación:

- Rol dentro de la UFPS
- Medio de transporte usados por la población UFPS
- Cantidad de viajes por día
- Días más frecuentados por la población UFPS
- Motivos por los cuales se realizan viajes hacia la UFPS
- Origen de la población UFPS
- Factores que influyen de uso de biciestaciones
- Usuarios de “En bici a la U”

4.1.4. Tabulación y análisis de los datos.

A nivel general, dentro de las 555 personas encuestadas de forma virtual frente a la eventualidad de la emergencia nacional, se determina que el 85,35% son estudiantes, un 8,32% profesores y un 6,33% es personal administrativo, esto demuestra que la población estudiantil es la que más predomina en la universidad (ver figura 13).

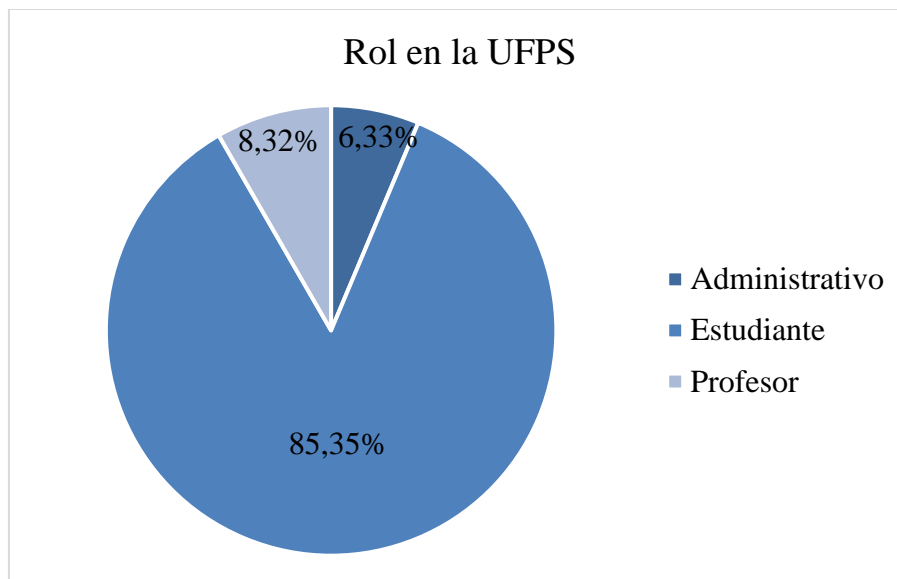


Figura 13. Rol en la UFPS

Esta frecuencia demuestra la actividad por día de la semana en la UFPS, como era de esperarse: los días hábiles son los más frecuentados y tienen un comportamiento de distribución normal, según lo muestra el diagrama de barras teniendo como pico más alto el día martes, aun así, se demuestra que la UFPS también está en funcionamiento con menos frecuencia los días sábados y domingos, pero que se frecuentan, descartando la tesis de que la UFPS los domingos no tiene abiertas sus puertas (ver figura 14).

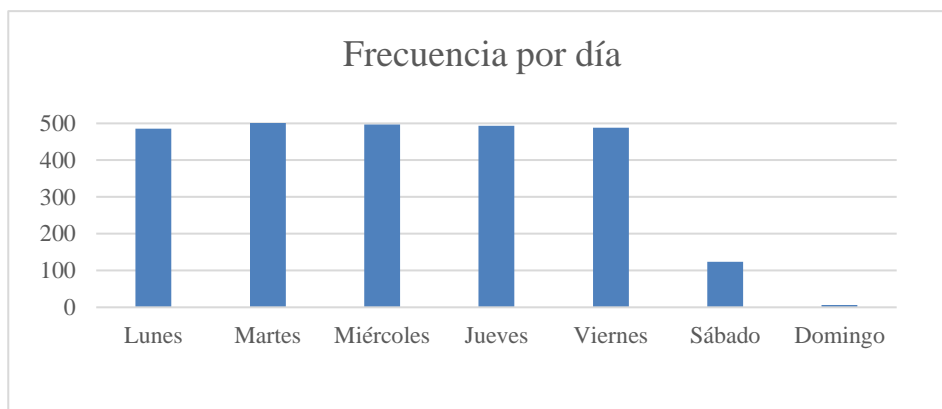


Figura 14. Días que se frecuentan por parte de la población UFPS

El comportamiento de la variable Motivo, se asemeja a los datos que se hayan en el rol, pero encausa a tener en cuenta, que no todos los estudiantes solo se dirigen a la UFPS a estudiar, unos se encuentran en trabajo de grado, otros en prácticas, etc. Añadido a esto, también varía la información con referente a los administrativos los cuales estudian en la UFPS en relación con el rol (ver figura 15).

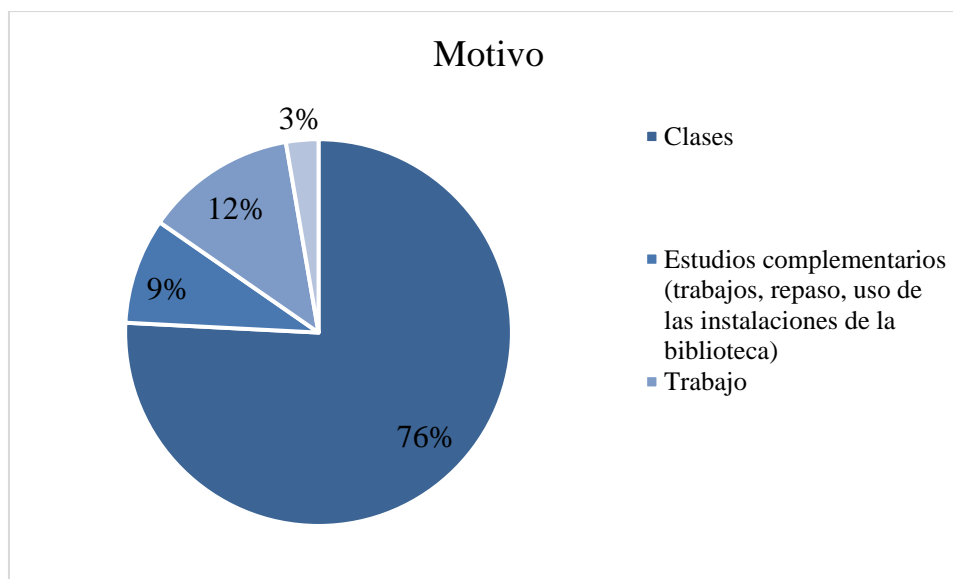


Figura 15. Motivo de los viajes hacia la UFPS

Se logró determinar desde que comunas se originan los viajes hacia la UFPS, encontrando así que el 15% de la población se moviliza desde la comuna 6, el 11% se moviliza desde el

municipio de Los Patios, 10% desde la comuna 8, 9% desde las comuna 5 y 7, con un 8% las comunas 2, 3, 4 y 9 respectivamente, ahora bien, con los porcentajes más bajos se encuentran la comuna 10 y el municipio de villa del rosario, y por ultimo con un total de casi 5% están las de muy poca frecuencia la comuna 1, Puerto Santander y El Zulia (ver figura 16)

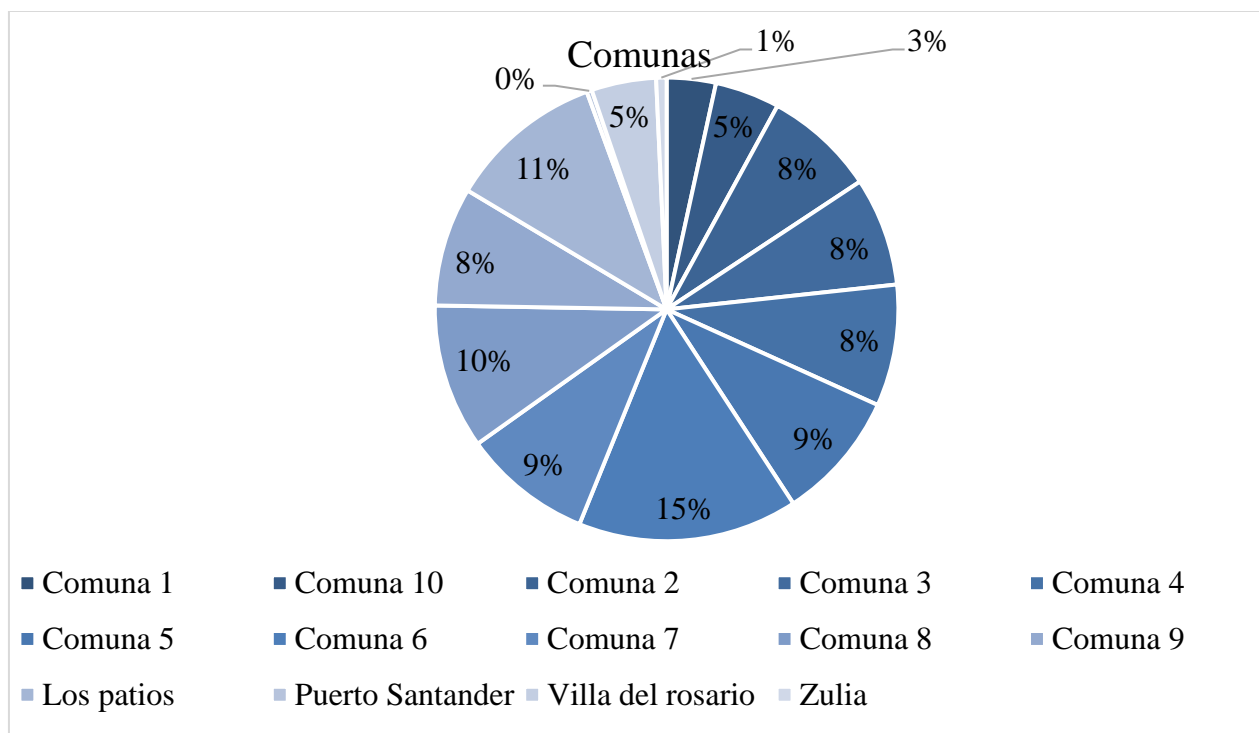


Figura 16. Origen de la población UFPS

Se afirma el alto grado de aceptación por parte de la población encuestada con respecto a querer usar la bicicleta como medio de transporte (ver figura 17).

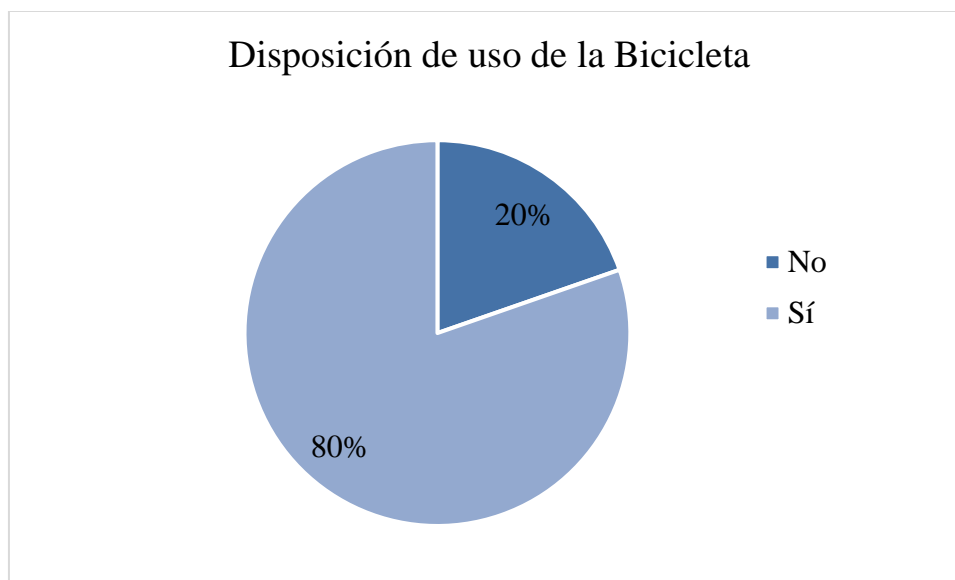


Figura 17. Disposición de querer usar la bicicleta como medio de transporte

Analizando la aceptación por el uso de la bicicleta se procedió a determinar la cantidad de población que cuenta con bicicleta propia, también se determinó con un 32% la población con disponibilidad de bicicleta propia, por lo que se le indagó la disposición a usar la propuesta BICI UFPS, para ello se ratificó la determinación por la población encuestada con una tendencia afirmativa teniendo así un 75% de respuestas positivas (ver figura 18).

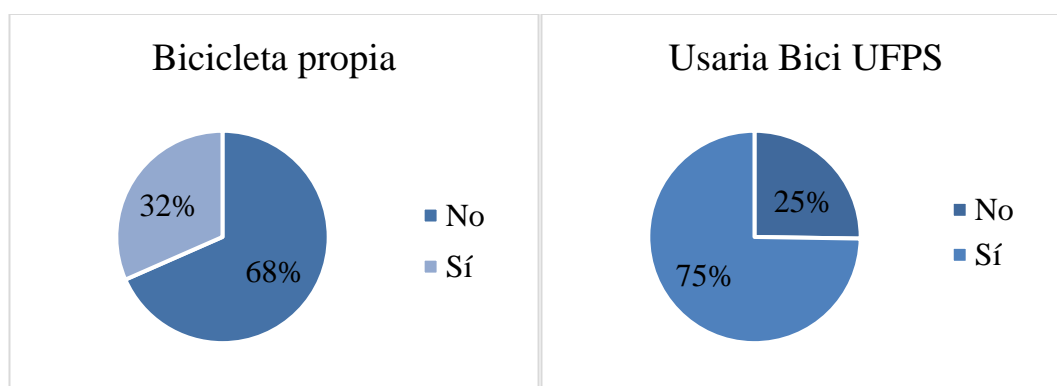


Figura 18. Población con bicicleta propia y población dispuesta a usar BICI UFPS

Se determinó que solo el 4% de los encuestados han sido beneficiarios con el proyecto “*En Bici a La U*”, esto demuestra la efectividad en el impacto de cobertura del sistema actual demarcado (ver figura 19).

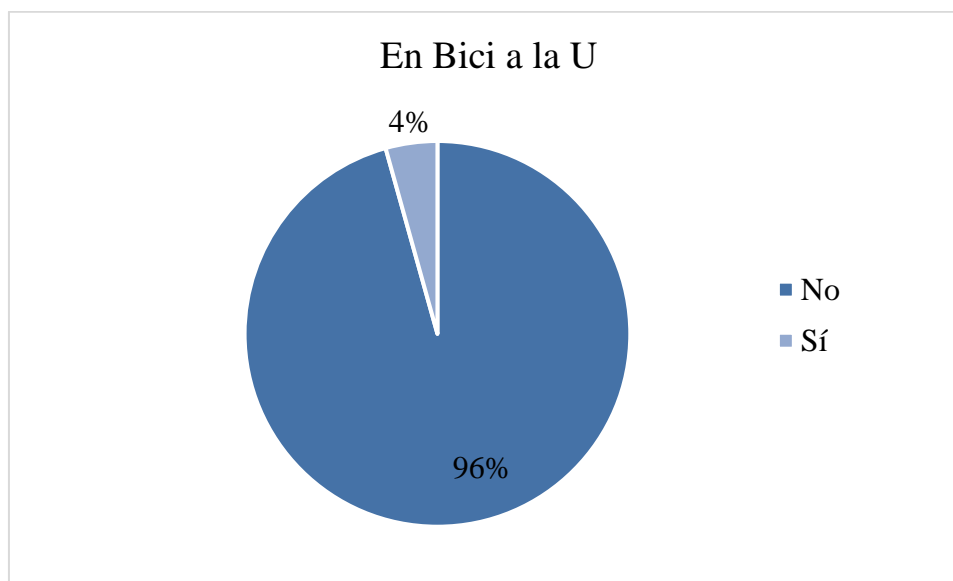


Figura 19. Cantidad de beneficiarios del proyecto En Bici a La U.

4.1.5. Diagnóstico. La UFPS cuenta con un proyecto que lidera el programa administración de empresas, el proyecto consiste en el préstamo de 37 bicicletas para brindar el servicio de transporte de los estudiantes beneficiarios del programa desde sus casas hacia las instalaciones de UFPS y viceversa. Ahora bien, el sistema de bicicletas funciona de la siguiente manera: El préstamo se pacta por la duración del semestre, donde el estudiante se compromete a cuidar la bicicleta, darle un uso apropiado y, entregarla en óptimas condiciones al finalizar el periodo académico; la bicicleta no reposa en las estaciones de parqueo de la UFPS de manera continua, es decir, según la dinámica del sistema la mayor parte del tiempo en préstamo reposa en las casas de sus beneficiarios, debido que el beneficiario tiene como último destino su residencia.

Por esta razón la UFPS no tiene gobernabilidad absoluta sobre el objeto en préstamo, durante el periodo acordado con el beneficiario; lo cual puede generar detrimento en los bienes que la

UFPS adquirió para este proyecto (Bicicletas), así mismo a futuro, existe la alta probabilidad de generarse pérdidas totales de los mismos y posible inviabilidad en la continuidad del proyecto.

Además, cabe resaltar que el sistema no son sólo las bicicletas, si no el conjunto de bienes y servicios que comprenden la dinámica del sistema, esto integra estaciones, bicicletas, lugares o espacios físicos y personal de trabajo que conlleva al funcionamiento del sistema.

Así que, como se mencionó en el análisis de la Ilustración 12, estas bicicletas no se están usando de forma eficiente, puesto que no está abarcando gran cantidad de beneficiados para su uso, lo cual hace que los bienes adquiridos por la UFPS para el beneficio de toda la comunidad académica no esté cumpliendo este objetivo, ya que se centra en una cantidad baja de población, aunque la inscripción se realice de manera abierta para toda la comunidad académica, no beneficia a un porcentaje significativo que justifique el gasto.

Por lo anterior, la gran mayoría de la población flotante tiene bicicleta propia; de esta manera el modelo actual de seguimiento y trazabilidad de estas bicicletas se realiza con el fin de asegurar la integridad física, mediante el canje de una ficha plástica por el documento de identidad que lo acredita como estudiante, administrativo o docente de la universidad o por un documento que lo identifique como ciudadano, este canje se desarrolla en la entrada peatonal de las instalaciones y es el usuario quien debe trasladar su bicicleta hasta la plataforma; se ratifica que las plataformas no están enumeradas según el orden lógico de las fichas. Por lo tanto, la ficha no es garante de encontrar sitio de parqueo libre al momento de utilizar el ciclo estación, esto genera situaciones como se muestra a continuación (ver figura 20).



Figura 20. Sobrecupo en plataformas de parque de bicicletas.

Aunado a esto, las estaciones no cuentan con una ubicación estratégica y con entrada independiente, es decir, la entrada para personas con movilidad reducida es compartida, en otras palabras, termina siendo usada en mayor medida por entrada de bicicletas, ya que se está usando esta entrada (cuenta con rampa), por los usuarios de bicicletas. Entonces, se no respetan las señales y, tampoco se respeta el hecho de ser una entrada prioritaria y de uso exclusivo para personas de movilidad reducida.

4.2. Modelamiento matemático para la ubicación de estaciones

En esta etapa del trabajo, se definen unos puntos referentes según la densidad de población por comunas, esto se materializa mediante las ubicaciones estratégicas de referencia, de tal forma son: iglesias, parques, canchas de fútbol, estaciones de policía, centros deportivos, centros comerciales, entre otros. Estos puntos estratégicos tendrán en común una ruta accesible y cercana a los centros más poblados de cada comuna, además estarán conectados unos a otros para la óptima movilidad entre los mismos y, además, de generar el objetivo principal *-movilizar la población flotante UFPS-*. Estas son (ver figura 21) (anexo A. Mapa localización de puntos estratégicos) (ver tabla 1).

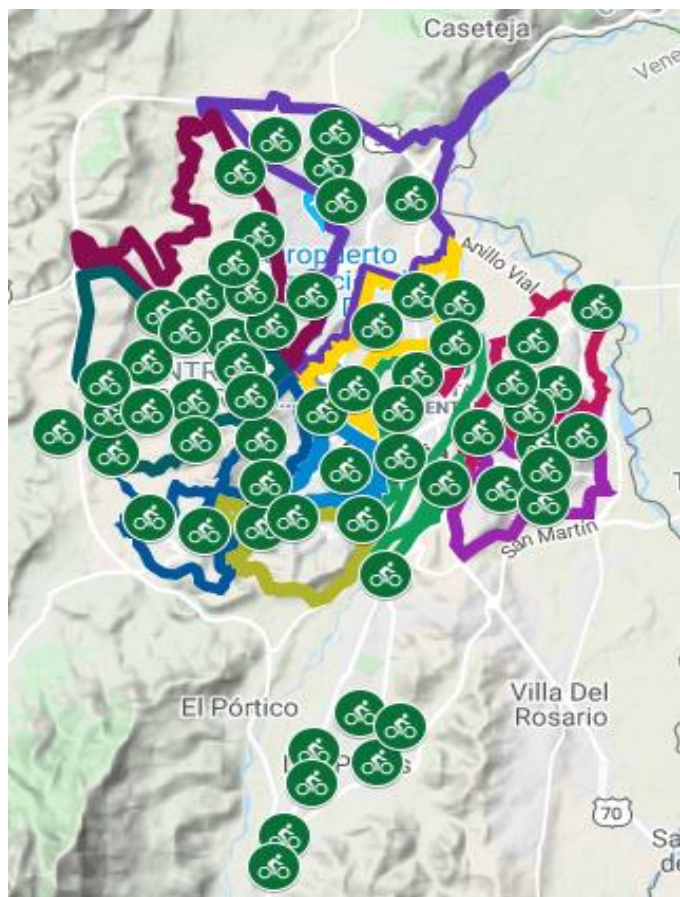


Figura 21. Mapa de localización de puntos estratégicos.

Tabla 1. Puntos estratégicos.

Puntos estratégicos	
1. Estación de policía Atalaya	31. Estación Cristo Rey
2. Estación parque de Ceci	32. Estación Parque Santander
3. Estación CDI El rodeo	33. Estación Jesús Misericordioso
4. Estación Doña Nidia	34. Estación Arrayanes
5. Estación Centenario	35. Estación Sabana Verde
6. Estación Nuevo Horizonte	36. Estación Rodolfo Eloy
7. Estación Colegio Bicentenario	37. Estación Camilo Daza
8. Estación Cancha El Apóstol	38. Estación Colegio el Trigal
9. Estación Cancha Chapinero	39. Estación Cancha El Cují
10. Estación Cancha Buenos Aires	40. Estación Pinar del Rio
11. Estación Colegio Juan Pablo I	41. Estación Los Patios
12. Estación Terminal	42. Estación Copetran Los Patios
13. Estación Ventura Plaza	43. Estación Alcaldía Los Patios
14. Estación Loma de Bolívar	44. Estación Cementerio Los Patios
15. Estación Éxito San Mateo	45. Estación Nuevo Escobal
16. Estación Unicentro	46. Estación Cancha Torcoroma
17. Estación García Herreros	47. Estación de Policía Ospina Pérez
18. Estación Divina Pastora	48. Estación Parque Antonia Santos
19. Estación Iglesia San Gabriel Arcángel	49. Estación Integrado Juan Atalaya
20. Estación Colegio Camilo Daza	50. Estación Parroquia Santísima Trinidad
21. Estación Prados del Este	51. Estación Centro Cristiano Los pinos
22. Estación Torcoroma	52. Estación Nicolas Colmenares
23. Estación Mega Colegio Aniversario	53. Estación UDES
24. Estación San Luis	54. Estación Niza
25. Estación Éxito Santa Ana	55. Estación Colegio Mercedes Abrego
26. Estación la Unión	56. Estación Cancha Aeropuerto
27. Estación Colegio Escudo Guillermo León Valencia	57. Estación Parroquia San Juan Bosco
28. Nuestra Señora de Belén	58. Estación Cancha la Bombonera
29. Estación SENA	59. Estación San pedro Claver
30. Estación Parroquia Nuestra Señora de Las Angustias	60. Estación Todos los Santos
	61. Estación 12 de octubre
	62. Estación 11 de Noviembre

Teniendo en cuenta el orden lógico de desarrollo, se toman en cuenta los criterios de filtro con el fin de enfocar el análisis del estudio, en una cantidad optima de posibles plataformas, por ende, la cantidad preseleccionada de plataformas (62 plataformas) consignada en la tabla 1, pasa a través de una depuración de criterios con respecto a la estación principal -UFPS-: cercanía, lejanía, barreras naturales & barreras normativas.

