

**TASAS DE VIAJES GENERADOS Y ATRAIDOS EN USOS DEL SUELO
RESIDENCIAL EN POPAYÁN**

Jorge Quinayás Guamanga

UNIVERSIDAD DEL CAUCA
Facultad De Ingeniería Civil
Departamento De Vías, Tránsito y Transporte
Popayán, 2020

**TASAS DE VIAJES GENERADOS Y ATRAIDOS EN USOS DEL SUELO
RESIDENCIAL EN POPAYÁN**

Trabajo de Grado para Optar al título de Ingeniero Civil
Modalidad Investigación

DIRECTOR

Ing. Carlos Aníbal Calero Valenzuela
Ingeniero Civil, Doctor en Filosofía en Ingeniería Civil

UNIVERSIDAD DEL CAUCA
Facultad De Ingeniería Civil
Departamento De Vías, Tránsito y Transporte
Popayán, 2020

Nota de aceptación

Carlos Calero

Firma del presidente del jurado

C. Arboleda V

Firma del jurado 1

Firma del jurado

Popayán, Cauca, abril del 2020

Agradecimientos

Agradecer a DIOS porque sin su ayuda no hubiese culminado esta etapa de mi vida con éxito.

A mi padre Olber Quinayás Alegría, a mi madre Aura Milena Guamanga Alvarado, por el apoyo incondicional durante mi vida, por sus palabras de aliento en el momento preciso, por ser excelentes padres y compañeros de vida de verdad muchas gracias.

A mi hermana, por su compañía en los momentos buenos y las adversidades.

Gracias a mis abuelos, tíos y primos, por los consejos y palabras de aliento en momentos críticos.

A mis compañeros y amigos, gracias por su paciencia, por brindarme su conocimiento y por los buenos momentos que compartimos en hermandad.

Por último, pero no menos importante agradezco al ingeniero Carlos Calero por su entera dedicación durante toda la investigación, por su ayuda en todas y cada una de sus fases y por ser un gran docente.

Resumen

El crecimiento desordenado de las ciudades genera problemas de congestión, demoras y emisiones de gases contaminantes. Para que estos disminuyan, es necesario que en la planeación y puesta en marcha de nuevos desarrollos, se considere el impacto de los viajes generados y atraídos por ellos. En Popayán se ha presentado un crecimiento fragmentado y no planificado debido al sismo de 1983; este crecimiento, junto con la falta de mejoramiento de la malla vial existente y construcción de nuevas vías, y acompañado de un marcado crecimiento de la construcción de viviendas en la ciudad, han favorecido al crecimiento de la congestión vehicular.

La hipótesis de la investigación es que los modelos desarrollados en el manual de generación de viajes de los Estados Unidos no aplican a las condiciones locales de Popayán. Para el desarrollo de los modelos de estimación de los viajes se incluyeron conjuntos cerrados con un tiempo de funcionamiento superior a cinco años, con índice de ocupación mayor al 85%, con el estrato socioeconómico similar y que no tengan construcciones de gran magnitud cerca. Los cinco conjuntos residenciales cerrados incluidos en el estudio tienen en promedio de área construida de 16193 m², 14062 m² de área neta construida, 156 estacionamientos y viviendas con 112 m². Estas se utilizaron para estimar el número de viajes generados según el uso del suelo mediante modelos de regresión lineal o líneas de tendencia que mejor se ajusten a los datos obtenidos. Las variables número de casas por conjunto y estacionamientos resultaron significativas para la estimación de los viajes generados y atraídos en automóvil, mientras que para las motocicletas fueron área bruta construida y estacionamientos, para peatones área neta construida y densidad; todos modelos cumplen con los supuestos de las técnicas estadísticas y generaron un R² de 0.8644, 0.8012 y 0.9065 respectivamente. Que al final concluye que la hipótesis planteada es cierta, y da una serie de recomendaciones.

Tabla de contenido

Agradecimientos	iii
Resumen.....	iv
Lista de Figuras	vii
Lista de Tablas	viii
Lista de Ilustraciones.....	ix
Capítulo 1. Introducción.....	1
1.1 Descripción del problema de investigación.....	1
1.2 Justificación	7
1.3 Hipótesis	13
1.4 Objetivos.....	14
1.4.1 General	14
1.4.2 Específicos	14
1.5 Alcance	14
1.6 Organización del documento	15
Capítulo 2. Revisión de literatura.....	16
2.1. Marco teórico	16
2.2. Conceptos básicos.....	16
2.2.1. Definiciones	16
2.3. Transporte	18
2.4. Manual de generación de viajes.....	18
2.5. Antecedentes.....	19
2.6. Modelos de generación de viajes	22
2.6.1. Modelo clásico de transporte.....	22
2.6.2. Modelos agregados o de uso del suelo	36
2.6.3. Modelos desagregados o de características de personas	37
2.7. Variables que explican la generación de viajes	38
Capítulo 3. Metodología.....	40
3.1 Desarrollo de las fases metodológicas.....	40
3.1.1 Revisión de literatura	40

3.1.2	Toma de datos	40
3.1.3	Trabajo de campo	41
3.1.4	Análisis de información recolectada	45
Capítulo 4.	Toma y análisis de datos	46
4.1	Gráficas para estimación de viajes en automóvil	52
4.2	Gráficas para la estimación en motocicletas.....	70
4.3	Gráficas para la estimación de viajes en peatones.....	84
Capítulo 5.	Conclusiones y recomendaciones.....	98
5.1	Conclusiones.....	98
5.2	Recomendaciones	100
5.3	Trabajo futuro	100
Bibliografía	101
Anexo A.	Datos del aforo en los conjuntos residenciales	104
Anexo B.	Gráficas para autos.....	105
Anexo C.	Gráficas para motos	106
Anexo D.	Gráficas para Peatones.....	106

Lista de Figuras

Figura 1. Censo de Edificaciones Popayán	10
Figura 2. Número de Viajes Vs Área Bruta del Lote (Autos).....	53
Figura 3. Número de Viajes Vs Área Bruta del Lote (6:00 a.m. - 8:00 p.m.) Autos	54
Figura 4. Número de Viajes Vs Área Bruta Construida (Autos)	55
Figura 5. Número de Viajes Vs Área Bruta Construida (6 a.m. - 8 p.m.) Autos	56
Figura 6. Número de Viajes Vs Área Neta Construida (Autos).....	57
Figura 7. Número de Viajes Vs Área Neta Construida (6 a.m. - 8 p.m.) Autos	58
Figura 8. Número de Viajes Vs Casas por Conjunto (Autos).....	59
Figura 9. Número de Viajes Vs Número de Casas (6 a.m. - 8 p.m.) Autos	60
Figura 10. Número de Viajes Vs Número de Estacionamientos (Autos).....	61
Figura 11. Número de Viajes Vs Estacionamientos (6 a.m. - 8 p.m.) Autos	62
Figura 12. Número de Viajes