Cercanía a la UFPS el cuál es el centro de la investigación, esta restricción fue definida a qué, todos los puntos cercanos a las instalaciones universitarias fueran excluidos, puesto que se asume a esta población con domicilios cercanos deberán optar por caminar. Conforme, a la restricción de periferias de la ciudad, los puntos más lejanos a las instalaciones de la UFPS fueron depurados puesto que el objeto de la solución es que haya una alternativa viable que pueda ser considerada frente a las demás alternativas de transporte, estos puntos geolocalizados se encuentran a distancias relativamente lejanas, en efecto, no serían una alternativa que hiciera frente a las demás.

En consideración de las barreras naturales, estas se estimaron por el relieve que comprende la ciudad, el cual tiene unas limitantes en temas de pendientes empinadas que no harían viable para un transporte mediante el esfuerzo físico; estos puntos donde por relieve se subieran 15 metros o más por 100 metros de avance se depuraron, como se observa que la comuna 3 (esta quedó sin estaciones).

Una vez se filtran las ubicaciones según las cuatro restricciones anteriormente mencionadas, se genera el plano inicial (Ver figura 22) (anexo B. Mapa localización de puntos estratégicos depurados) con el propósito de proveer la referencia de información base de modelamiento matemático (ver tabla 2)

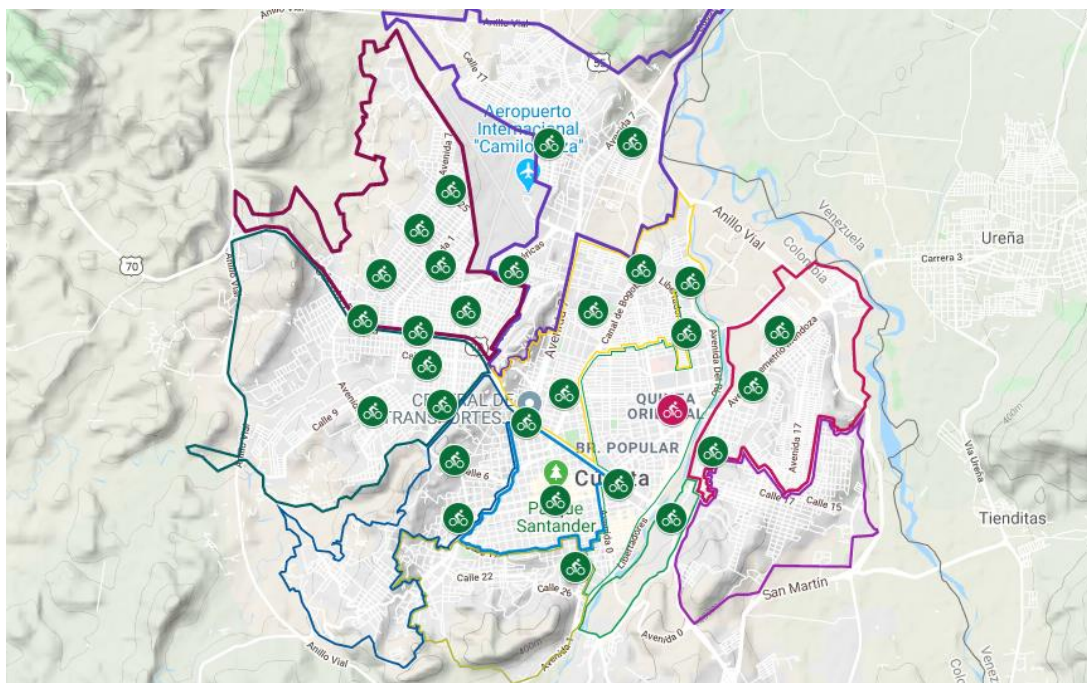


Figura 22. Mapa localización de puntos estratégicos de purificación

Tabla 2. Puntos estratégicos de purificación.

Puntos estratégicos	
1. Estación de policía Atalaya	15. Estación San Luis
2. Estación parque de Ceci	16. Estación SENA
3. Estación Centenario	17. Estación Cristo Rey
4. Estación Cancha El Apóstol	18. Estación Parque Santander
5. Estación Cancha Chapinero	19. Estación Jesús Misericordioso
6. Estación Cancha Buenos Aires	20. Estación de Policía Ospina Pérez
7. Estación Colegio Juan Pablo I	21. Estación Integrado Juan Atalaya
8. Estación Terminal	22. Estación Parroquia Santísima Trinidad
9. Estación Ventura Plaza	23. Estación UDES
10. Estación Loma de Bolívar	24. Estación Niza
11. Estación Éxito San Mateo	25. Estación Colegio Mercedes Abrego
12. Estación Unicentro	26. Estación Cancha Aeropuerto
13. Estación García Herreros	27. Estación Parroquia San Juan Bosco
14. Estación Prados del Este	28. Estación Todos los Santos

Para el desarrollo del modelo, se tomaron los modelos matemáticos de macro localización usados para la determinación de la localización de instalaciones. De esta forma, la intención es tener certeza en el modelo, por lo cual, se realizan tres evaluaciones de diferentes alternativas

para la validación de la información al hallar o encontrar los puntos donde potencialmente se ubicarán las estaciones que tengan la mayor conveniencia para el funcionamiento del sistema.

4.2.1. Centro de gravedad. Determinar las plazas encargadas de suplir las necesidades del sistema es parte fundamental de la investigación, por esto, se utiliza un modelo escalonado de cuadrantes (1, 2, 4, 8, & 16) (ver figura 23). A modo de contextualización, se genera una cuadrícula específica por cada cuadrante, con el fin de subdividir (en subcuadrantes) el espacio de modelado según sea el enfoque macro (horizontal, vertical o mixto) y, seguidamente determinar de manera óptima la distribución de las ubicaciones de las plataformas. Cabe aclarar: por cada cuadrante se halla un número de ubicaciones (sí son 4 cuadrantes el resultado será 4 plataformas, excepto de que en algún cuadrante no existan puntos de referencia); Para la diagramación de ubicaciones y planos, se hace uso de las funciones de la herramienta “My Maps” de Google.

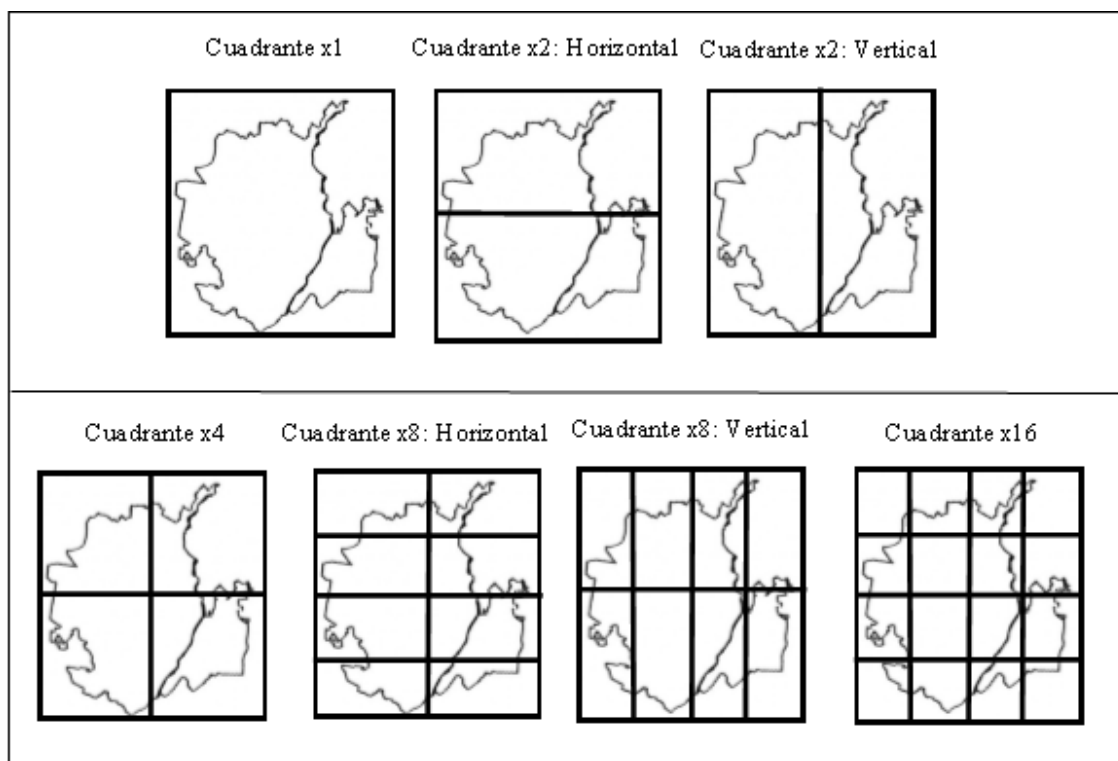


Figura 23. División por cuadrantes

Así mismo, se prosigue a realizar el primer punto de ubicación de centro de gravedad contemplando el total de personas el cual se asume el volumen estándar (555). Se procede a la selección de coordenadas correspondientes a cada punto estratégico seleccionado (ver figura 24) (Ver anexo C. Mapa Localización Centro de Gravedad con 1 Cuadrante). El resultado de la aplicación del método, da la ubicación por latitud: 7,905938571 y longitud: -72,50636786, esta ubicación da con dirección en la ciudad Calle 7 Norte con avenida 7, como se muestra a continuación (ver figura 25 y 26).

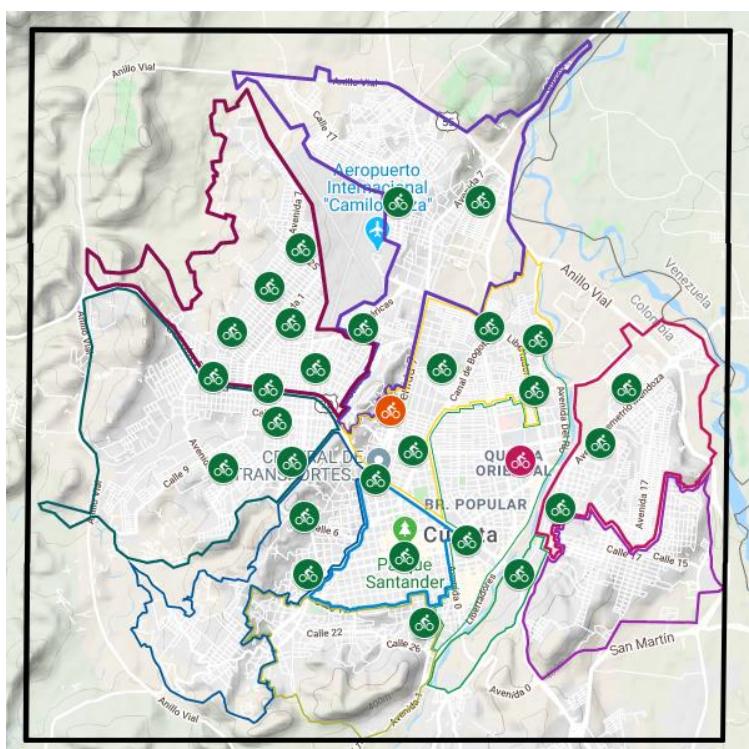


Figura 24. Mapa Localización Centro de Gravedad con 1 Cuadrante



Figura 25. Resultado Centro de Gravedad.

Fuente: Google. (Mayo de 2013). Google Maps. Obtenido de <https://www.google.com/maps>

Estación	Coordenadas		Volumen (vi)	Carga Distancia	
	Latitud (x)	Longitud (y)		x*vi	y*vi
1. Estación de policía Atalaya	7.90900	-72.52308	555	4389.495	-40250.3094
2. Estación parque de ceci	7.89813	-72.52929	555	4383.46215	-40253.75595
3. Estación Centenario	7.90438	-72.52195	555	4386.9309	-40249.68225
4. Estación Cancha El Apostol	7.91667	-72.52809	555	4393.75185	-40253.08995
5. Estación Cancha Chapinero	7.91159	-72.51658	555	4390.93245	-40246.7019
6. Estación Cancha Buenos Aires	7.92794	-72.51877	555	4400.0067	-40247.91735
7. Estación Colegio Juan Pablo I	7.91781	-72.52007	555	4394.38455	-40248.63885
8. Estación Terminal	7.89651	-72.50840	555	4382.56305	-40242.162
9. Estación Ventura Plaza	7.88821	-72.49584	555	4377.95655	-40235.1912
10. Estación Loma de Bolívar	7.89137	-72.51821	555	4379.71035	-40247.60655
11. Estación Éxito San Mateo	7.88353	-72.48862	555	4375.35915	-40231.1841
12. Estación Unicentro	7.91720	-72.49283	555	4394.046	-40233.52065
13. Estación García Herrerros	7.93453	-72.49391	555	4403.66415	-40234.12005
14. Estación Prados del Este	7.90888	-72.47396	555	4389.4284	-40223.0478
15. Estación San Luis	7.89268	-72.48293	555	4380.4374	-40228.02615
16. Estación SENA	7.90052	-72.50332	555	4384.7886	-40239.3426
17. Estación Cristo Rey	7.87703	-72.50173	555	4371.75165	-40238.46015
18. Estación Parque Santander	7.88593	-72.50447	555	4376.69115	-40239.98085
19. Estación Jesús Misericordioso	7.91711	-72.51002	555	4393.99605	-40243.0611
20. Estación de Policía Ospina Perez	7.92275	-72.52297	555	4397.12625	-40250.24835
21. Estación Integrado Juan Atalaya	7.91048	-72.53074	555	4390.3164	-40254.5607
22. Estación Parroquia Santísima Trinidad	7.88356	-72.51763	555	4375.3758	-40247.28465
23. Estación UDES	7.91171	-72.49930	555	4390.99905	-40237.1115
24. Estación Niza	7.91565	-72.48611	555	4393.18575	-40229.79105
25. Estación Colegio Mercedes Abrego	7.90853	-72.48665	555	4389.23415	-40230.09075
26. Estación Cancha Aeropuerto	7.93421	-72.50533	555	4403.48655	-40240.45815
27. Estación Parroquia San Juan Bosco	7.89892	-72.51996	555	4383.9006	-40248.5778
28. Estación Todos los Santos	7.90145	-72.47754	555	4385.30475	-40225.0347
TOTAL			15540	122858.2854	-1126748.957
COORDENADA CENTRO DE GRAVEDAD				7.905938571	-72.50636786

Figura 26. Centro de gravedad central.

4.2.1.1. Escenario horizontal. Para la aplicación de este escenario se toma como foco la ubicación latitud: 7,905938571 y longitud: -72,50636786, el cuál realiza una división de norte y sur de la ciudad, así se toman volúmenes que varían a la posición inicial y al aplicar el método resultan dos ubicaciones (centro de gravedad) más por cada segmento Norte y Sur; tal como lo muestra a continuación (ver figura 27, 28 y 29) (Ver anexo D. Mapa Localización Centro de Gravedad con 2 Cuadrantes en Horizontal). Como consecuencia de la aplicación del método de centro de gravedad horizontal superior, la ubicación por latitud: 7,915132941 y longitud: -72,50556824, esta ubicación da con dirección en la ciudad (Calle 12 Norte con avenida 12 A).

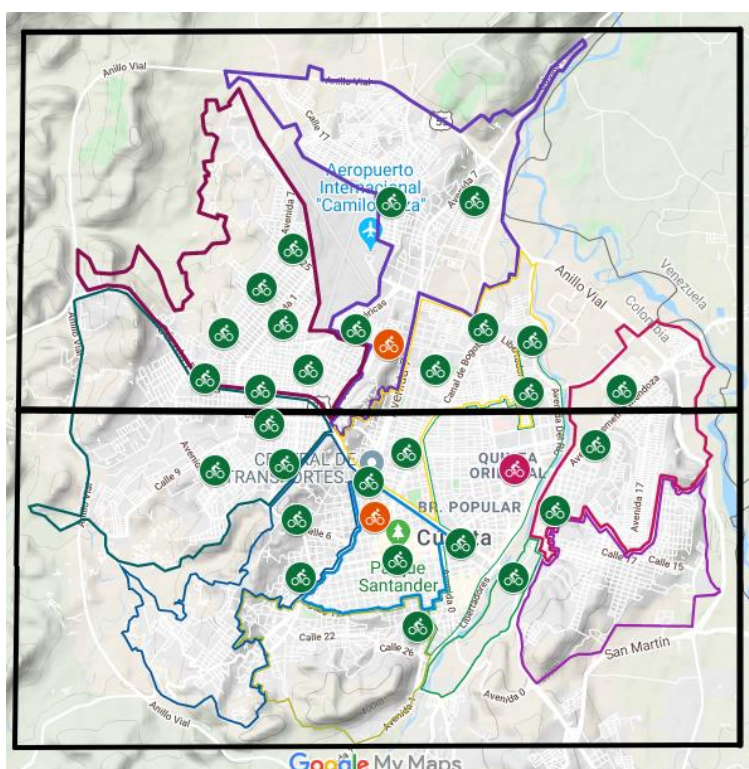


Figura 27. Mapa Localización Centro de Gravedad con 2 Cuadrantes en Horizontal

Estación	Coordenadas		Volumen (vi)	Carga Distancia		Comuna	Volumen
	Latitud (x)	Longitud (y)		x*vi	y*vi		
1. Estación de policía Atalaya	7.90900	-72.52308	335	2649.515	-24295.2318	Comuna 8	57
4. Estación Cancha El Apostol	7.91667	-72.52809	335	2652.08445	-24296.9102	Comuna 7	50
5. Estación Cancha Chapinero	7.91159	-72.51658	335	2650.38265	-24293.0543	Comuna 6	86
6. Estación Cancha Buenos Aires	7.92794	-72.51877	335	2655.8599	-24293.788	Comuna 5	52
7. Estación Colegio Juan Pablo I	7.91781	-72.52007	335	2652.46635	-24294.2235	Comuna 2	43
12. Estación Unicentro	7.91720	-72.49283	335	2652.262	-24285.0981	Comuna 4	47
13. Estación García Herrerros	7.93453	-72.49391	335	2658.06755	-24285.4599	total	335
14. Estación Prados del Este	7.90888	-72.47396	335	2649.4748	-24278.7766		
15. Estación San Luis	7.89268	-72.48293	335	2644.0478	-24281.7816		
16. Estación SENA	7.90052	-72.50332	335	2646.6742	-24288.6122		
19. Estación Jesús Misericordioso	7.91711	-72.51002	335	2652.23185	-24290.8567		
20. Estación de Policía Ospina Perez	7.92275	-72.52297	335	2654.12125	-24295.195		
21. Estación Integrado Juan Atalaya	7.91048	-72.53074	335	2650.0108	-24297.7979		
23. Estación UDES	7.91171	-72.49930	335	2650.42285	-24287.2655		
24. Estación Niza	7.91565	-72.48611	335	2651.74275	-24282.8469		
25. Estación Colegio Mercedes Abrego	7.90853	-72.48665	335	2649.35755	-24283.0278		
26. Estación Cancha Aeropuerto	7.93421	-72.50533	335	2657.96035	-24289.2856		
TOTAL	134.55726	-1232.59466	5695	45076.6821	-412919.211		
COORDENADA CENTRO DE GRAVEDAD				7.915132941	-72.50556824		

Figura 28. Centro de gravedad horizontal superior.

Con referencia a la aplicación del método (sección inferior), la ubicación por latitud: 7,89172909 y longitud: -72,5076036, esta ubicación da con dirección en la ciudad (Calle 5 con avenida 8 y 9, Centro).

Estación	Coordenadas		Volumen (vi)	Carga Distancia		Comuna	Volumen
	Latitud (x)	Longitud (y)		x*vi	y*vi		
2. Estación parque de ceci	7.89813	-72.52929	332	2622.1792	-24079.72	Comuna 8	57
3. Estación Centenario	7.90438	-72.52195	332	2624.2542	-24077.29	Comuna 9	46
8. Estación Terminal	7.89651	-72.50840	332	2621.6413	-24072.79	Comuna 1	19
9. Estación Ventura Plaza	7.88821	-72.49584	332	2618.8857	-24068.62	Comuna 5	52
10. Estación Loma de Bolívar	7.89137	-72.51821	332	2619.9348	-24076.05	Comuna 2	43
11. Estación Éxito San Mateo	7.88353	-72.48862	332	2617.332	-24066.22	Comuna 4	47
17. Estación Cristo Rey	7.87703	-72.50173	332	2615.174	-24070.57	Comuna 10	26
18. Estación Parque Santander	7.88593	-72.50447	332	2618.1288	-24071.48	Comuna 3	42
22. Estación Parroquia Santísima Trinidad	7.88356	-72.51763	332	2617.3419	-24075.85	total	332
27. Estación Parroquia San Juan Bosco	7.89892	-72.51996	332	2622.4414	-24076.63		
28. Estación Todos los Santos	7.90145	-72.47754	332	2623.2814	-24062.54		
TOTAL	86.80902	-797.58364	3652	28820.595	-264797.8		
COORDENADA CENTRO DE GRAVEDAD				7.8917291	-72.5076		

Figura 29. Centro de gravedad horizontal inferior

4.2.1.2. Escenario Vertical. Partiendo del foco inicial el presente escenario realiza una división de oriente y occidente de la ciudad, así se toman volúmenes que varían a la posición inicial y al aplicar el método arroja dos ubicaciones (centro de gravedad) más por cada segmento

izquierdo y derecho tal como lo muestra las siguientes figuras (ver figura 30, 31 y 32) (Ver anexo E. Mapa Localización Centro de Gravedad con 2 Cuadrantes en Vertical).

El resultado de la aplicación del método, da la ubicación por latitud: 7,907587143 y longitud: -72,52041143, esta ubicación da con dirección en la ciudad Calle 1 con avenida 19 Atalaya.

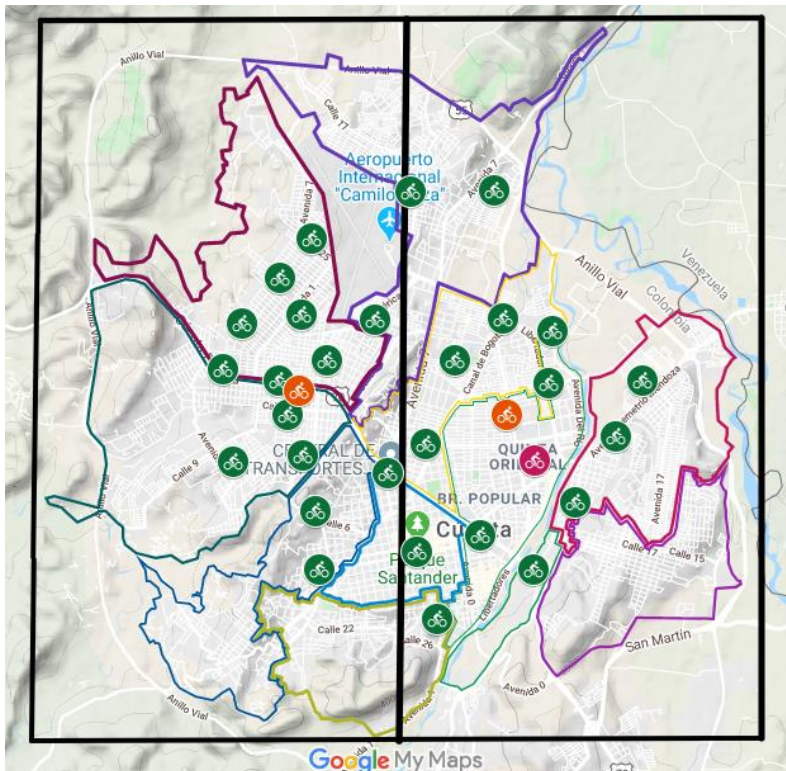


Figura 30. Mapa Localización Centro de Gravedad con 2 Cuadrantes en Vertical

Estación	Coordenadas		Volumen (vi)	Carga Distancia		Comuna
	Latitud (x)	Longitud (y)		x*vi	y*vi	
1. Estación de policía Atalaya	7.90900	-72.52308	258	2040.522	-18710.9546	Comuna 9
2. Estación parque de ceci	7.89813	-72.52929	258	2037.71754	-18712.5568	Comuna 1
3. Estación Centenario	7.90438	-72.52195	258	2039.33004	-18710.6631	Comuna 8
4. Estación Cancha El Apostol	7.91667	-72.52809	258	2042.50086	-18712.2472	Comuna 7
5. Estación Cancha Chapinero	7.91159	-72.51658	258	2041.19022	-18709.2776	Comuna 6
6. Estación Cancha Buenos Aires	7.92794	-72.51877	258	2045.40852	-18709.8427	Total
7. Estación Colegio Juan Pablo I	7.91781	-72.52007	258	2042.79498	-18710.1781	
8. Estación Terminal	7.89651	-72.50840	258	2037.29958	-18707.1672	
10. Estación Loma de Bolívar	7.89137	-72.51821	258	2035.97346	-18709.6982	
19. Estación Jesús Misericordioso	7.91711	-72.51002	258	2042.61438	-18707.5852	
20. Estación de Policía Ospina Perez	7.92275	-72.52297	258	2044.0695	-18710.9263	
21. Estación Integrado Juan Atalaya	7.91048	-72.53074	258	2040.90384	-18712.9309	
22. Estación Parroquia Santísima Trinidad	7.88356	-72.51763	258	2033.95848	-18709.5485	
27. Estación Parroquia San Juan Bosco	7.89892	-72.51996	258	2037.92136	-18710.1497	
TOTAL	110.70622	-1015.28576	3612	28562.2048	-261943.726	
COORDENADA CENTRO DE GRAVEDAD				7.907587143	-72.52041143	

Figura 31. Centro de gravedad vertical izquierdo

El resultado de la aplicación del método, da la ubicación por latitud: 7,90429 y longitud: -72,4923243, esta ubicación da con dirección en la ciudad Avenida 10 Este con calle 6 Norte.

Estación	Coordenadas		Volumen (vi)	Carga Distancia		Comuna	Volumen
	Latitud (x)	Longitud (y)		x*vi	y*vi		
9. Estación Ventura Plaza	7.88821	-72.49584	315	2484.7862	-22836.19	Comuna 6	86
11. Estación Éxito San Mateo	7.88353	-72.48862	315	2483.312	-22833.92	Comuna 5	52
12. Estación Unicentro	7.91720	-72.49283	315	2493.918	-22835.24	Comuna 1	19
13. Estación García Herreros	7.93453	-72.49391	315	2499.377	-22835.58	Comuna 10	26
14. Estación Prados del Este	7.90888	-72.47396	315	2491.2972	-22829.3	Comuna 2	43
15. Estación San Luis	7.89268	-72.48293	315	2486.1942	-22832.12	Comuna 3	42
16. Estación SENA	7.90052	-72.50332	315	2488.6638	-22838.55	Comuna 4	47
17. Estación Cristo Rey	7.87703	-72.50173	315	2481.2645	-22838.04	Total	315
18. Estación Parque Santander	7.88593	-72.50447	315	2484.068	-22838.91		
23. Estación UDES	7.91171	-72.49930	315	2492.1887	-22837.28		
24. Estación Niza	7.91565	-72.48611	315	2493.4298	-22833.12		
25. Estación Colegio Mercedes Abrego	7.90853	-72.48665	315	2491.187	-22833.29		
26. Estación Cancha Aeropuerto	7.93421	-72.50533	315	2499.2762	-22839.18		
28. Estación Todos los Santos	7.90145	-72.47754	315	2488.9568	-22830.43		
TOTAL	110.66006	-1014.89254	4410	34857.919	-319691.2		
COORDENADA CENTRO DE GRAVEDAD				7.90429	-72.49232		

Figura 32. Centro de gravedad vertical derecho.

4.2.1.3. Escenario por cuadrantes. Partiendo del foco inicial el presente escenario realiza una división de cuatro cuadrantes en la ciudad, así se toman volúmenes que varían a la posición inicial y al aplicar el método arroja cuatro ubicaciones (centro de gravedad) más por cada

segmento tal como lo muestra la tabla (Ver figura 33) (Ver anexo F. Mapa Localización Centro de Gravedad con 4 Cuadrantes) (ver tabla 3).

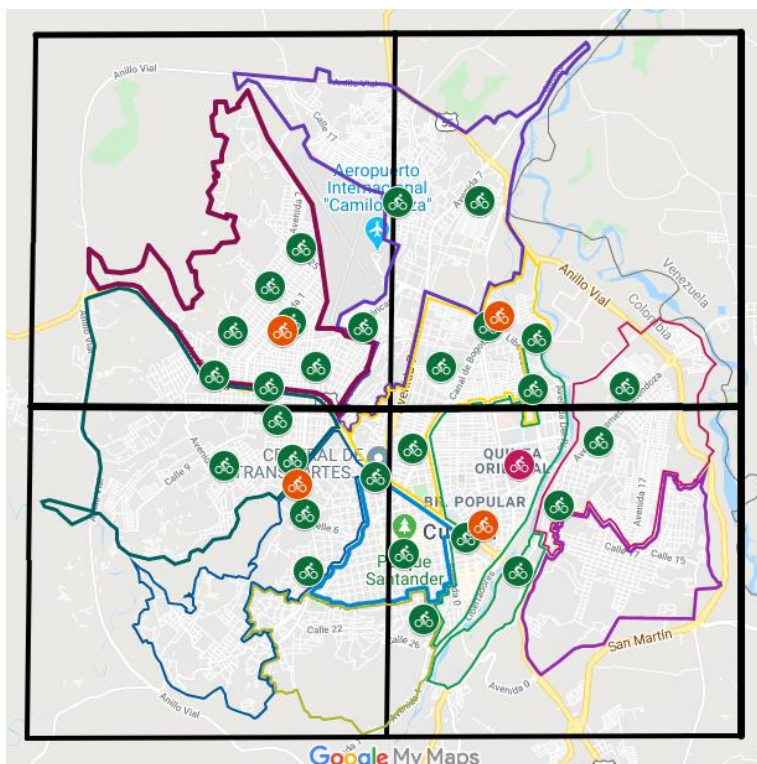


Figura 33. Mapa Localización Centro de Gravedad con 4 Cuadrantes

Tabla 3. Resumen centro de gravedad por cuadrantes

Cuadrante	Latitud (X)	Longitud (Y)	Dirección
1	7.91666875	-72.52129	Av 00 entre calle 8 y 9 Barrio la Laguna
2	7.89547833	-72.51924	Av 17 con calle 11 Los alpes
3	7.91867286	-72.4911557	CII 20N Barrio Tasajero
4	7.88990714	-72.4934929	Av 3 este con calle 9 Barrio Sayago

4.2.1.4. Escenario por subcuadrantes horizontal. Partiendo del foco de los cuadrantes (ítem anterior) cada cuadrante se convierte en el foco central para cada subcuadrante; para el presente escenario se realiza una división de 2 subcuadrantes en cada cuadrante, así se toman volúmenes que varían a la posición inicial y al aplicar el método arroja dos ubicaciones (centro de gravedad)

más por cada cuadrante tal como lo muestra la tabla (ver figura 34) (Ver anexo G. Mapa Localización Centro de Gravedad Con 8 Cuadrantes en Horizontal) (ver tabla 4).

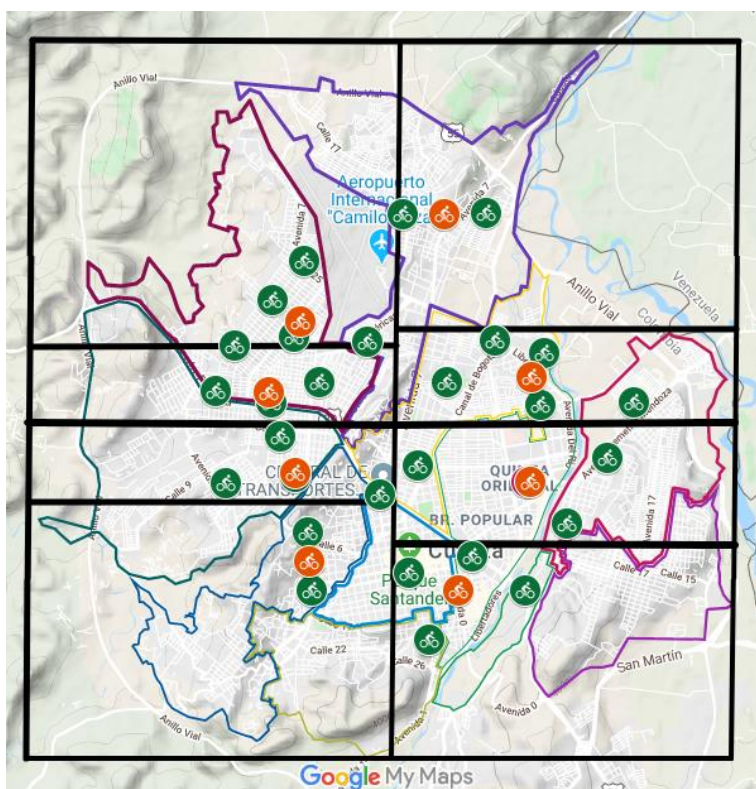


Figura 34. Mapa Localización Centro de Gravedad Con 8 Cuadrantes en Horizontal

Tabla 4. Resumen centro de gravedad por subcuadrantes horizontal

Cuadrante	Latitud (X)	Longitud (Y)	Dirección
C1-HZSU	7.919882500	-72.51923750	Calle 15 entre av 1 y 00 Barrio Laguna
C1-HZIN	7.910356667	-72.52346667	Calle 2 entre av 10 y 9 Barrio Comuneros
C2-HZSU	7.899485000	-72.51990000	Calle 10 entre av 18 y 18 B los Almendros
C2-HZIN	7.887465000	-72.51792000	Av 17 entre calle 7 y 8 San Miguel
C3-HZSU	7.934370000	-72.49962000	Av 7 con Calle 10 Panamericano
C3-HZIN	7.912394000	-72.48777000	Av Libertadores con calle13 Zulima
C4-HZSU	7.898216667	-72.48793000	Universidad Francisco de Paula Santander
C4-HZIN	7.883675000	-72.49766500	Av0 con calle 14 Caobos

*HZ: Horizontal; SU: Superior; IN: Inferior.

4.2.1.5. Escenario por subcuadrantes vertical. Partiendo del foco de los cuadrantes cada cuadrante se convierte en el foco central para cada subcuadrante; para el presente escenario se

realiza una división de 2 subcuadrantes en cada cuadrante, así se toman volúmenes que varían a la posición inicial y al aplicar el método arroja dos ubicaciones (centro de gravedad) más por cada cuadrante tal como lo muestra la tabla (ver figura35) (Ver anexo H. Mapa Localización Centro de Gravedad Con 8 Cuadrantes en Vertical) (ver tabla 5).

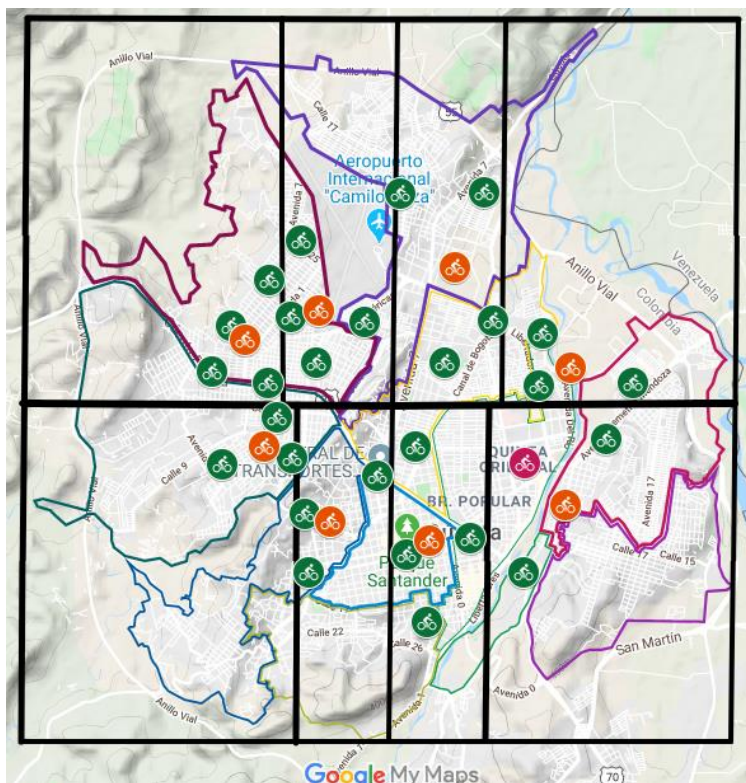


Figura 35. Mapa Localización Centro de Gravedad Con 8 Cuadrantes en Vertical

Tabla 5. Resumen centro de gravedad por subcuadrantes vertical

Cuadrante	Latitud (X)	Longitud (Y)	Dirección
C1-VRIZ	7.914725000	-72.52622000	Calle 1 con av1 Barrio Motilones
C1-VRDR	7.918612500	-72.51636000	Av 00 con calle 16 Barrio La Laguna
C2-VRIZ	7.900476667	-72.52373333	Av 21 con calle 9 Barrio Cúcuta 75
C2-VRDR	7.890480000	-72.51474667	Calle 6 con av 15 Loma de Bolívar
C3-VRIZ	7.924412500	-72.49784250	Reloj Zona franca
C3-VRDR	7.911020000	-72.48224000	Puente la gazapa
C4-VRIZ	7.887922500	-72.50134000	Calle 10 con Av 3 Centro
C4-VRDR	7.892553333	-72.48303000	Av3 con calle 13 San Luis

*VR: Vertical; IZ: Izquierda; DR: Derecha.

4.2.1.6. Escenario por subcuadrantes. Partiendo del foco de los cuadrantes, cada cuadrante se convierte en el foco central para cada subcuadrante; para el presente escenario se realiza una división de 4 subcuadrantes en cada cuadrante, así se toman volúmenes que varían a la posición inicial y al aplicar el método arroja 4 ubicaciones (centro de gravedad) más por cada cuadrante tal como lo muestra la tabla 6, cabe resaltar que no todos los subcuadrantes tienen (ver figura 36) (Ver anexo H. Mapa Localización Centro de Gravedad Con 8 Cuadrantes en Vertical) (ver tabla 6).

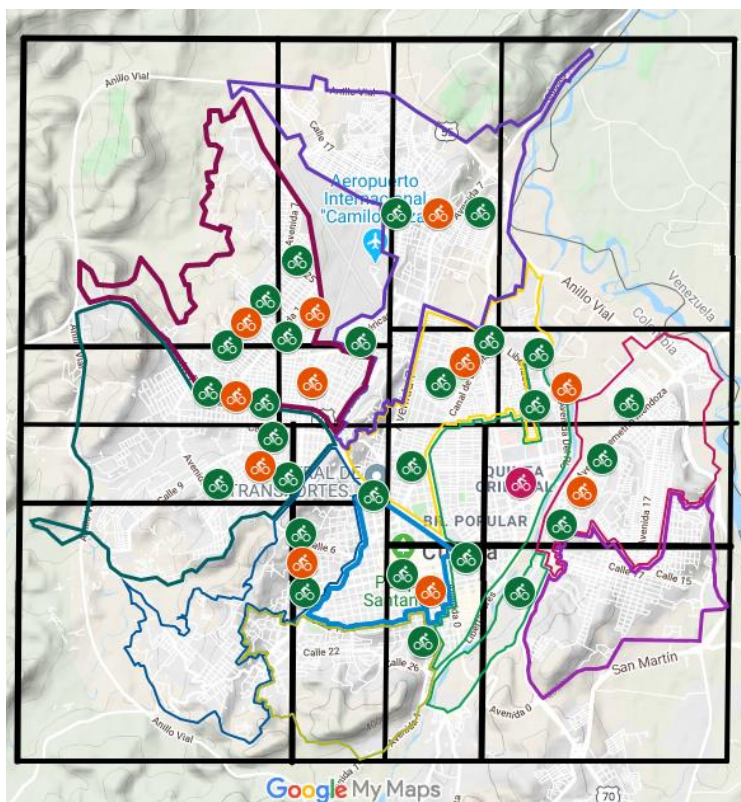


Figura 36. Mapa Localización Centro de Gravedad Con 8 Cuadrantes en Vertical

Tabla 6. Resumen centro de gravedad por subcuadrantes

Cuadrante	Latitud (X)	Longitud (Y)	Dirección
C1- 1	7.919710000	-72.52553000	Av 5 entre calle 7 y 8 Motilones
C1- 2	7.909740000	-72.52691000	Redoma del Claret
C1- 3	7.920953333	-72.51628667	Calle 19 con Av 1 Buenos aires
C1- 4	7.911590000	-72.51658000	Cancha sintética Chapinero
C2- 1	7.900476667	-72.52373333	Av 21 con Call9 Cúcuta 75
C2- 3	7.896510000	-72.50840000	Terminal de transporte
C2- 4	7.887465000	-72.51792000	Transversal 17 con calle 7
C3- 1	7.934370000	-72.49962000	Calle 10 con Av 8 Panamericano
C3- 2	7.914455000	-72.49606500	Universidad Libre
C3- 4	7.911020000	-72.48224000	Puente la gazapa
C4- 1	7.90052000	-72.5033200	Sena pescadero
C4- 2	7.883723333	-72.50068000	Calle 13 con av3 Parque Colon
C4- 3	7.897065000	-72.48023500	Av 5 Entre calle 7 y 8 San Luis
C4- 4	7.88353000	-72.4886200	Éxito San Mateo

4.2.2. Carga distancia.

Basado en los puntos de centro de gravedad calculados anteriormente, se procede a recopilar las distancias de recorrido desde cada estación hasta la ubicación de la zona de estudio (UFPS), partiendo de la división por comunas de la población de bici usuarios, se toma el volumen de carga de cada estación y se procede al cálculo de la carga del sistema con respecto a la distancia. Este cálculo se realiza multiplicando el volumen de la población flotante que cubriría la estación por la distancia del punto hasta la UFPS.

En este orden lógico, el objetivo que se persigue es lograr minimizar las distancias entre las estaciones y la UFPS con respecto a las cargas que requiere cada nodo, esto con el fin de encontrar las estaciones más acordes a una posible implementación, para lo cual la tabla muestra en orden ascendente (de menor a mayor) las cargas del sistema (ver tabla 7). Para este método se toma como condicional de decisión inclusiva al 50% más óptimo con respecto al resultado general, es decir, el primer 50% con menos carga. Sin embargo, se deduce que dentro del top 10 se encuentran las estaciones con una distancia inferior a 5 Km con respecto a la estación central

(UFPS) y, con una carga del sistema inferior a 50 potenciales bici usuarios, a excepción de la estación Unicentro y estación Colegio Mercedes Abrego que son aledañas/cercanas en distancia con la UFPS. (ver figura 37) (ver anexo j. mapa localización carga distancia)

Tabla 7.Carga distancia

Item	Estación	Distancia (UFPS) Km	Volumen	Carga	Resultado
1	9. Estación Ventura Plaza	1,92	19	36,48	1
2	8. Estación Terminal	2,69	19	51,11	1
3	18. Estación Parque Santander	2,93	19	55,67	1
4	15. Estación San Luis	1,79	47	84,13	1
5	28. Estación Todos los Santos	2,03	47	95,41	1
6	17. Estación Cristo Rey	3,86	26	100,4	1
7	22. Estación Parroquia Santísima Trinidad	4,23	26	110	1
8	11. Estación Éxito San Mateo	2,86	43	123	1
9	12. Estación Unicentro	2,44	52	126,9	1
10	25. Estación Colegio Mercedes Abrego	2,48	52	129	1
11	14. Estación Prados del Este	2,85	47	134	1
12	16. Estación SENA	2,71	52	140,9	1
13	23. Estación UDES	2,78	52	144,6	1
14	24. Estación Niza	3,08	52	160,2	1
15	10. Estación Loma de Bolívar	3,95	46	181,7	0
16	5. Estación Cancha Chapinero	5	50	250	0
17	3. Estación Centenario	4,8	57	273,6	0
18	27. Estación Parroquia San Juan Bosco	5,12	57	291,8	0
19	7. Estación Colegio Juan Pablo I	5,86	50	293	0
20	1. Estación de policía Atalaya	5,93	50	296,5	0
21	21. Estación Integrado Juan Atalaya	6,31	50	315,5	0
22	4. Estación Cancha El Apóstol	6,54	50	327	0
23	20. Estación de Policía Ospina Pérez	6,63	50	331,5	0
24	2. Estación parque de Ceci	6,68	57	380,8	0
25	6. Estación Cancha Buenos Aires	8,19	50	409,5	0
26	13. Estación García Herreros	4,85	86	417,1	0
27	19. Estación Jesús Misericordioso	5	86	430	0
28	26. Estación Cancha Aeropuerto	5,52	86	474,7	0

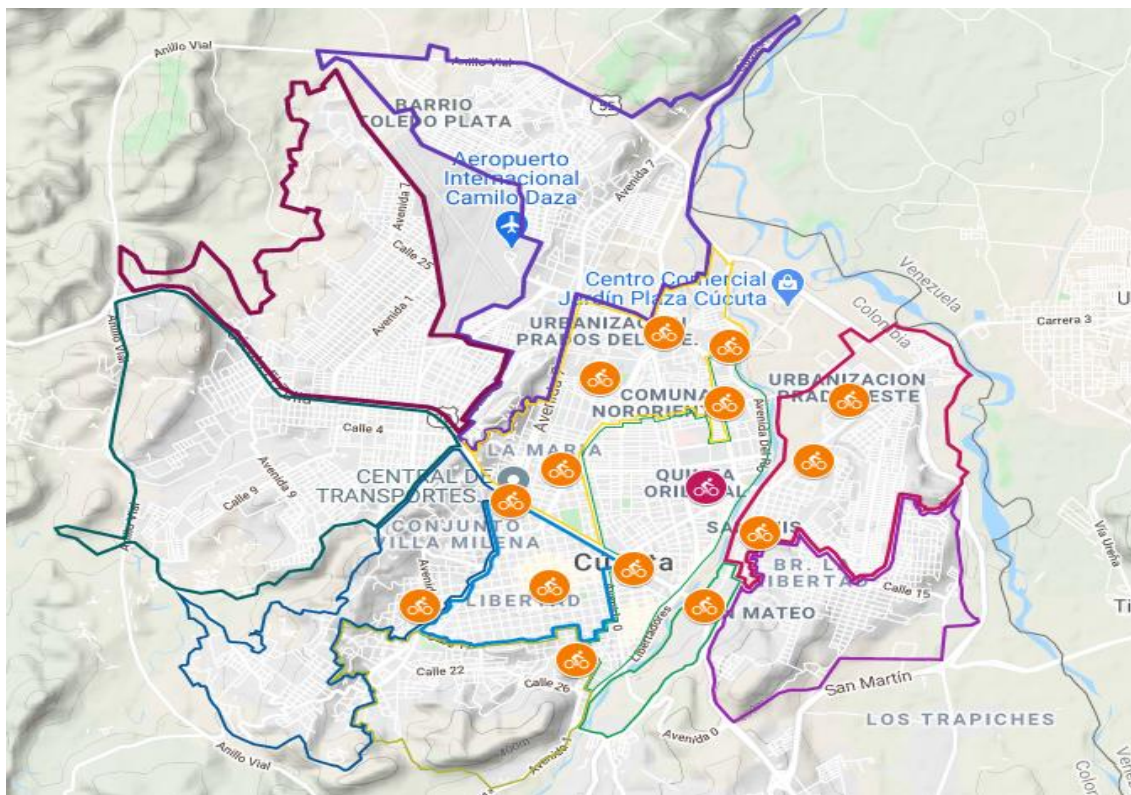


Figura 37. mapa localización carga distancia

4.2.3. Modelo AHP. Para complementar las posibles decisiones a tomar frente a la ubicación de estaciones, se hace necesario introducir al sistema criterios de evaluación subjetivos con el objeto de estructurar la decisión a proponer en coherencia con las necesidades del entorno. El llegar a estos criterios, se logró diseñando un instrumento (Anexo Digital 2) que ayudó a esquematizar los criterios a evaluar, siendo de mayor relevancia: la disponibilidad de bicicletas (satisfacer la carga del sistema), la distancia de recorrido entre la estación y la UFPS (minimizar el esfuerzo y el tiempo de recorridos) y, por último, pero no menos relevante la seguridad del sistema (asignando confiabilidad de poder usar con tranquilidad el sistema). La escala fundamental para representar las intensidades de los juicios es la descrita en la siguiente tabla (ver tabla 8).

Tabla 8. Escala Saaty

Escala numérica	Escala verbal	Explicación
1	Igual importancia	Los dos elementos contribuyen igualmente a la propiedad o criterio
3	Moderadamente más importante un elemento que el otro	El juicio y la experiencia previa favorecen a un elemento frente al otro
5	Fuertemente más importante un elemento que en otro	Un juicio y la experiencia previa favorecen fuertemente a un elemento frente al otro
7	Mucho más fuerte la importancia de un elemento que la del otro	Un elemento domina fuertemente. Su dominación está probada en práctica
9	Importancia extrema de un elemento frente al otro	Un elemento domina al otro con el mayor orden de magnitud posible

La aplicación del modelo AHP, tiene en cuenta las divisiones por cuadrante resultantes del modelo centro de gravedad, porque al evaluar diferentes escenarios posibles según los criterios anteriormente mencionados permite analizar de manera más objetiva el desarrollo de la herramienta en cuestión. Inicialmente, el modelo evalúa los criterios (ver figura 38) para continuar la examinación de cada referente específico acorde con los cuadrantes y, así consolidar un vector propio de decisión enmarcado en la lógica de los índices de consistencia.

Matriz de comparación de criterios							
Criterios	Seguridad	Disponibilidad	Distancia	Matriz normalizada			Ponderación
Seguridad	1/1	9/7	3/1	0.47	0.47	0.47	0.47
Disponibilidad	7/9	1/1	7/3	0.37	0.37	0.37	0.37
Distancia	1/3	3/7	1/1	0.16	0.16	0.16	0.16
Total	2.11	2.71	6.33				1.00

Figura 38. Matriz de comparación de criterios

A continuación, se muestra el índice de consistencia de la matriz, donde el índice expone un resultado aceptable con respecto a la teoría (*todo índice inferior a 0.1 es considerado aceptable*) (ver figura 39).

AxP		
1.42105263	$CI=(n_{max}-n)/(n-1)$	0
1.10526316	$RI=1.98*(n-2)/n$	0.66
0.47368421	$CR=CI/RI$	0
3		

Figura 39. Índice de consistencia de la comparación de criterios

4.2.3.1. Cuadrante I. Seguidamente, es necesario comparar cada criterio (seguridad, disponibilidad y distancia) - *figuras 40, 42 & 44*- versus cada una de las estaciones en el enfoque de cada cuadrante (ver figuras 40, 42 y 44). A continuación, se muestra la solución mediante el análisis multicriterio de la matriz de comparación de los criterios para el cuadrante uno, los cuales evalúa un total de 8 estaciones, estas son representadas por un ID único como se muestra en la siguiente tabla (ver tabla 9).

Tabla 9. Estaciones del cuadrante 1.

Id	Nombre de la estación
1.	Estación de policía Atalaya
4.	Estación Cancha El Apostol
5.	Estación Cancha Chapinero
6.	Estación Cancha Buenos Aires
7.	Estación Colegio Juan Pablo I
19.	Estación Jesús Misericordioso
20.	Estación de Policía Ospina Pérez
21.	Estación Integrado Juan Atalaya

Seguridad Cuadrante I																		
Criterios	1	4	5	6	7	19	20	21	Matriz normalizada								Ponderación	
1	1/1	9/5	1/1	3/1	9/5	3/1	1/1	3/1	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20
4	5/9	1/1	5/9	5/3	1/1	5/3	5/9	5/3	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11
5	1/1	9/5	1/1	3/1	9/5	3/1	1/1	3/1	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20
6	1/3	3/5	1/3	1/1	3/5	1/1	1/3	1/1	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07
7	5/9	1/1	5/9	5/3	1/1	5/3	5/9	5/3	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11
19	1/3	3/5	1/3	1/1	3/5	1/1	1/3	1/1	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07
20	1/1	9/5	1/1	3/1	9/5	3/1	1/1	3/1	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20
21	1/3	3/5	1/3	1/1	3/5	1/1	1/3	1/1	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07
Total	5.11	9.20	5.11	15.33	9.20	15.33	5.11	15.33									1.00	

Figura 40. Matriz de comparación cuadrante I - Seguridad

Estación	AxP		
1	1.5652	$CI=(nmax-n)/(n-1)$	0.0000
4	0.8696	$RI=1.98*(n-2)/n$	1.4850
5	1.5652	$CR=CI/RI$	0.0000
6	0.5217		
7	0.8696		
19	0.5217		
20	1.5652		
21	0.5217		
Total	8.0000		

Figura 41. Índice de consistencia cuadrante I – Seguridad

Disponibilidad Cuadrante I																		
Criterios	1	4	5	6	7	19	20	21	Matriz normalizada								Ponderación	
1	1/1	9/7	9/7	9/1	3/1	9/5	9/5	9/7	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20
4	7/9	1/1	1/1	7/1	7/3	7/5	7/5	1/1	0.16	0.16	0.16	0.16	0.16	0.16	0.16	0.16	0.16	0.16
5	7/9	1/1	1/1	7/1	7/3	7/5	7/5	1/1	0.16	0.16	0.16	0.16	0.16	0.16	0.16	0.16	0.16	0.16
6	1/9	1/7	1/7	1/1	1/3	1/5	1/5	1/7	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02
7	1/3	3/7	3/7	3/1	1/1	3/5	3/5	3/7	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07
19	5/9	5/7	5/7	5/1	5/3	1/1	1/1	5/7	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11
20	5/9	5/7	5/7	5/1	5/3	1/1	1/1	5/7	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11
21	7/9	1/1	1/1	7/1	7/3	7/5	7/5	1/1	0.16	0.16	0.16	0.16	0.16	0.16	0.16	0.16	0.16	0.16
Total	4.89	6.29	6.29	44.00	14.67	8.80	8.80	6.29									1.00	

Figura 42. Matriz de comparación cuadrante I – Disponibilidad

Estación	AxP		
1	1.6364	$CI=(n_{max}-n)/(n-1)$	0.00
4	1.2727	$RI=1.98*(n-2)/n$	1.49
5	1.2727	$CR=CI/RI$	0.00
6	0.1818		
7	0.5455		
19	0.9091		
20	0.9091		
21	1.2727		
Total	8.0000		

Figura 43. Índice de consistencia cuadrante I – Disponibilidad

Distancia Cuadrante I																			
Criterios	1	4	5	6	7	19	20	21	Matriz normalizada								Ponderación		
1	1/1	1/1	9/5	9/5	9/5	9/5	3/1	9/1	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21
4	1/1	1/1	9/5	9/5	9/5	9/5	3/1	9/1	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21
5	5/9	5/9	1/1	1/1	1/1	1/1	5/3	5/1	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12
6	5/9	5/9	1/1	1/1	1/1	1/1	5/3	5/1	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12
7	5/9	5/9	1/1	1/1	1/1	1/1	5/3	5/1	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12
19	5/9	5/9	1/1	1/1	1/1	1/1	5/3	5/1	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12
20	1/3	1/3	3/5	3/5	3/5	3/5	1/1	3/1	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07
21	1/9	1/9	1/5	1/5	1/5	1/5	1/3	1/1	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02
Total	4.67	4.67	8.4	8.4	8.4	8.4	14	42											1.00

Figura 44. Matriz de comparación cuadrante I – Distancia.

Estación	AxP		
1	1.7143	$CI=(n_{max}-n)/(n-1)$	0.00
4	1.7143	$RI=1.98*(n-2)/n$	1.49
5	0.9524	$CR=CI/RI$	0.00
6	0.9524		
7	0.9524		
19	0.9524		
20	0.5714		
21	0.1905		
Total	8		

Figura 45. Índice de consistencia cuadrante I – Distancia.

Para los cálculos realizados, los índices de consistencia están dentro del rango estándar según la teoría, por lo tanto, los datos son aceptables y confirma que las evaluaciones realizadas por punto son idóneas.

4.2.3.2. Cuadrante II. Se representan por el ID único como lo muestra la tabla 8, las estaciones referenciadas en el presente cuadrante (ver tabla 10). De esa misma forma, se muestra la solución mediante la matriz de comparación de los criterios (figura 46, 48 & 50).

Tabla 10. Estaciones del cuadrante 2.

ID	Nombre de la estación
2.	Estación parque de ceci
3.	Estación Centenario
8.	Estación Terminal
10.	Estación Loma de Bolívar
22.	Estación Parroquia Santísima Trinidad
27.	Estación Parroquia San Juan Bosco

Seguridad Cuadrante 2														
Criterios	2	3	8	10	22	27	Normalizada						Ponderación	
2	1/1	9/5	3/1	9/5	9/1	3/1	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35
3	5/9	1/1	5/3	1/1	5/1	5/3	0.19	0.19	0.19	0.19	0.19	0.19	0.19	0.19
8	1/3	3/5	1/1	3/5	3/1	1/1	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12
10	5/9	1/1	5/3	1/1	5/1	5/3	0.19	0.19	0.19	0.19	0.19	0.19	0.19	0.19
22	1/9	1/5	1/3	1/5	1/1	1/3	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04
27	1/3	3/5	1/1	3/5	3/1	1/1	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12
Total	3	5.2	9	5.2	26	9							1.00	

Figura 46. Matriz de comparación cuadrante II – Seguridad.

Estación	AxP		
2	2.0769	$CI=(n_{max}-n)/(n-1)$	0
3	1.1538	$RI=1.98*(n-2)/n$	1.32
8	0.6923	$CR=CI/RI$	0
10	1.1538		
22	0.2308		
27	0.6923		
Total	6		

Figura 47. Índice de consistencia cuadrante II – Seguridad

Disponibilidad Cuadrante 2													
Criterios	2	3	8	10	22	27	Normalizada						Ponderación
2	1/1	7/9	1/1	7/5	7/3	7/1	0.22	0.22	0.22	0.22	0.22	0.22	0.22
3	9/7	1/1	9/7	9/5	3/1	9/1	0.28	0.28	0.28	0.28	0.28	0.28	0.28
8	1/1	7/9	1/1	7/5	7/3	7/1	0.22	0.22	0.22	0.22	0.22	0.22	0.22
10	5/7	5/9	5/7	1/1	5/3	5/1	0.16	0.16	0.16	0.16	0.16	0.16	0.16
22	3/7	1/3	3/7	3/5	1/1	3/1	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09
27	1/7	1/9	1/7	1/5	1/3	1/1	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03
Total	5	3.6	5	6.4	11	32							1.00

Figura 48. Matriz de comparación cuadrante II – Disponibilidad

Estación	Axp		
2	1.3125	$CI=(n_{max}-n)/(n-1)$	0
3	1.6875	$RI=1.98*(n-2)/n$	1.32
8	1.3125	$CR=CI/RI$	0
10	0.9375		
22	0.5625		
27	0.1875		
Total	6		

Figura 49. Índice de consistencia cuadrante II – Disponibilidad

Distancia Cuadrante 2													
Criterios	2	3	8	10	22	27	Normalizada						Ponderación
2	1/1	9/5	9/5	3/1	3/1	9/1	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35
3	5/9	1/1	1/1	5/3	5/3	5/1	0.19	0.19	0.19	0.19	0.19	0.19	0.19
8	5/9	1/1	1/1	5/3	5/3	5/1	0.19	0.19	0.19	0.19	0.19	0.19	0.19
10	1/3	3/5	3/5	1/1	1/1	3/1	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12
22	1/3	3/5	3/5	1/1	1/1	3/1	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12
27	1/9	1/5	1/5	1/3	1/3	1/1	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04
Total	3	5.2	5	8.7	8.7	26							1.00

Figura 50. Matriz de comparación cuadrante II – Distancia

Estación	AxP		
2	2.0769	$CI=(n_{max}-n)/(n-1)$	0.00
3	1.1538	$RI=1.98*(n-2)/n$	1.32
8	1.1538	$CR=CI/RI$	0.00
10	0.6923		
22	0.6923		
27	0.2308		
Total	6		

Figura 51. Índice de consistencia cuadrante II – Distancia

Para los cálculos realizados, los índices de consistencia están dentro del rango estándar, por lo tanto, los datos son aceptables.

4.2.3.3. Cuadrante III. Nuevamente, se cotejaron cada criterio (seguridad, disponibilidad y distancia) con el cuadrante tres, los cuales evalúa un total de 7 estaciones, (con ID único como lo muestra la tabla 11). La solución mediante el análisis multicriterio de la matriz de comparación de los criterios para el cuadrante tres está plasmada en las siguientes figuras (ver figura 52, 54 & 56).

Tabla 11. Estaciones del cuadrante 3.

ID	Nombre de la estación
12.	Estación Unicentro
13.	Estación García Herreros
14.	Estación Prados del Este
23.	Estación UDES
24.	Estación Niza
25.	Estación Colegio Mercedes Abrego
26.	Estación Cancha Aeropuerto

Seguridad Cuadrante 3																	
Criterios	12	13	14	23	24	25	26	Matriz normalizada								Ponderación	
12	1/1	3/1	1/1	9/7	1/1	9/5	3/1	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20
13	1/3	1/1	1/3	3/7	1/3	3/5	1/1	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07
14	1/1	3/1	1/1	9/7	1/1	9/5	3/1	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20
23	7/9	7/3	7/9	1/1	7/9	7/5	7/3	0.16	0.16	0.16	0.16	0.16	0.16	0.16	0.16	0.16	0.16
24	1/1	3/1	1/1	9/7	1/1	9/5	3/1	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20
25	5/9	5/3	5/9	5/7	5/9	1/1	5/3	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11
26	1/3	1/1	1/3	3/7	1/3	3/5	1/1	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07
Total	5	15	5	6	5	9	15									1	

Figura 52. Matriz de comparación cuadrante III – Seguridad

Estación	AxP		
12	1.4000	$CI=(n_{max}-n)/(n-1)$	0.00
13	0.4667	$RI=1.98*(n-2)/n$	1.41
14	1.4000	$CR=CI/RI$	0.00
23	1.0889		
24	1.4000		
25	0.7778		
26	0.4667		
Total	7		

Figura 53. Índice de consistencia cuadrante III – Seguridad

Disponibilidad Cuadrante 3																	
Criterios	12	13	14	23	24	25	26	Matriz normalizada								Ponderación	
12	1/1	9/7	1/1	9/5	3/1	9/7	1/1	0.18	0.18	0.18	0.18	0.18	0.18	0.18	0.18	0.18	0.18
13	7/9	1/1	7/9	7/5	7/3	1/1	7/9	0.14	0.14	0.14	0.14	0.14	0.14	0.14	0.14	0.14	0.14
14	1/1	9/7	1/1	9/5	3/1	9/7	1/1	0.18	0.18	0.18	0.18	0.18	0.18	0.18	0.18	0.18	0.18
23	5/9	5/7	5/9	1/1	5/3	5/7	5/9	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10
24	1/3	3/7	1/3	3/5	1/1	3/7	1/3	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06
25	7/9	1/1	7/9	7/5	7/3	1/1	7/9	0.14	0.14	0.14	0.14	0.14	0.14	0.14	0.14	0.14	0.14
26	1/1	9/7	1/1	9/5	3/1	9/7	1/1	0.18	0.18	0.18	0.18	0.18	0.18	0.18	0.18	0.18	0.18
Total	5	7	5	10	16	7	5									1	

Figura 54. Matriz de comparación cuadrante III – Disponibilidad

Estación	AxP		
12	1.2857	$CI=(n_{max}-n)/(n-1)$	0
13	1.0000	$RI=1.98*(n-2)/n$	1.414
14	1.2857	$CR=CI/RI$	0
23	0.7143		
24	0.4286		
25	1.0000		
26	1.2857		
Total	7		

Figura 55. Índice de consistencia cuadrante III - Disponibilidad

Distancia Cuadrante 3																	
Criterios	12	13	14	23	24	25	26	Matriz normalizada								Ponderación	
12	1/1	9/7	9/7	9/7	9/7	9/1	9/1	0.23	0.23	0.23	0.23	0.23	0.23	0.23	0.23	0.23	0.23
13	7/9	1/1	1/1	1/1	1/1	7/1	7/1	0.18	0.18	0.18	0.18	0.18	0.18	0.18	0.18	0.18	0.18
14	7/9	1/1	1/1	1/1	1/1	7/1	7/1	0.18	0.18	0.18	0.18	0.18	0.18	0.18	0.18	0.18	0.18
23	7/9	1/1	1/1	1/1	1/1	7/1	7/1	0.18	0.18	0.18	0.18	0.18	0.18	0.18	0.18	0.18	0.18
24	7/9	1/1	1/1	1/1	1/1	7/1	7/1	0.18	0.18	0.18	0.18	0.18	0.18	0.18	0.18	0.18	0.18
25	1/9	1/7	1/7	1/7	1/7	1/1	1/1	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03
26	1/9	1/7	1/7	1/7	1/7	1/1	1/1	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03
Total	4	6	6	6	6	39	39									1	

Figura 56. Matriz de comparación cuadrante III – Distancia.

Estación	AxP		
12	1.6154	$CI=(n_{max}-n)/(n-1)$	0.00
13	1.2564	$RI=1.98*(n-2)/n$	1.41
14	1.2564	$CR=CI/RI$	0.00
23	1.2564		
24	1.2564		
25	0.1795		
26	0.1795		
Total	7		

Figura 57. Índice de consistencia cuadrante III – Distancia

Los índices de consistencia están dentro del rango estándar: los datos son aceptables y confirma que las evaluaciones realizadas por punto son lógicas, matemáticamente hablando.

4.2.3.4. Cuadrante IV. Para finalizar el modelo, se repite el modelo de contraste por criterios con el cuadrante cuatro, los cuales evalúa un total de 7 estaciones, representadas por el ID único

como lo muestra la tabla a continuación (ver tabla 12). Se expone la solución a través del análisis multicriterio con la matriz de comparación correspondiente (ver figuras 58,63 & 65).

Tabla 12. Estaciones cuadrantes 4

ID	Nombre de la estación
9.	Estación Ventura Plaza
11.	Estación Éxito San Mateo
15.	Estación San Luis
16.	Estación SENA
17.	Estación Cristo Rey
18.	Estación Parque Santander
28.	Estación Cancha Todos los Santos

Seguridad Cuadrante 4																	
Criterios	9	11	15	16	17	18	28	Matriz normalizada								Ponderación	
9	1/1	7/5	7/9	1/1	7/3	7/9	7/3	0.16	0.16	0.16	0.16	0.16	0.16	0.16	0.16	0.16	0.16
11	5/7	1/1	5/9	5/7	5/3	5/9	5/3	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12
15	9/7	9/5	1/1	9/7	3/1	1/1	3/1	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21
16	1/1	7/5	7/9	1/1	7/3	7/9	7/3	0.16	0.16	0.16	0.16	0.16	0.16	0.16	0.16	0.16	0.16
17	3/7	3/5	1/3	3/7	1/1	1/3	1/1	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07
18	9/7	9/5	1/1	9/7	3/1	1/1	3/1	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21
28	3/7	3/5	1/3	3/7	1/1	1/3	1/1	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07
Total	6.1	8.6	4.8	6.1	14	4.8	14									1.00	

Figura 58. Matriz de comparación de cuadrante IV – Seguridad

Estación	AxP		
9	1.1395	$CI=(n_{max}-n)/(n-1)$	0
11	0.8140	$RI=1.98*(n-2)/n$	1.4143
15	1.4651	$CR=CI/RI$	0
16	1.1395		
17	0.4884		
18	1.4651		
28	0.4884		
Total	7		

Figura 59. Índice de consistencia cuadrante IV - Seguridad

Disponibilidad Cuadrante 4																	
Criterios	9	11	15	16	17	18	28	Matriz normalizada								Ponderación	
9	1/1	9/1	1/1	9/5	9/7	1/1	3/1	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21
11	1/9	1/1	1/9	1/5	1/7	1/9	1/3	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02
15	1/1	9/1	1/1	9/5	9/7	1/1	3/1	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21
16	5/9	5/1	5/9	1/1	5/7	5/9	5/3	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12
17	7/9	7/1	7/9	7/5	1/1	7/9	7/3	0.16	0.16	0.16	0.16	0.16	0.16	0.16	0.16	0.16	0.16
18	1/1	9/1	1/1	9/5	9/7	1/1	3/1	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21
28	1/3	3/1	1/3	3/5	3/7	1/3	1/1	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07
Total	4.8	43	4.8	8.6	6.1	4.8	14									1.00	

Figura 60. Matriz de comparación cuadrante IV – Disponibilidad

Estación	AxP		
9	1.4651	$CI=(n_{max}-n)/(n-1)$	0
11	0.1628	$RI=1.98*(n-2)/n$	1.4143
15	1.4651	$CR=CI/RI$	0
16	0.8140		
17	1.1395		
18	1.4651		
28	0.4884		
Total	7		

Figura 61. Índice de consistencia cuadrante IV – Disponibilidad

Distancia Cuadrante 4																	
Criterios	9	11	15	16	17	18	28	Matriz normalizada								Ponderación	
9	1/1	9/7	9/7	9/5	3/1	3/1	9/1	0.26	0.26	0.26	0.26	0.26	0.26	0.26	0.26	0.26	0.26
11	7/9	1/1	1/1	7/5	7/3	7/3	7/1	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20
15	7/9	1/1	1/1	7/5	7/3	7/3	7/1	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20
16	5/9	5/7	5/7	1/1	5/3	5/3	5/1	0.14	0.14	0.14	0.14	0.14	0.14	0.14	0.14	0.14	0.14
17	1/3	3/7	3/7	3/5	1/1	1/1	3/1	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09
18	1/3	3/7	3/7	3/5	1/1	1/1	3/1	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09
28	1/9	1/7	1/7	1/5	1/3	1/3	1/1	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03
Total	3.9	5	5	7	12	12	35									1.00	

Figura 62. Matriz de comparación cuadrante IV – Distancia

Estación	AxP		
9	1.800	$CI=(n_{max}-n)/(n-1)$	0.00
11	1.400	$RI=1.98*(n-2)/n$	1.41
15	1.400	$CR=CI/RI$	0.00
16	1.000		
17	0.600		
18	0.600		
28	0.200		
Total	7		

Figura 63. Índice de consistencia cuadrante IV - Distancia

Para la anterior valoración, los índices de consistencia están dentro del rango estándar. En efecto, dado que todos los modelos arrojaron índices de consistencia aceptables se concluye que el modelo AHP ha seleccionado por los criterios las siguientes estaciones (ver figura 64 y 65) (ver anexo k. Mapa Localización AHP).

Cuadrante	Criterio	Estación	Coordenadas	
			Latitud	Longitud
I	Seguridad	1. Estación de policía Atalaya	7.90900	-72.52308
	Seguridad	5. Estación Cancha chapinero	7.91159	-72.51658
	Seguridad	20. Estación Puesto de policía Ospina	7.92276	-72.52297
	Disponibilidad	1. Estación de policía Atalaya	7.90900	-72.52308
	Distancia	1. Estación de policía Atalaya	7.90900	-72.52308
	Distancia	5. Estación Cancha Chapinero	7.91667	-72.52809
II	Seguridad	2. Estación parque de Ceci	7.89813	-72.52929
	Disponibilidad	3. Estación Centenario	7.90438	-72.52195
	Distancia	2. Estación parque de Ceci	7.89813	-72.52929
III	Seguridad	12. Estación Unicentro	7.91720	-72.49283
	Seguridad	14. Estación Prados del Este	7.90888	-72.47396
	Seguridad	24. Estación Niza	7.91565	-72.48611
	Disponibilidad	12. Estación Unicentro	7.91720	-72.49283
	Disponibilidad	14. Estación Prados del Este	7.90888	-72.47396
	Disponibilidad	26. Estación Cancha Aeropuerto	7.91159	-72.51658
	Distancia	12. Estación Unicentro	7.91720	-72.49283
IV	Seguridad	15. Estación San Luis	7.89268	-72.48293
	Seguridad	18. Estación Parque Santander	7.88593	-72.50447
	Disponibilidad	9. Estación Ventura Plaza	7.88821	-72.49584
	Disponibilidad	15. Estación San Luis	7.89268	-72.48293
	Disponibilidad	18. Estación Parque Santander	7.88593	-72.50447
	Distancia	9. Estación Ventura Plaza	7.88821	-72.49584

Figura 64. Estaciones seleccionadas por el modelo AHP

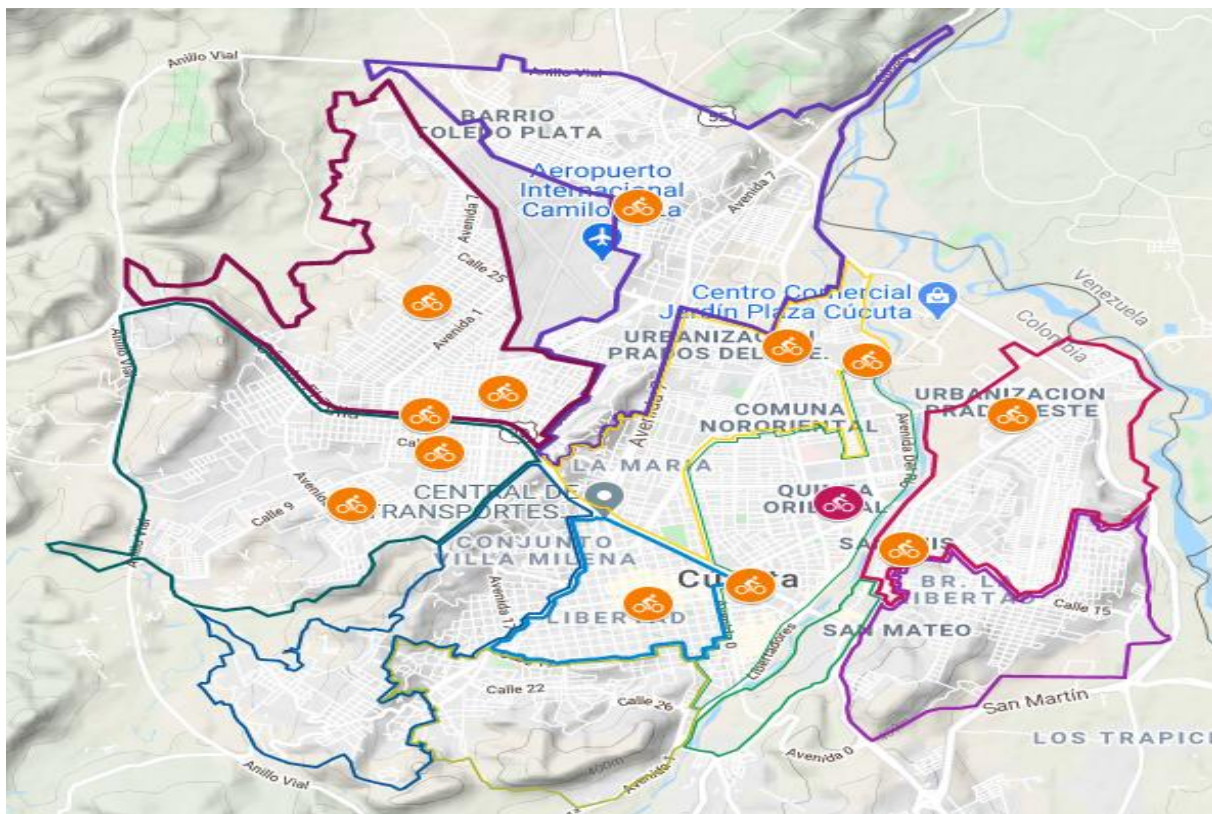


Figura 65. Mapa Localización AHP

4.3. Validación de los diferentes escenarios propuestos.

Para plantear una propuesta óptima en cuanto a coherencia y eficiencia con las necesidades del prospecto analizado, es indispensable desarrollar métricas de desempeño teniendo en cuenta los resultados de cada modelo como información suministrada para estos indicadores, debido que de forma holística concede comparar el cumplimiento alcanzado en cada caso hipotético, proporcionando la posibilidad de generar una examinación estratégica y táctica al momento de tomar decisiones críticas. Sin embargo, esta manera de llevar a cabo la evaluación de sensibilidad a de lograr aumentar las posibilidades al cumplimiento de las demandas por viajes de la población flotante. En primera instancia se interpreta el comportamiento de la población de estudio con respecto a los viajes realizados, a su vez se determina la cantidad promedio en posición de ventaja para llegar a la función objetivo: optimizar la operatividad proyectada desde

los métodos matemáticos, originando un indicador de capacidad mínima por estación. Luego, de la información caracterizada anteriormente en el diagnóstico se identifica la cantidad de bicisuarios y la cantidad de viajes que realizaban al día - *un (1) viaje es una ida y vuelta*- bajo esta valoración se postula que 470 individuos encuestados corresponden a las 10 comunas de la ciudad, dejando resaltado que la población flotante del área metropolitana (El Zulia, Puerto Santander, Los Patios y Villa del Rosario) no se tomarán en cuenta porque se pierde gobernabilidad del sistema. Para el cálculo de los viajes totales se realizó una suma producto del total de personas que contestaron por la variante que seleccionaron (1 viaje, 2 viajes, 3 viajes, etc), dando un resultado final de 849 viajes de los bicisuarios por día, es además oportuno aclarar que las comunas 6 y 8 superan los 100 viajes, esto es validado a su vez con el volumen de personas que se encuentran dentro de la población flotante de las mencionadas comunas (ver tabla 13).

Tabla 13. Cálculo de viajes promedios.

Comuna	1 viaje	2 viajes	3 viajes	4 viajes	5 viajes	Total Población Flotante	Total Viajes
1	4	12	1	1	1	19	40
2	12	20	4	6	1	43	93
3	19	23	0	0	1	43	70
4	14	30	3	0	0	47	83
5	18	33	1	0	0	52	87
6	44	35	3	4	0	86	139
7	19	22	3	3	3	50	99
8	22	30	1	5	0	58	105
9	17	22	2	5	0	46	87
10	10	13	2	1	0	26	46
Total	179	240	20	25	6	470	849

4.3.1. Cálculo de capacidad. Cada uno de los modelos propone un escenario de estaciones georreferenciadas con diversas distribuciones entre las comunas y, diferentes cargas (viajes/día) proporcionalmente por comunas, a excepción de las que no tienen puntos estratégicos en los

modelos evaluados, para estos, la carga es cero (0) y se adicionaron a las estaciones más cercanas posibles (no despreciar el volumen de viajes por día de dicha comuna es de suma relevancia). El concepto de capacidad del sistema se entiende como el número de bicicletas disponibles promedio por estación, el cual se calcula realizando una razón entre el total viajes de balance sobre el número de estaciones disponibles para operar el sistema, - la capacidad de cada comuna s calculada de igual forma- pero, tomando los datos específicos por cada comuna (ver figura 66) (tabla 14).

$$\text{Capacidad promedio} = \frac{\text{Total viajes del sistema/día}}{\text{Total de estaciones del sistema}}$$

Tabla 14. Capacidad Promedio

Modelo	Viajes/Día	Estaciones	Capacidad Promedio
Centro de gravedad	849	12	71
Carga-Distancia	849	14	62
AHP	849	12	71

Comuna	Centro de Gravedad			Carga Distancia			AHP		
	Viajes	Estaciones	Capacidad	Viajes	Estaciones	Capacidad	Viajes	Estaciones	Capacidad
1	86	2	43	139	2	70	173	1	173
2	93	1	93	93	3	31	93	1	93
3	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	153	1	153	153	3	51	153	2	77
5	87	1	87	226	4	57	87	2	44
6	139	1	139	0	0	0	139	1	139
7	99	4	25	0	0	0	99	3	33
8	105	1	105	0	0	0	105	2	53
9	87	1	87	192	1	192	0	0	0
10	0	0	0	46	1	46	0	0	0
Total	849	12	71	849	14	61	849	12	71

Figura 66. Comparativa Capacidad Promedio

4.3.2. Métricas de desempeño. Al proveer la capacidad promedio se procede a evaluar indicadores que permitan identificar si la capacidad propuesta por los modelos satisface la

demanda del servicio, partiendo de la hipótesis inicial de la demanda satisfecha al 100% en el instante tiempo cero. Además, se toma como estándar (cada estación cuenta con un módulo de capacidad de 50 bicicletas), después se multiplica el estándar anterior por la cantidad de estaciones: el resultado es el total de espacios disponibles para el sistema. Conforme se avanza, el cálculo de los indicadores tiene en cuenta los criterios postulados, adicional, se realiza un indicador tomando de referencia la población total en el presente trabajo para medir el rendimiento de ocupación de la hipótesis inicial. Los cálculos se realizaron como se muestra a continuación en la siguiente tabla (ver tabla 15).

$$\text{Indicador de capacidad} = \frac{\text{Total de espacios disponibles}}{\text{Total viajes del sistema/día}}$$

$$\text{Indicador de volumen} = \frac{\text{Volumen de población de estudio}}{\text{Total de espacios disponibles}}$$

$$\text{Holgura} = \text{Total de viajes} - (\text{Total de ciclo estaciones} * 50)$$

Tabla 15. Indicadores de Desempeño

Métrica	CG	CD	AHP
Total de Viajes/día	849	849	849
Número de Cicloestaciones	12	14	12
Total de Espacios Disponibles	600	700	600
Capacidad Cicloestaciones	71	61	71
Volumen	555	555	555
Indicador de Capacidad	71%	82%	71%
Indicador de Volumen	93%	79%	93%
Holgura	249	149	249

Nota: CG: Centro de gravedad, CD: Carga distancia, AHP: Modelo AHP

Analizando los resultados anteriores se demuestra que el modelo carga distancia cumple con una Capacidad superior con un indicador de 82% con respecto al 71% de los modelos centro de gravedad y AHP, este indicador se entiende como la capacidad que puede proporcionar el sistema frente a la demanda de viajes, es decir, el modelo carga distancia es capaz de cubrir un 82% del total de viajes, con una holgura de 149 viajes no satisfechos partiendo de la hipótesis

inicial. Aunado a esto, tiene el menor índice de ocupación frente a sus rivales, pues carga distancia ofrece 79% de ocupación frente a 93% de carga distancia y modelo AHP, esto se entiende que en un tiempo determinado cero (0) toda la población de estudio decide realizar un viaje por persona, el sistema no colapsará inmediatamente, por el contrario, queda con una disponibilidad de 21% del total de bicicletas.

4.3.3. Modelo propuesto. Si bien el modelo carga distancia postula indicadores prometedores, el objetivo es cubrir las comunas en su totalidad o por defecto en su gran mayoría, por lo tanto, el modelo carga distancia sólo cubre seis (6) de las diez (10) comunas posibles, en otras palabras, siendo objetivos no toma en cuenta tres de las comunas con mayor grado de viajes y densidad poblacional: comuna 6, 7 y 8. Analizando el comportamiento de los datos de AHP se evidencia que el modelo cubre lo requerido para suplir la demanda en viajes que se presentan en las comunas despreciadas por el modelo carga distancia; basado en esta información se propone un modelo híbrido entre modelo carga distancia y modelo AHP. La combinación de los dos modelos es una propuesta con 20 estaciones distribuidas en nueve (9) comunas de las diez (10) posibles (ver figura 67) (ver anexo L. Mapa Localización Plataformas Propuestas), por lo tanto, se demuestra que el modelo cubre en mayor proporción las comunas y, las cargas se distribuyen de mejor manera. Para finalizar, con los datos obtenidos se calcula la capacidad promedio para el sistema: un valor inferior en comparación a los modelos (CG, CD & AHP), indicando una capacidad de 42 espacios por estación (ver figura 68).

$$\text{Capacidad promedio propuesto} = \frac{849 \text{ viajes/día}}{20 \text{ estaciones}} = 42 \text{ Espacios}$$

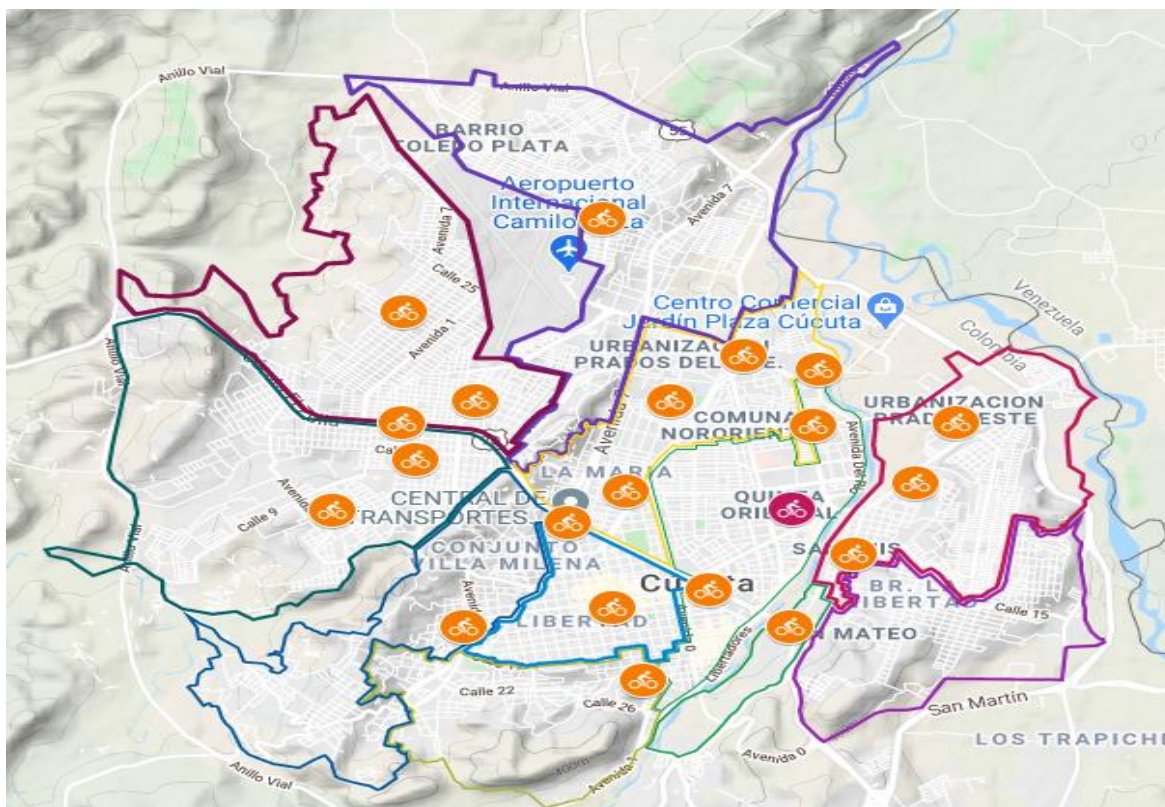


Figura 67. Mapa Localización Plataformas Propuestas

Comuna	Propuesto		
	Viajes	Estaciones	Capacidad
1	40	2	20
2	93	3	31
3	0	0	0
4	153	3	51
5	87	4	22
6	139	1	139
7	99	3	33
8	105	2	53
9	87	1	87
10	46	1	46
Total	849	20	42

Figura 68. Capacidad del modelo propuesto

Continuando con el desarrollo de la propuesta es necesario generar nuevas métricas para el presente modelo, se toma de igual forma la hipótesis inicial para una demanda al sistema del 100% en el instante de tiempo cero (0), además, tomando como estándar que, cada estación

cuenta con un módulo de capacidad de 50 bicicletas, que multiplicado por la cantidad de estaciones da como resultado el total de espacios disponibles en el sistema. Los cálculos se realizaron como se muestra a continuación (ver tabla 16).

$$\text{Indicador de capacidad} = \frac{\text{Total de espacios disponibles}}{\text{Total viajes del sistema/día}}$$

$$\text{Indicador de volumen} = \frac{\text{Volumen de población de estudio}}{\text{Total de espacios disponibles}}$$

$$\text{Holgura} = \text{Total de viajes} - (\text{Total de ciclo estaciones} * 50)$$

Tabla 16. Comparativo métricas de desempeño carga distancia y modelo propuesto.

Métrica	Carga distancia	Propuesto
Total viajes	849	849
Número de Ciclo estaciones	14	20
Total de espacios disponibles	700	1000
Capacidad cicloestaciones	61	42
Indicador de capacidad	82%	118%
Volumen	555	555
Indicador de volumen	79%	56%
Holgura	149	-151

Analizando los resultados arrojados y realizando la respectiva comparativa con el modelo ganador de las alternativas generadas en el desarrollo del trabajo, se logra apreciar un cambio positivo significativo iniciando por la métrica de estaciones, esta aumenta de 14 a 20 estaciones en total, esto de forma directamente proporcional aumenta el total de espacios disponibles y, por supuesto el indicador de capacidad aumenta de 82% a un 118% de capacidad, demostrando que el modelo propuesto cubre la totalidad de los viajes partiendo de la hipótesis inicial y además no colapsa, por el contrario, queda con una capacidad disponible del 18%; Mientras tanto, el indicador adicional de volumen refleja una disminución de ocupación pasando de 79% a una ocupación del 56% al tener como referente la hipótesis inicial: sí en dado caso en el tiempo cero toda la población flotante decide realizar un viaje por persona, el sistema es capaz de soportar la

demanda y adicionalmente queda con una capacidad de ocupación del 44% de holgura para futuros incrementos del volumen del sistema. Lo último es argumentado adicionalmente con la métrica de holgura, con una capacidad adicional para 151 viajes más.

4.3.4. Validación de los modelos versus los modelos ya existentes en el país. Como fase final del trabajo de validación, se tomaron los escenarios más importantes en tema de bicicletas públicas a nivel nacional, para ello se consultaron los indicadores de las plataformas de la ciudad de Medellín, Cali, Montería, Manizales y Pereira tal como se muestra a continuación (ver tabla 17)

Tabla 17. Validación Modelos Nacionales

Modelo	Viajes por día	Biciusuarios	Estaciones	Bicicletas	% capacidad
Manizales	355	6419	8	135	38%
Pereira	136	548	4	100	74%
Medellín	3196	100893	90	1680	53%
Cali	14	-	5	100	714%
Montería	45	10000	12	150	333%
Centro de gravedad	849	452	12	600	71%
Carga distancia	849	452	14	700	82%
AHP	849	452	12	600	71%
Propuesto	849	452	20	1000	118%

Examinando cada ítem se deduce que la ciudad con mayor número de viajes por día en el sistema público de bicicletas es Medellín, con más de tres mil viajes por día, tiene la mayor cantidad de bici usuarios, estaciones y bicicletas disponibles para satisfacer la demanda; esto la convierte en el sistema más importante de Colombia en tema de sistema público de bicicletas, ahora bien, se puede considerar que el segundo más importante es Manizales con más de 350 viajes por día y con cerca de 6500 usuarios, pero, con un número reducido de bicicletas y estaciones para suplir la demanda. Con todo esto la confronta directa en las métricas de capacidad reflejan en Cali un reporte del porcentaje más alto de cumplimiento, al parecer se

requiere implementar más incentivos para aumentar la cantidad de viajes por día y así lograr disminuir este indicador. No obstante, se evidencia en Montería una base de datos de diez mil biciusuarios, pero no logra reportar los viajes por día suficientes que establezca el sistema es por esto que al igual que Cali deberá realizar estrategias que logren aumentar su número de viajes por día. Conforme el diagnóstico directo los sistemas propuestos por los autores, se expone que no está fuera de la realidad de los sistemas de bici usuarios, pues reporta porcentajes de capacidad inferiores a 100% y precisamente la propuesta híbrida rebasa este indicador, pero no lo hace significativamente como los sistemas que reportan muy bajas cantidades de viajes por día, esto se traduce en un panorama válido puesto que se encuentra a la altura de los modelos más importantes del país, cumpliendo con métricas promedio.

4.3.5. Definición del sistema propuesto. Ya demostrado que el modelo híbrido propuesto es el que más responde al indicador de capacidad, se hace necesario la contextualización del sistema. Se parte del enfoque general: La convergencia, enmarcada dentro del concepto de SBP tanto a nivel nacional como internacional se caracteriza por tener estaciones que convergen entre ellas, sin embargo, el presente sistema no pretende cumplir con esta característica, puesto que la dinámica propia de la universidad tiene condicionales que desincentivan las interacciones (convergencia) entre estaciones, esto por tener un comportamiento sístole y diástole. Sístole porque al inicio de la jornada académica lo normal es que las bicicletas estén listas para la operación en cada una de las estaciones y estas se dirijan hacia la estación central: La UFPS; Diástole, porque al finalizar de la jornada las bicicletas reposarán en la estación central (UFPS) y estas saldrán hacia sus estaciones origen. La convergencia no es la prioridad conceptual del diseño propuesto, es por el contrario el suplir de manera independiente con cada estación la demanda de transporte alternativo para la población relacionada con la universidad, por ende

entre estaciones no será relevante para la iteraciones, adicionalmente, por esta característica principal, es que se plantea la hipótesis inicial para el cálculo de capacidad que se pueda cubrir y por lo que se hace énfasis que para el sistema propuesto cubra por lo menos el 100% con una holgura adicional para que pueda soportar más volumen por si la población de bici usuarios tiende a crecer.

Conclusiones y recomendaciones

Conclusiones

La población flotante muestra un alto grado de aceptación del uso constante de bicicletas como medio de transporte alternativo, es así como se evidencia un índice de usabilidad de la bicicleta del 20% como medio de transporte para dirigirse hacia la Universidad Francisco de Paula Santander (sede principal). Adicionalmente se evidencia que el 81% de la población está dispuesta a utilizar la bicicleta como medio de transporte, por lo cual el proyecto presenta en perspectiva una factibilidad con base sólida por la demanda del servicio, puesto que solo 32% de la población de biciusuarios cuenta con bicicleta propia, además que ese mismo 81% está dispuesto a utilizar el sistema público de bicicletas UFPS.

Aunque el actual sistema de bicicletas públicas del alma mater -En Bici a la U- es un antecedente significativo para la promoción de este tipo de alternativas ambientales en transporte en la ciudad de Cúcuta, no cuenta con gobernabilidad total sobre los bienes materiales de la UFPS (las bicicletas) ya que estas son entregadas directamente a una sola persona y es esta, quien la usa sin tener ningún tipo de monitoreo durante el largo periodo de préstamo. Igualmente, el mobiliario en prestación no reposa en la UFPS sino en los hogares de los beneficiarios del programa, como se corrobora con el 4% de la población favorecida dentro de la población estudiada, esto sustenta una idea del indicador de usabilidad de las 37 bicicletas que tiene el sistema a disposición.

El modelo matemático piloto del proyecto fue el cálculo del centro de gravedad, de esta forma se visualizan opciones para la solución en un panorama tanto holístico como detallado por cuadrantes. Los diversos enfoques desarrollan iteraciones relacionadas, pero profundamente diferentes con respecto a la distribución de estaciones por volúmenes de biciusuarios: atendiendo a esta última característica, se ofrecen proyecciones marcadas netamente por un tinte lógico matemático de mediano impacto sociodemográfico.

El modelo carga distancia proyecta una alternativa óptima con un indicador de capacidad situado en 82%, dato que respalda en comparativa su idoneidad con ciudades como Pereira que ya cuentan con SBP con un indicador de capacidad del 74%. Sin embargo, no es suficiente para una posible implementación debido a que sus características principales son medir la carga menos costosa en términos de operatividad y proponer mayor gobernabilidad, excluyendo sectores sociodemográficos relevantes sin estaciones y con gran aporte de volumen de viajes por día. No obstante, el modelo AHP reúne criterios suficientes para cubrir la falencia del modelo anterior, agregando 8 (ocho) plataformas para un total de 20 estaciones distribuidas en toda la ciudad con una capacidad estándar de 50 espacios disponibles por modulo como se muestra a en la tabla 18.

Tabla 18. Estaciones del modelo propuesto

ID	Estación	Latitud	Longitud	Comuna	Capacidad
1	Estación de policía Atalaya	7.90900	-72.52308	7	50
2	Estación parque de Ceci	7.89813	-72.52929	8	50
3	Estación Centenario	7.90438	-72.52195	8	50
5	Estación Cancha chapinero	7.91159	-72.51658	7	50
8	Estación Terminal	7.89651	-72.50840	1	50
9	Estación Ventura Plaza	7.88821	-72.49584	2	50
11	Estación Éxito San Mateo	7.88353	-72.48862	2	50
12	Estación Unicentro	7.91720	-72.49283	5	50
14	Estación Prados del Este	7.90888	-72.47396	4	50
15	Estación San Luis	7.89268	-72.48293	4	50
16	Estación SENA	7.90052	-72.50332	5	50
17	Estación Cristo Rey	7.87703	-72.50173	10	50
18	Estación Parque Santander	7.88593	-72.50447	1	50
20	Estación Puesto de policía Ospina	7.92275	-72.52297	7	50
22	Estación Parroquia Santísima Trinidad	7.88356	-72.51763	9	50
23	Estación UDES	7.91171	-72.49930	5	50
24	Estación Niza	7.91565	-72.48611	5	50
25	Estación Colegio Mercedes Abrego	7.90853	-72.48665	2	50
26	Estación Cancha Aeropuerto	7.93421	-72.50533	6	50
28	Estación Todos los Santos	7.90145	-72.47754	4	50

El modelo de plataformas propuesto (ver anexo L) se respalda por la dinámica del sistema universitario, asemejando el comportamiento sístole-diástole con enfoque no convergente. Es decir, al tener en cuenta a la sede principal de la UFPS como estación central del sistema (corazón), este recibe la totalidad de las cargas de viajes al inicio de las jornadas (sístole) provenientes de las estaciones (arterias), sincrónicamente al finalizar la jornada las estaciones recibirán el volumen (diástole) sin conectar las arterias entre sí.

La condición de capacidad del modelo propuesto debe cumplir o satisfacer mínimo el 100% de los viajes realizados, con una dinámica realizada en un tiempo inicial hipotético cero (0). El modelo propuesto es el más óptimo puesto que cumple con el indicador de capacidad al 118% de la demanda, con una holgura a favor de 151 espacios para futuros crecimientos. Por otra parte, el sistema propuesto cumple con el condicional de balance entre juicios matemáticos y factores sociodemográficos mediante el enfoque táctico de lo cuantitativo a lo cualitativo; sirviendo de estructura funcional de puntos netamente estratégicos de ventaja operativa para el sistema. Se resalta que para la implementación del sistema es indispensable proporcionar la sinergia entre entidades gubernamentales regionales y la propuesta liderada por la Universidad Francisco de Paula Santander.

Recomendaciones

La meta es operar un servicio de estacionamientos de alta calidad, donde la Universidad Francisco de Paula Santander juegue el rol principal: ser la pionera en la implementación del sistema de bicicletas públicas en la región, aprovechando la demanda y las necesidades del entorno y la población flotante. Por ende, asegurar un modelo de soporte es prioridad, utilizando la medición de factores como la seguridad, la protección climática, la marca cultural, la operatividad en tiempo real y la satisfacción dentro de los parámetros de costo/beneficio.

Se aconseja manejar un sistema integrado de información respaldado en un centro operacional centralizado en la UFPS, añadido a esto, funciones de servicios alternos que promuevan el uso de la bicicleta: centro de mantenimiento en estaciones principales, servicio de ducha e infraestructura que aporte al mejoramiento de la experiencia.

Conforme al monitoreo es importante tener como prioridad estadística claras con control operacional óptimo, se sugiere que el eje central de la operación sea un soporte digital en tiempo

real: un sistema de información que caracterice la totalidad de los biciusuarios para tener gobernabilidad sobre el sistema que se maneja, el sistema debe ser operado con un grado de tecnología alto, donde la seguridad y el soporte sean pilares fundamentales.

Se recomienda que, para una futura implementación, se logre recopilar más información e inclusive una posible caracterización total de los potenciales y ya usuarios de bicicletas para poder determinar con más precisión el número de viajes por día, ya que la investigación actual se limitó a los datos recopilados por 555 personas encuestadas.

Se aconseja iniciar una prueba piloto inicial con el 10% de la capacidad operativa del sistema de plataformas de parqueo en bicicletas, teniendo en cuenta los conceptos de balance de carga, y el equilibrio entre las necesidades del usuario y las exigencias derivadas de la calidad del espacio público y privado.

Para la estación central se aconseja reparar los módulos ubicados en la zona norte de la UFPS. Y según los estudios demanda operativa aumenten se sugiere disponer de inversiones sustanciales que permitan dar solvencia a las necesidades del sistema.

Bibliografía

- Andemos - Asociación Colombiana de vehículos automotores. (2018). *¿Cómo volver sostenible la movilidad en Colombia?* Bogotá: Andemos - Asociación Colombiana de vehículos automotores.
- Appel, B. E., & Utreras, C. A. (2018). *Algoritmo cultural para el problema de localización de clusters de estaciones de servicio de bicicletas*. Valparaíso: Repositorio Pontificia Universidad Católica de Valparaíso.
- Araneda. (2004). LA DECISIÓN DE LOCALIZACIÓN EN LA CADENA DE SUMINISTRO. *Ingeniería Industrial*, 57-67.
- Ballou, R. H. (2004). *Logística. Administración de la Cadena de Suministros. Quinta Edición*. Atlacomulco: Pearson Educación de México, S.A. de C.V.
- Bamwesigye, D. (2019). Analysis of Sustainable Transport for Smart Cities. *Sustainability*, 1-20.
- Banco de Desarrollo de América Latina. (2015). *Sistemas Públicos de Bicicletas para América Latina*. Bogotá: Fundación Ciudad Humana.
- Banco de Desarrollo de América Latina. (2017). *Encuesta de movilidad del Área Metropolitana de Montevideo*. Montevideo: BANCO DE DESARROLLO DE AMÉRICA LATINA.
- Banco de Desarrollo de América Latina. (2018). *Transporte y desarrollo en América Latina*. Despacio.org.
- Banco de Desarrollo de América Latina; Fundación Ciudad Humana. (2016). *Un Sistema Público de Bicicletas para Lima*. Lima: Fundación Ciudad Humana.
- Banco Interamericano de Desarrollo. (2015). *BID*. Recuperado el 18 de 07 de 2019, de Logística urbana: <http://logisticsportal.iadb.org/node/2020>

- Carvajal, L. V., & Pinzón, Í. L. (2018). *Diseño de un modelo de macro-localización de plataformas para bicicletas de servicio público en la ciudad de Bogotá. Caso de estudio zona centro*. Bogotá: Repositorio Universidad de La Salle.
- Cisneros, C. (2018). *Propuesta de localización de ciclovías en la ciudad de Machala mediante la aplicación de evaluación multicriterio*. Quito: Repositorio Pontificia Universidad Católica del Ecuador.
- Corponor. (2019). *Calidad del Aire Junio 2019*. Cúcuta: Corponor.
- CSCMP. (08 de 2013). *Council of Suplly Chain Management Professionals* . Recuperado el 18 de 07 de 2019, de CSCMP/ Educate:
https://cscmp.org/CSCMP/Educate/SCM_Definitions_and_Glossary_of_Terms/CSCMP/Educate/SCM_Definitions_and_Glossary_of_Terms.aspx?hkey=60879588-f65f-4ab5-8c4b-6878815ef921
- Cui, J., & Nelson, J. D. (2019). Underground transport: An overview. *Tunnelling and Underground Space Technology*, 122-126.
- Departamento Nacional de Planeación , & Ministerio de transporte. (2017). *Construcción de cicloinfraestructura y servicios complementarios*. Bogotá: DNP.
- Gorgas García, J., Cardiel López, N., & Zamorano Calvo, J. (2011). *Estadística Básica para Estudiantes de Ciencias*. Madrid: Universidad Complutense de Madrid.
- Gutiérrez, A. (2012). ¿Qué es la movilidad? *Bitacora 21*, 61-74.
- Gutiérrez, F., López, L. M., & Ocampo, J. A. (2010). *Sistema de bicicletas públicas complementario al SIT (Sistema Integrado de Transporte) de la ciudad de Medellín para recorrer distancias cortas entre puntos clave de la ciudad*. Medellín: Repositorio Universidad EAFIT.

- Herederó, C., Pérez Bermejón, L., & Montes Botella, J. (2012). Impacto de los sistemas de apoyo a la explotación (SAE) en la mejora de los servicios de transporte público urbano. *Cuadernos de Economía y Dirección de la Empresa*, 12-24.
- Ip, R. W. (2006). An AHP approach in benchmarking logistics performance of the postal industry. *Benchmarking: An International*, 636-661.
- ITDP, Despacio.org. (2013). *Estacionamientos para bicicletas*. : Despacio-ITDP.
- Jittrapirom, P., Ebrahimigharehbaghi, S., & Feneri, A. (2017). Mobility as a Service: A Critical Review of Definitions, Assessments of. *Urban Planning*, 13-25.
- Joves Paz, O. J. (2016). *Plan de Desarrollo Municipal 2016-2019*. Cúcuta: Alcaldía de San José de Cúcuta.
- Leclaire, P., & Couffin, F. (2018). Method for Static Rebalancing of a Bike Sharing System. *IFAC PapersOnLine*, 1561- 1566.
- Levy, N., Render, M., & Benenson, I. (2015). Spatially explicit modeling of parking search as a tool for urban parking facilities and policy assessment. *TransportPolicy*, 9-20.
- Margaret, R. (2012). *searchdatacenter*. Recuperado el 18 de 07 de 2019, de Localización: <https://searchdatacenter.techtarget.com/es/definicion/Localizacion>
- Martínez Grisales, J. (2018). *LOCALIZACIÓN DE PLATAFORMAS LOGÍSTICAS RURALES Y DISEÑO DE UN SISTEMA DE RUTEO PARA LA CONSOLIDACIÓN DE LA CARGA DE PEQUEÑOS Y MEDIANOS PRODUCTORES DEL SECTOR FRUTÍCOLA EN EL DEPARTAMENTO DE BOYACÁ*. Bogotá: Repositorio Universidad Nacional de Colombia.
- Mayorga Torres, Ó. (14 de 06 de 2019). *Métodos Cuantitativos para Logística*. Cúcuta, Norte de santander, Colombia: Universidad Francisco de Paula Santander.

- Ministerio de transporte . (2016). *Guia para sistemas publicos de bicicletas en ciudades colombianas*. Bogotá D.C.: Ministerio de transporte de Colombia.
- Orjuela Castro, J., Castro Ocampo , Ó., & Suspes Bulla, E. (2005). Operadores y plataformas logísticas. *re-creaciones*, 115-127.
- Orozco Fontalvoa, M., Arévalo Támaraa, A., Guerrero Barbosa, T., & Gutiérrez Torres, M. (2018). Bicycle choice modeling: A study of university trips in a small Colombian city. *Journal of Transport & Health*.
- Pérez, J. (2013). Definición de un Sistema Nacionaldefinición de un Sistema Nacionaldefinición de un Sistema Nacionaldefinición de un Sistema Nacionaldefinición de un Sistema Nacionaldefinición de un Sistema Nacionaldefinición de un Sistema Nacionaldefinición de un Sistema Nacionaldefinición de un Sistema Nacionaldefinición de un Sistema Nacional. *TRANSPORTATION INFRASTRUCTURE & LOGISTICS*.
- Proyecto Mesoamérica. (2015). *PLAN DE SEGURIDAD VIAL CÚCUTA*. Cúcuta: Proyecto Mesoamérica.
- Quintero González, J. (2017). Bicicletas compartidas como sistema de transporte público urbano: análisis de políticas públicas en Colombia (1989-2017). *Ciudades, Estados y Políticas*, 17-35.
- Rojas, Castrellón, & Adarme. (2018). Public policy for urban logistics. Collective guidelines design for logistics in Bogota-Colombia. *Ingeniería Investigación y tecnología*, 159-169.
- Salazar P., C., & Del Castillo G., S. (2018). *Fundamentos Básicos de Estadística*.
- Servera-Francés, D. (2010). Concepto y evolución de la función logística. *Innovar* , 217-234.
- Skorobogatova, O., & Kuzmina-Merlino, I. (2017). Transport Infrastructure Development Performance. *PROCEDIA ENGINEERING*, 319-329.
- Universidad Francico de Paula Santander. (30 de 11 de 2016). *UFPS*. Recuperado el 18 de 07 de

2019, de Cuenta Conmigo:

http://www.ufps.edu.co/ufps/cuenta_conmigo/presentacion.php

Universidad Francisco de Paula Santander. (03 de 09 de 2016). *Información institucional*.

Recuperado el 18 de 07 de 2019, de Historia:

<https://ww2.ufps.edu.co/universidad/informacion-institucional/1046>

Universidad Francisco de Paula Santander. (13 de 06 de 2016). *Información Institucional*.

Recuperado el 18 de 07 de 2019, de Sedes:

<https://ww2.ufps.edu.co/universidad/informacion-institucional/1048>

Universidad Nacional de Mar del Plata. (2012). Localización de Instalaciones. En R. Carro Paz,

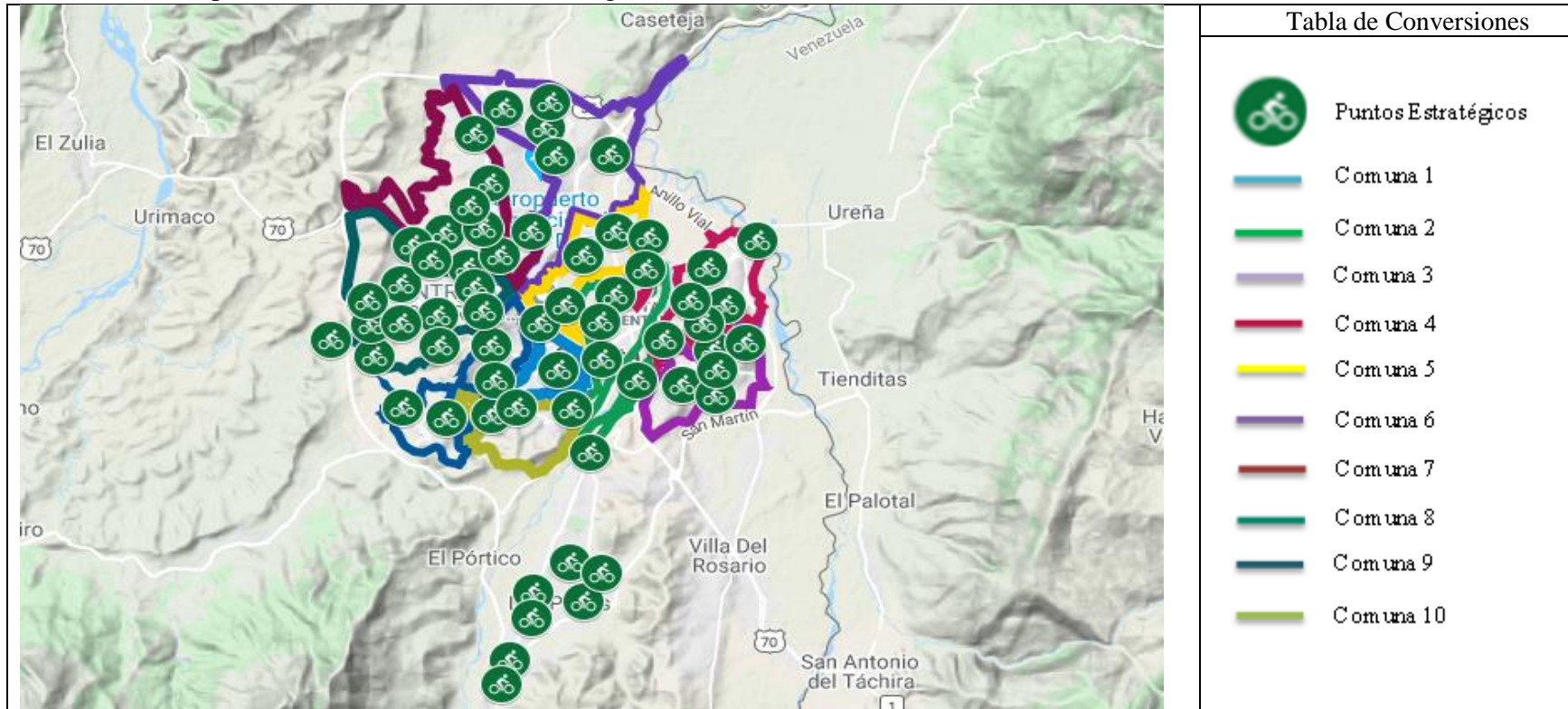
& D. Gonzáles Gómez, *Administración de las operaciones* (págs. 1-23). Mar del Plata:



Universidad Nacional de Mar del Plata.

Zhang, H. (2019). Mobile phone GPS data in urban bicycle-sharing: Layout optimization and emissions reduction analysis. *Applied Energy*, 138-147.

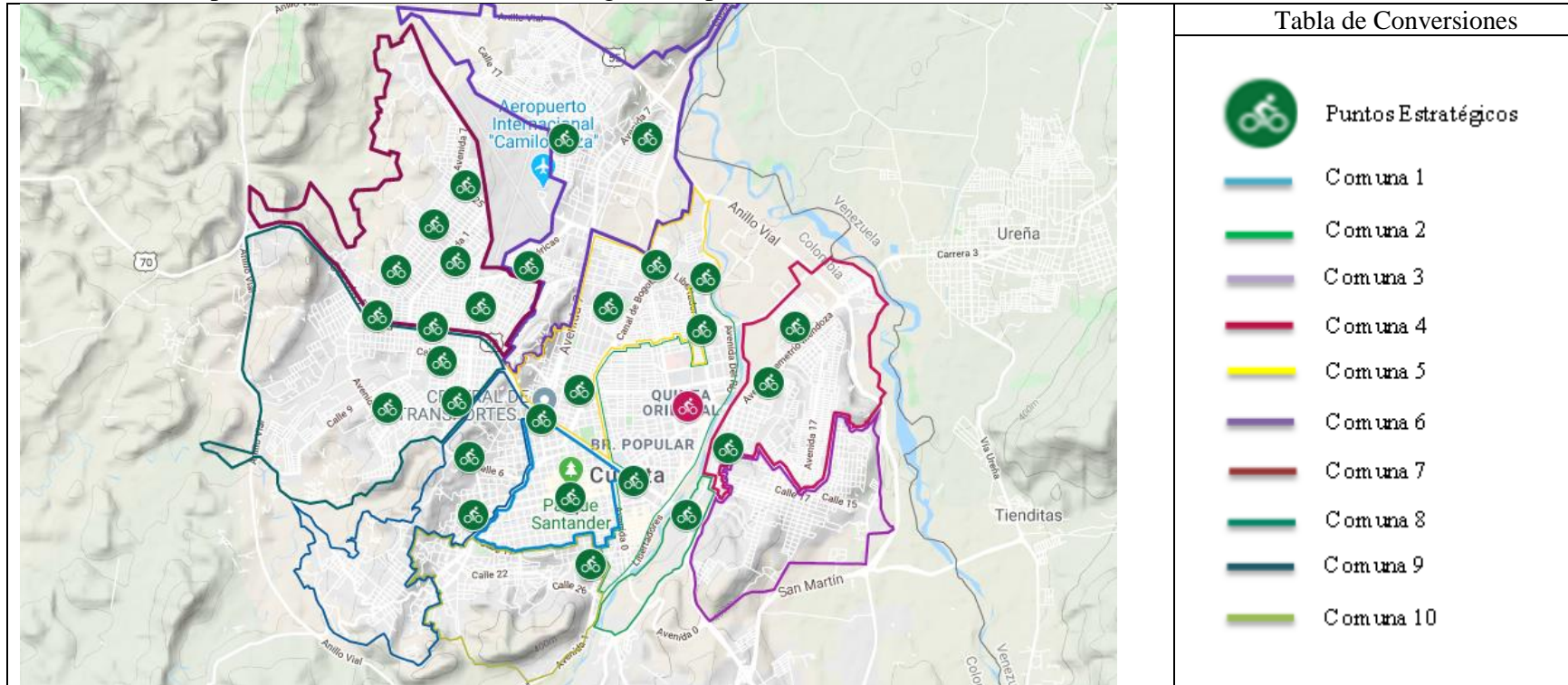
Anexos



Anexo A. Mapa Localización de Puntos Estratégicos.



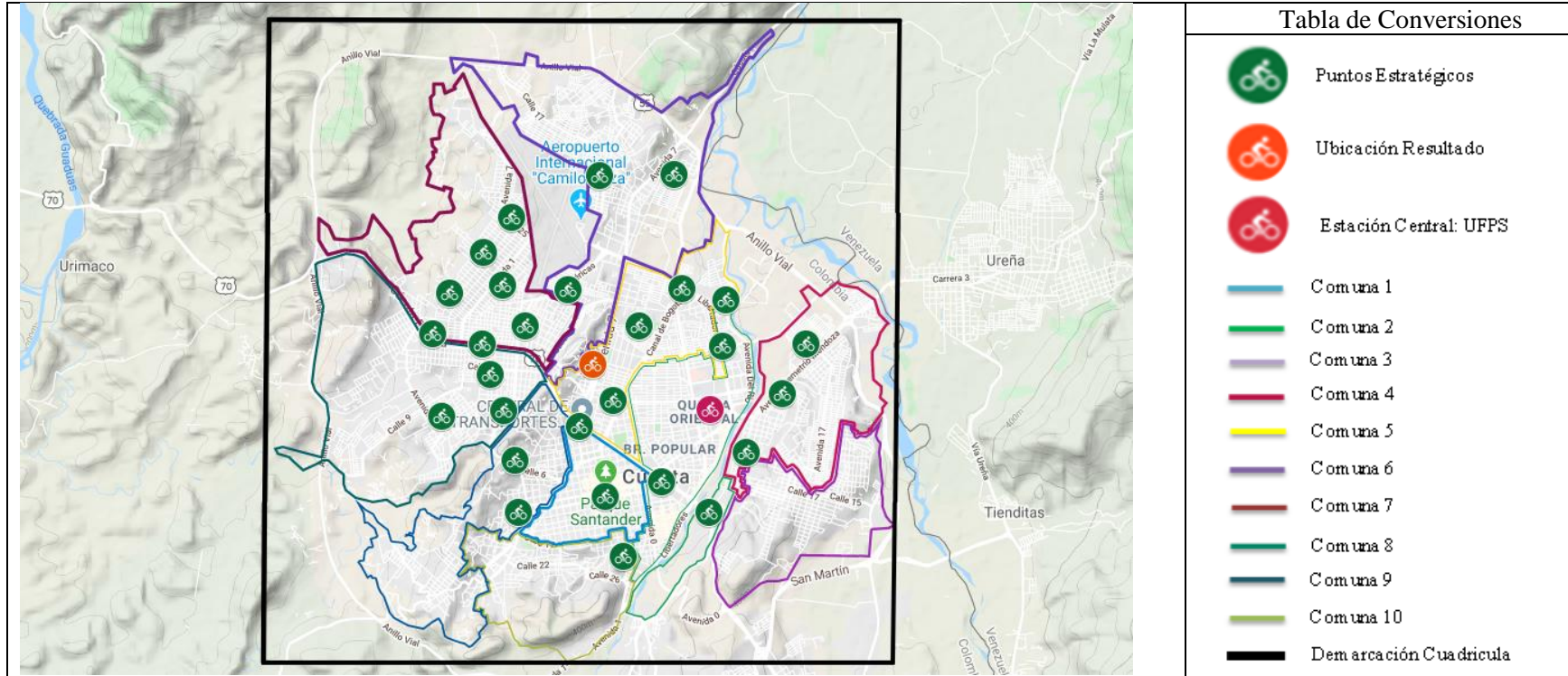
 Universidad Francisco de Paula Santander Vigilada Mineducación	Proyecto: Propuesta de Localización de Plataformas de Servicio de Transporte Público de Bicicletas de la UFPS en la Ciudad de San José de Cúcuta Empleado Técnicas De Ingeniería		
	Titulo Plano: Mapa Localización de Puntos Estratégicos		
	Escala	Varias	
Fecha			

Anexo B. Mapa Localización de Puntos Estratégicos Depurados.



	Proyecto: Propuesta de Localización de Plataformas de Servicio de Transporte Público de Bicicletas de La UFPS en la Ciudad de San José de Cúcuta Empleado Técnicas De Ingeniería		
	Título Plano: Mapa Localización de Puntos Estratégicos Depurados		
	Escala	Varias	
Fecha			

Anexo C. Localización Centro de Gravedad con 1 Cuadrante



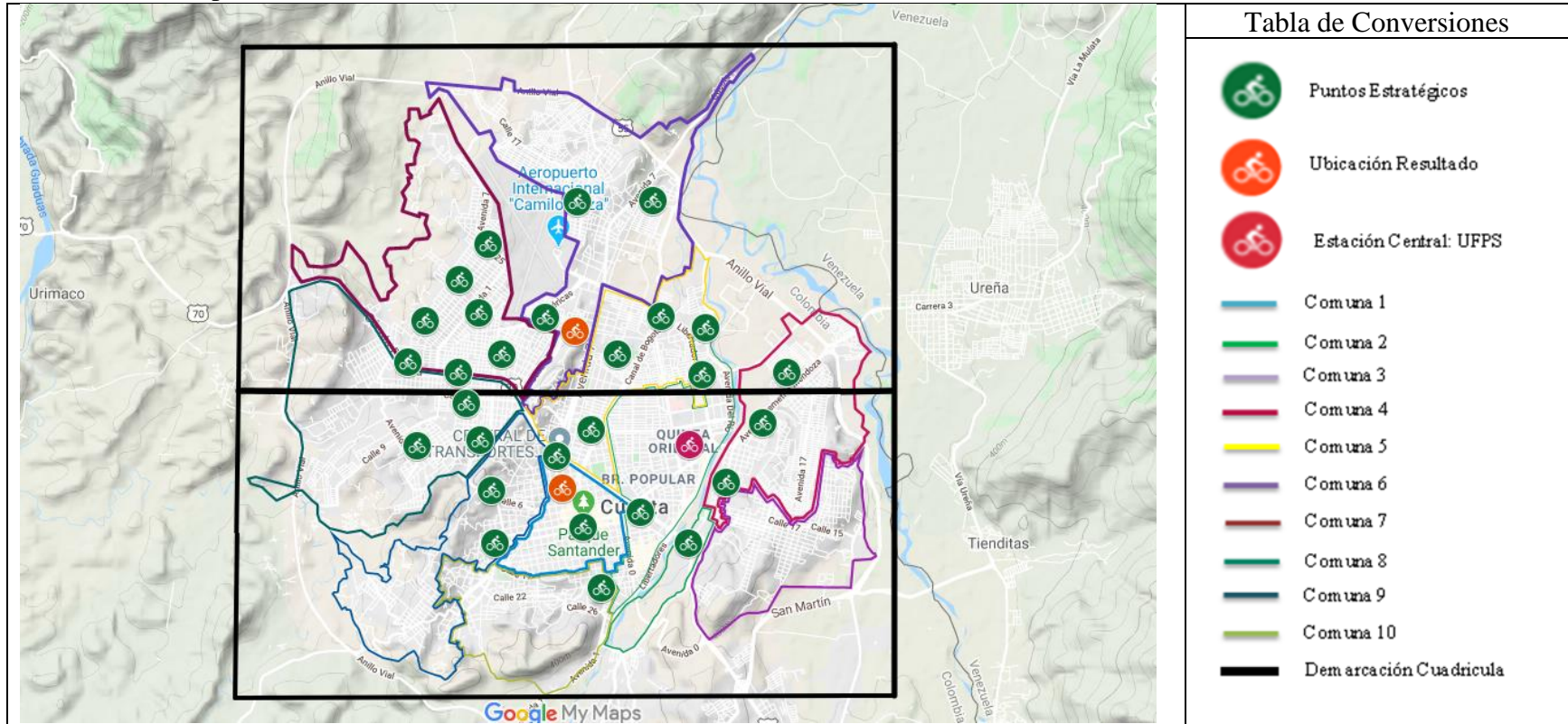
Proyecto:
 Propuesta de Localización de Plataformas de Servicio de Transporte Público de Bicicletas de La UFPS en la Ciudad de San José de Cúcuta Empleando Técnicas De Ingeniería



Título Plano:
 Mapa Localización Centro de Gravedad con 1 Cuadrante

Escala	Varias	Plano No. 3
Fecha		

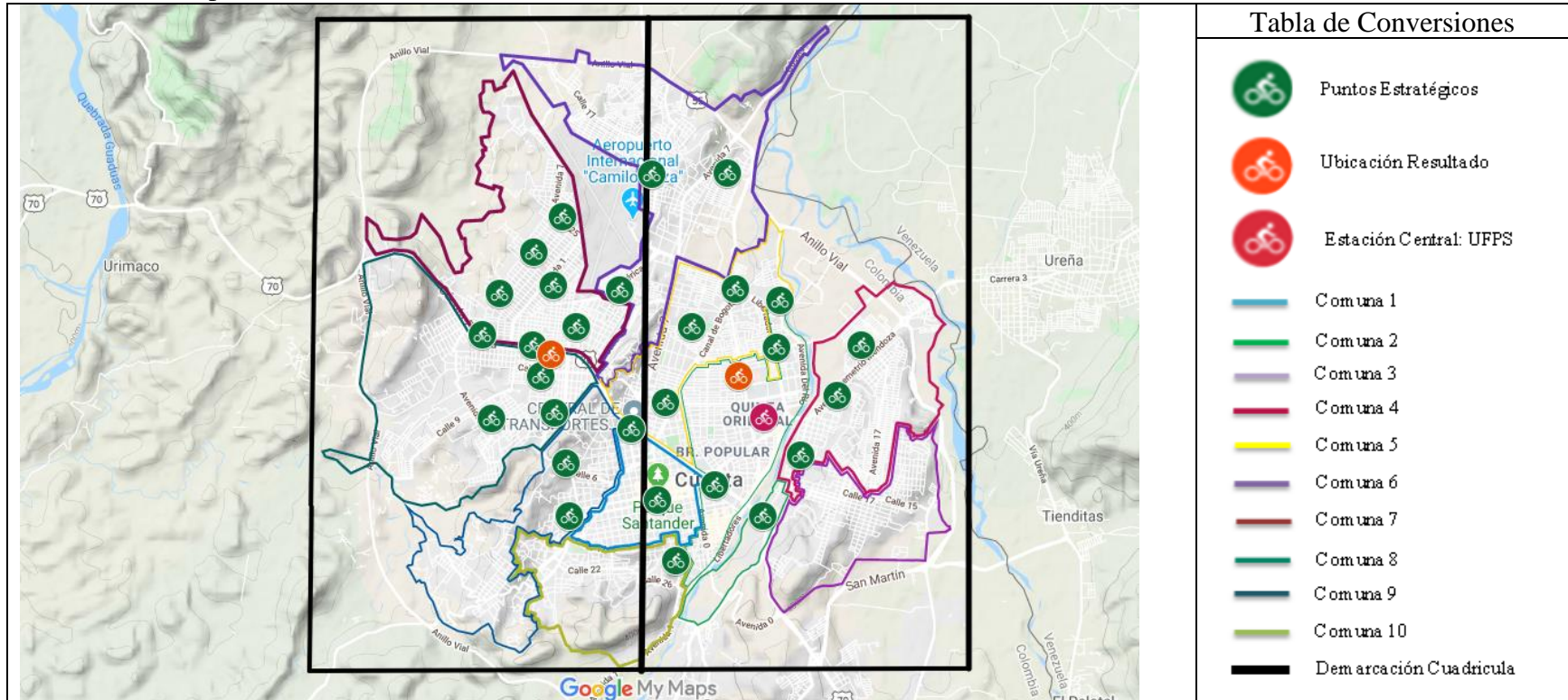


Anexo D. Mapa Localización Centro de Gravedad con 2 Cuadrantes en Horizontal



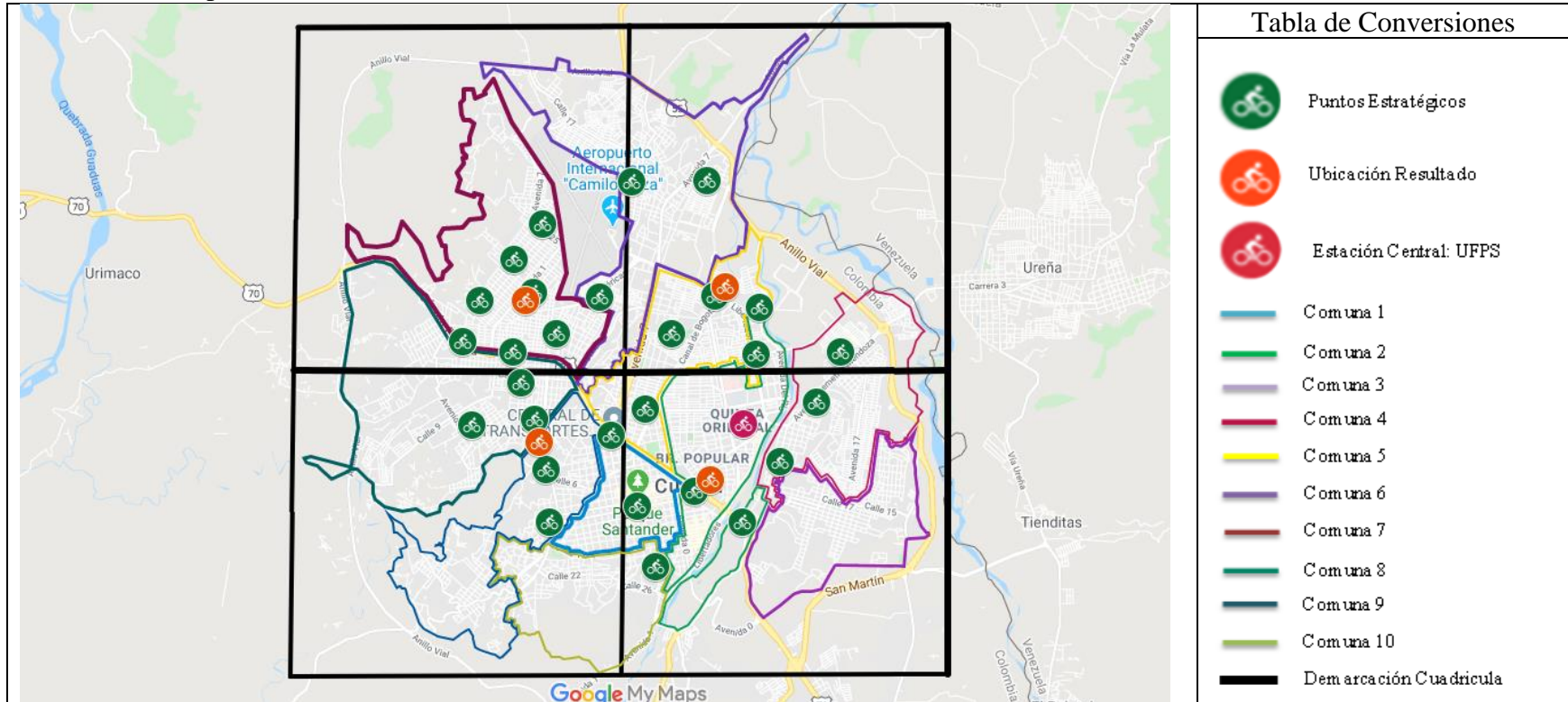
 <p>Universidad Francisco de Paula Santander Vigilada Mineducación</p>	Proyecto: Propuesta de Localización de Plataformas de Servicio de Transporte Público de Bicicletas de La UFPS en la Ciudad de San José de Cúcuta Empleando Técnicas De Ingeniería		
	Titulo Plano: Mapa Localización Centro de Gravedad con 2 Cuadrantes en Horizontal		
	Escala	Varias	
Fecha			



Anexo E. Mapa Localización Centro de Gravedad con 2 Cuadrantes en Vertical



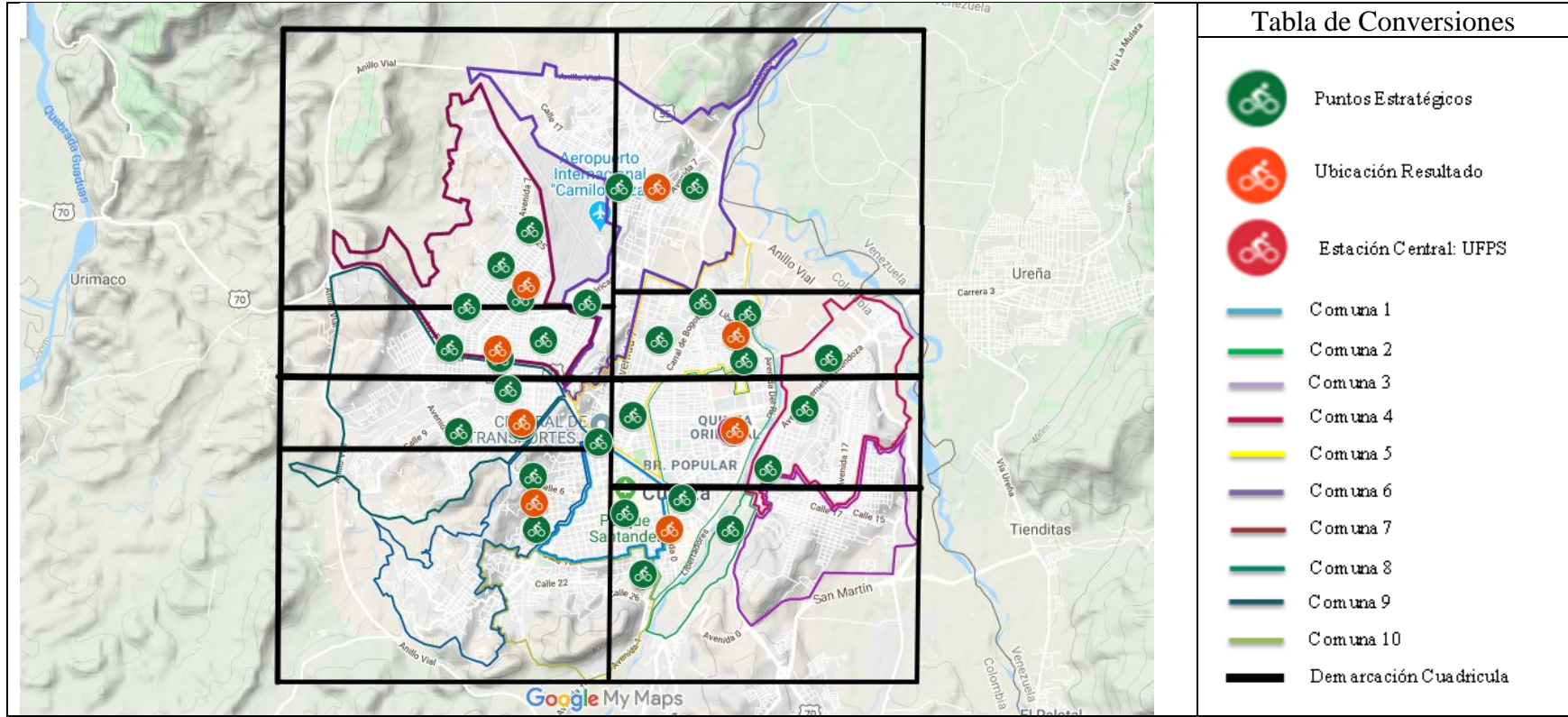
	Proyecto: Propuesta de Localización de Plataformas de Servicio de Transporte Público de Bicicletas de La UFPS en la Ciudad de San José de Cúcuta Empleando Técnicas De Ingeniería		
	Título Plano: Mapa Localización Centro de Gravedad con 2 Cuadrantes en Horizontal		
	Escala Fecha	Varias	

Anexo F. Mapa Localización Centro de Gravedad con 4 Cuadrantes



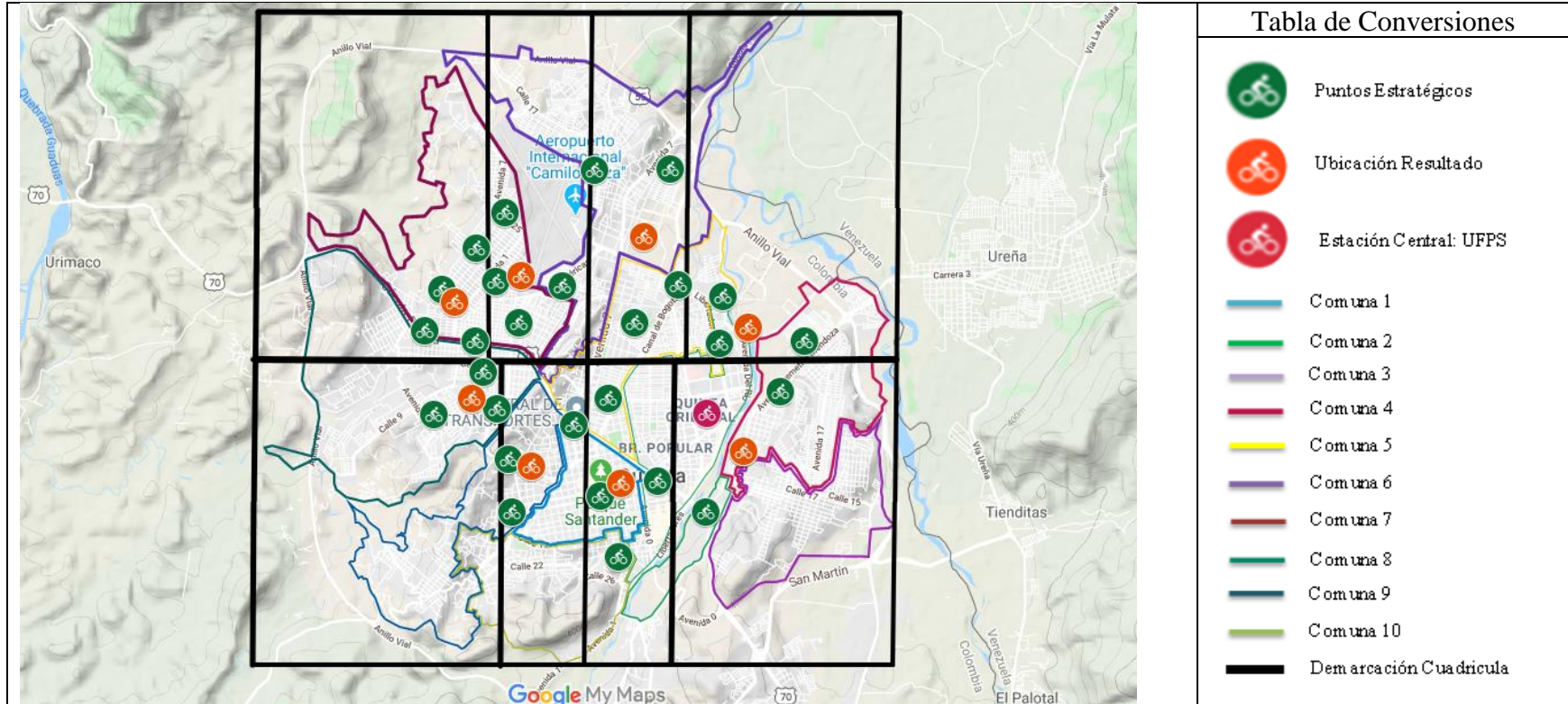
 Universidad Francisco de Paula Santander Vigilada Mineducación	Proyecto: Propuesta de Localización de Plataformas de Servicio de Transporte Público de Bicicletas de La UFPS en la Ciudad de San José de Cúcuta Empleando Técnicas De Ingeniería		
	Título Plano: Mapa Localización Centro de Gravedad con 4 Cuadrantes		
	Escala	Varias	
Fecha			



Anexo G. Mapa Localización Centro de Gravedad Con 8 Cuadrantes en Horizontal



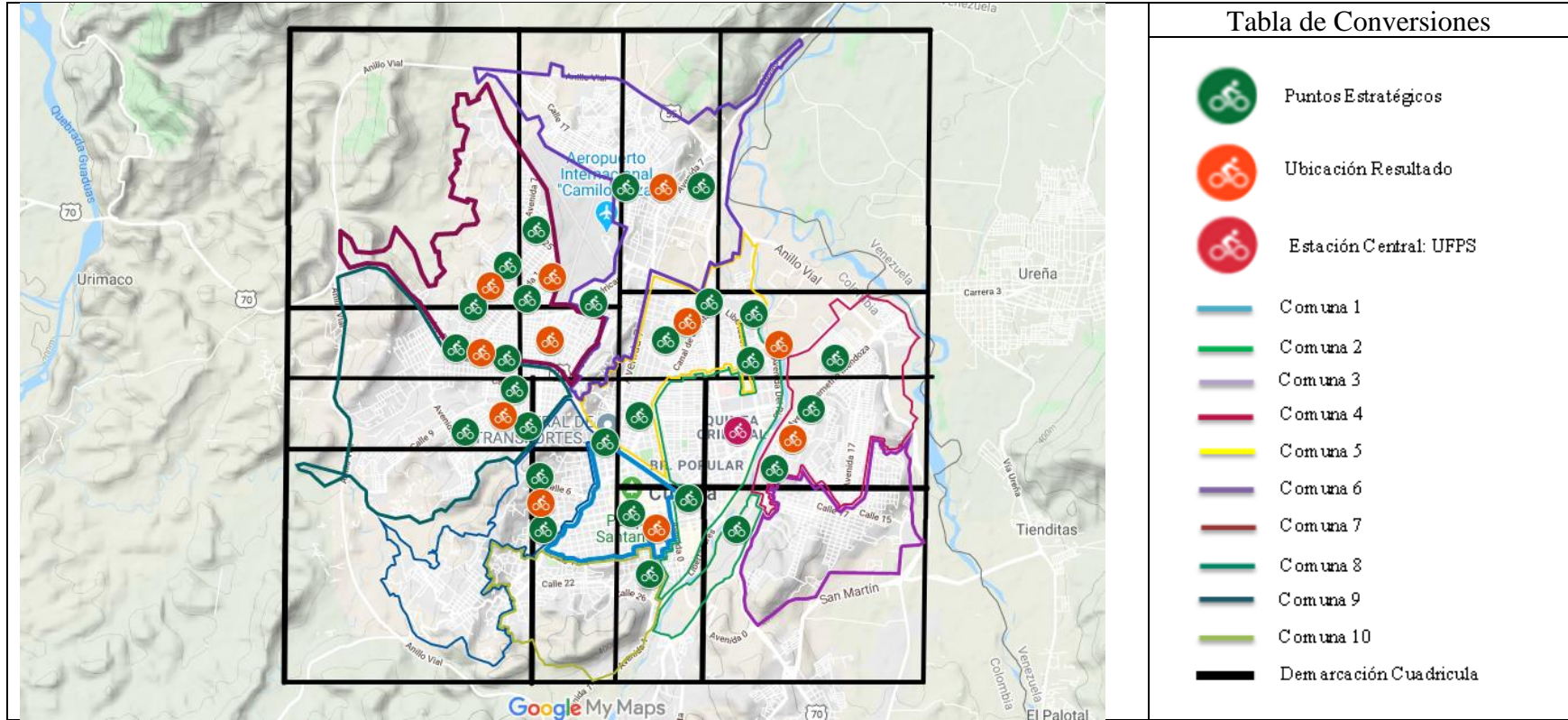
	Proyecto: Propuesta de Localización de Plataformas de Servicio de Transporte Público de Bicicletas de La UFPS en la Ciudad de San José de Cúcuta Empleando Técnicas De Ingeniería		
	Título Plano: Mapa Localización Centro de Gravedad Con 8 Cuadrantes en Horizontal		
	Escala Fecha	Varias	



Anexo H. Mapa Localización Centro de Gravedad con 8 Cuadrantes en Vertical



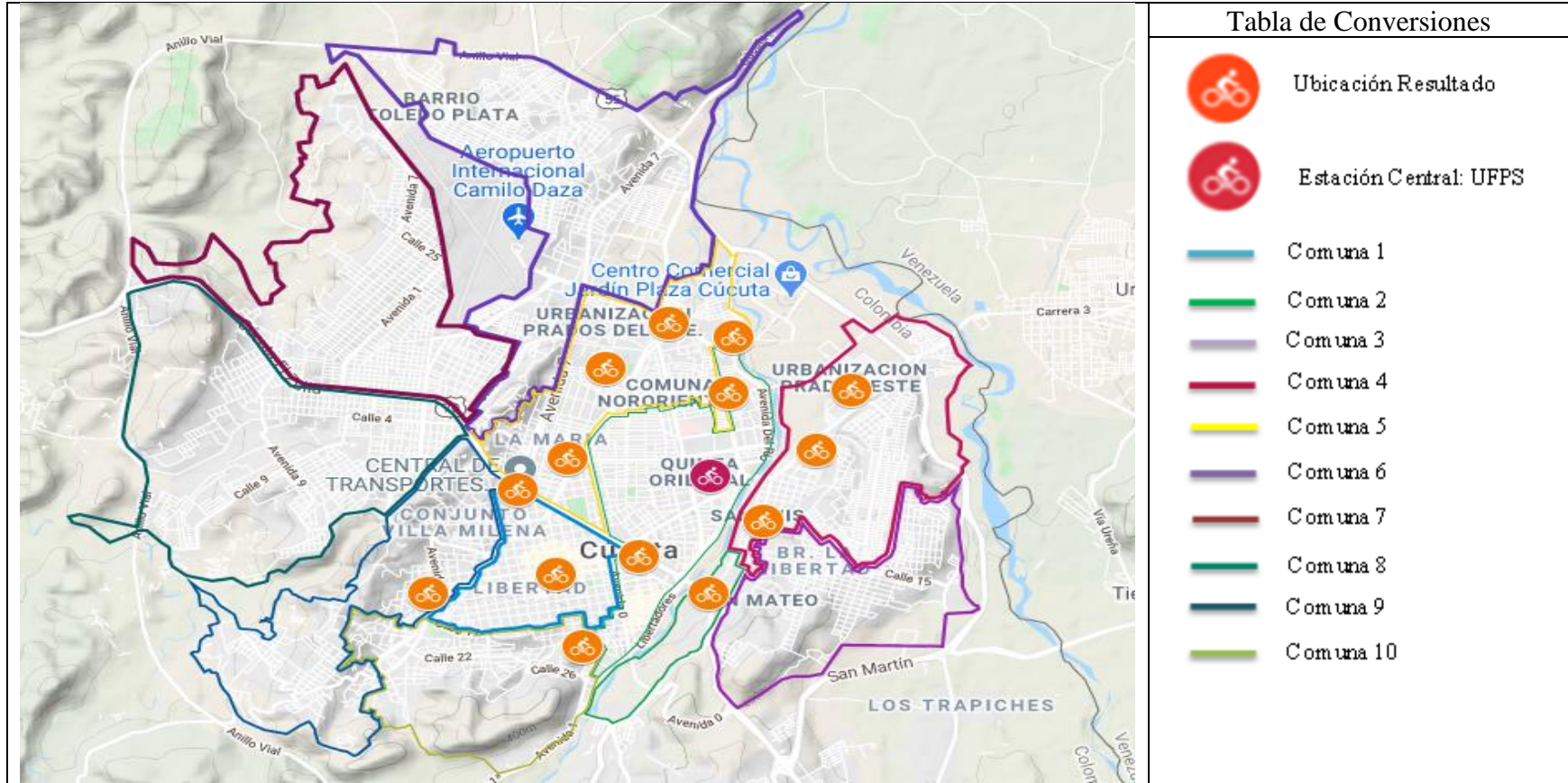
	Proyecto: Propuesta de Localización de Plataformas de Servicio de Transporte Público de Bicicletas de La UFPS en la Ciudad de San José de Cúcuta Empleando Técnicas De Ingeniería		
	Título Plano: Mapa Localización Centro de Gravedad con 8 Cuadrantes en Vertical		
	Escala Fecha	Varias	

Anexo I. Mapa Localización Centro de Gravedad con 16 Cuadrantes



	Proyecto: Propuesta de Localización de Plataformas de Servicio de Transporte Público de Bicicletas de La UFPS en la Ciudad de San José de Cúcuta Empleando Técnicas De Ingeniería		
	Título Plano: Mapa Localización Centro de Gravedad con 16 Cuadrantes		
	Escala	Varias	
Fecha			

Anexo J. Mapa Localización Carga Distancia



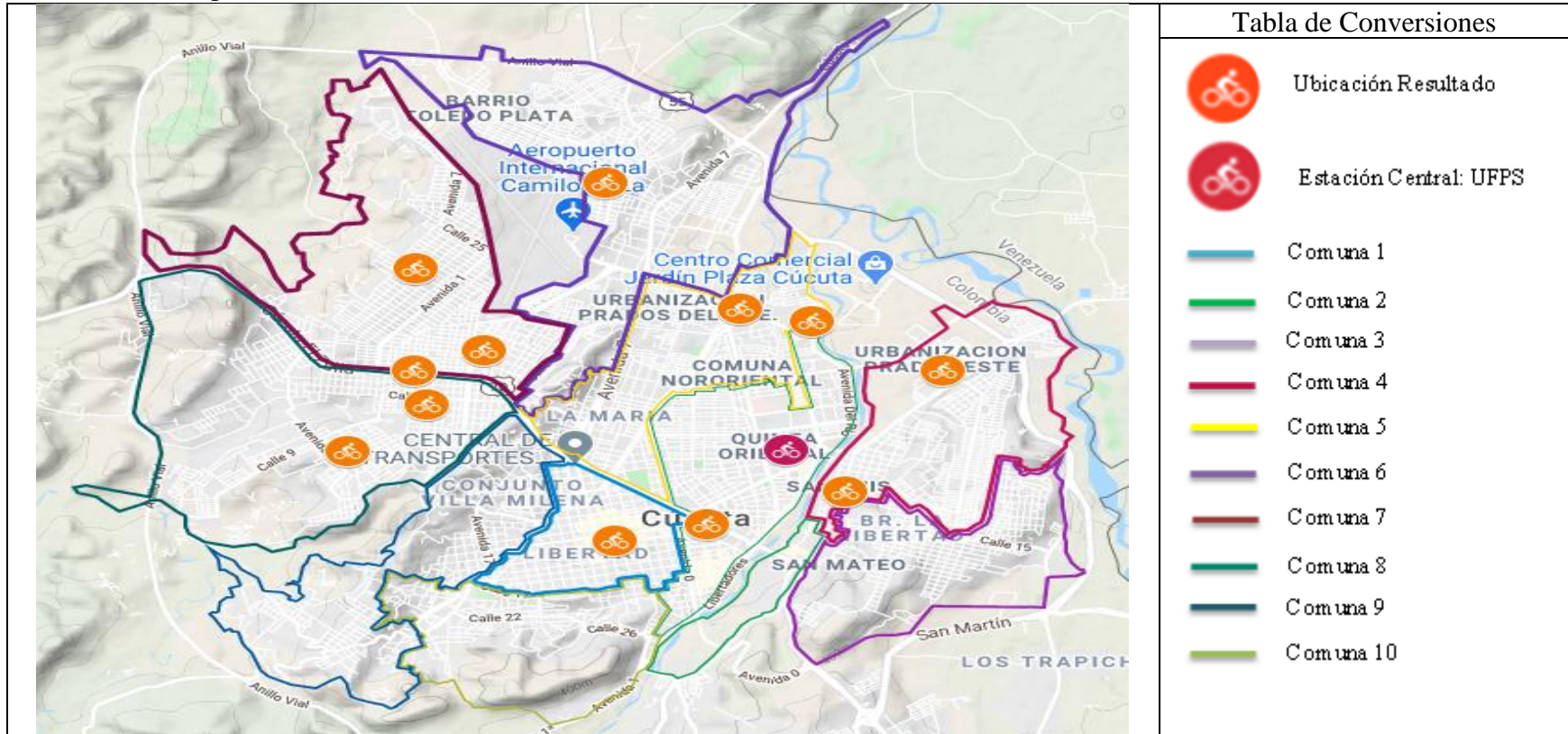
Proyecto:
 Propuesta de Localización de Plataformas de Servicio de Transporte Público de Bicicletas de La UFPS en la Ciudad de San José de Cúcuta
 Empleando Técnicas De Ingeniería



Título Plano:
 Mapa Localización Carga Distancia

Escala	Varias	Plano No. 10
Fecha		

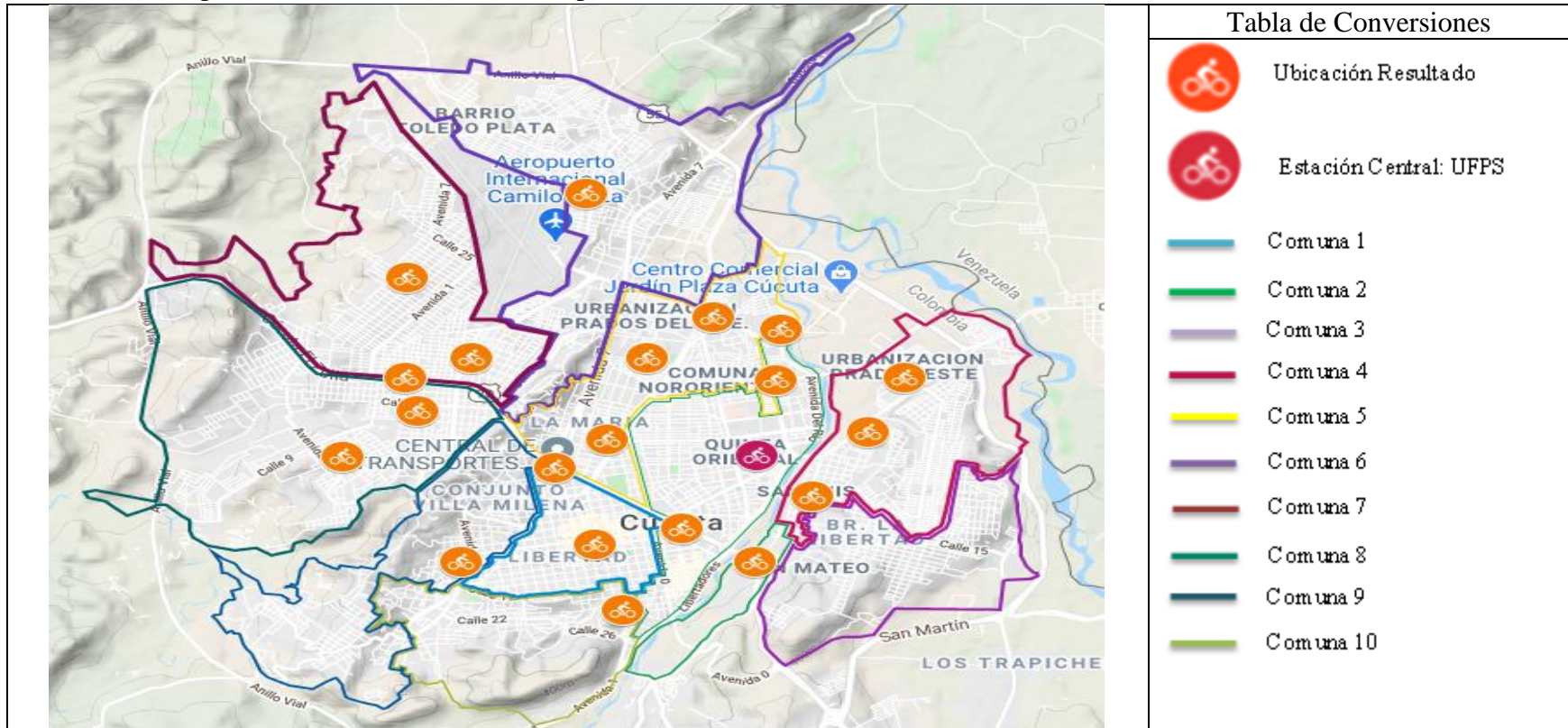




Anexo K. Mapa Localización AHP



 Universidad Francisco de Paula Santander Vigilada Mineducación	Proyecto: Propuesta de Localización de Plataformas de Servicio de Transporte Público de Bicicletas de La UFPS en la Ciudad de San José de Cúcuta Empleando Técnicas De Ingeniería		
	Título Plano: Mapa Localización AHP		
	Escala	Varias	
	Fecha		

Anexo L Mapa Localización Plataformas Propuestas



 Universidad Francisco de Paula Santander Vigilada Mineducación	Proyecto: Propuesta de Localización de Plataformas de Servicio de Transporte Público de Bicicletas de La UFPS en la Ciudad de San José de Cúcuta Empleando Técnicas De Ingeniería		
	Titulo Plano: Mapa Localización Plataformas Propuestas		
	Escala	Varias	
Fecha			

Anexo J. Centro de gravedad por cuadrantes

CUADRANTE 1							
Estación	Coordenadas		Volumen (vi)	Carga Distancia		Comuna	Volumen
	Logitud (x)	Latitud (y)		x*vi	y*vi		
1. Estación de policía Atalaya	7.90900	-72.52308	193	1526.437	-13996.95444	Comuna 8	57
4. Estación Cancha El Apostol	7.91667	-72.52809	193	1527.91731	-13997.92137	Comuna 7	50
5. Estación Cancha Chapinero	7.91159	-72.51658	193	1526.93687	-13995.69994	Comuna 6	86
6. Estación Cancha Buenos Aires	7.92794	-72.51877	193	1530.09242	-13996.12261	Total	193
7. Estación Colegio Juan Pablo I	7.91781	-72.52007	193	1528.13733	-13996.37351		
19. Estación Jesús Misericordioso	7.91711	-72.51002	193	1528.00223	-13994.43386		
20. Estación de Policía Ospina Perez	7.92275	-72.52297	193	1529.09075	-13996.93321		
21. Estación Integrado Juan Atalaya	7.91048	-72.53074	193	1526.72264	-13998.43282		
TOTAL	403.26904	-3697.87128	1544	12223.33655	-111972.8718		
COORDENADA CENTRO DE GRAVEDAD				7.916668750	-72.52129000		
CUADRANTE 2							
Estación	Coordenadas		Volumen (vi)	Carga Distancia		Comuna	Volumen
	Logitud (x)	Latitud (y)		x*vi	y*vi		
2. Estación parque de ceci	7.89813	-72.52929	122	963.57186	-8848.57338	Comuna 8	57
3. Estación Centenario	7.90438	-72.52195	122	964.33436	-8847.6779	Comuna 9	46
8. Estación Terminal	7.89651	-72.50840	122	963.37422	-8846.0248	Comuna 1	19
10. Estación Loma de Bolívar	7.89137	-72.51821	122	962.74714	-8847.22162	Total	122
22. Estación Parroquia Santísima Trinidad	7.88356	-72.51763	122	961.79432	-8847.15086		
27. Estación Parroquia San Juan Bosco	7.89892	-72.51996	122	963.66824	-8847.43512		
TOTAL	766.98465	-7033.32482	732	5779.49014	-53084.08368		
COORDENADA CENTRO DE GRAVEDAD				7.895478333	-72.51924000		

CUADRANTE 3							
Estación	Coordenadas		Volumen (vi)	Carga Distancia		Comuna	Volumen
	Logitud (x)	Latitud (y)		x*vi	y*vi		
12. Estación Unicentro	7.91720	-72.49283	228	1805.1216	-16528.36524	Comuna 6	86
13. Estación García Herreros	7.93453	-72.49391	228	1809.07284	-16528.61148	Comuna 5	52
14. Estación Prados del Este	7.90888	-72.47396	228	1803.22464	-16524.06288	Comuna 2	43
23. Estación UDES	7.91171	-72.49930	228	1803.86988	-16529.8404	Comuna 4	47
24. Estación Niza	7.91565	-72.48611	228	1804.7682	-16526.83308	Total	228
25. Estación Colegio Mercedes Abrego	7.90853	-72.48665	228	1803.14484	-16526.9562		
26. Estación Cancha Aeropuerto	7.93421	-72.50533	228	1808.99988	-16531.21524		
TOTAL	1312.65336	-12036.35220	1596	12638.20188	-115695.8845		
COORDENADA CENTRO DE GRAVEDAD				7.918672857	-72.49115571		
CUADRANTE 4							
Estación	Coordenadas		Volumen (vi)	Carga Distancia		Comuna	Volumen
	Longitud (x)	Latitud (y)		x*vi	y*vi		
9. Estación Ventura Plaza	7.88821	-72.49584	229	1806.40009	-16601.54736	Comuna 1	19
11. Estación Éxito San Mateo	7.88353	-72.48862	229	1805.32837	-16599.89398	Comuna 2	43
15. Estación San Luis	7.89268	-72.48293	229	1807.42372	-16598.59097	Comuna 3	42
16. Estación SENA	7.90052	-72.50332	229	1809.21908	-16603.26028	Comuna 4	47
17. Estación Cristo Rey	7.87703	-72.50173	229	1803.83987	-16602.89617	Comuna 5	52
18. Estación Parque Santander	7.88593	-72.50447	229	1805.87797	-16603.52363	Comuna 10	26
28. Estación Todos los Santos	7.90145	-72.47754	229	1809.43205	-16597.35666		229
TOTAL	2237.67094	-20519.68500	1603	12647.52115	-116207.0691		
COORDENADA CENTRO DE GRAVEDAD				7.889907143	-72.49349286		

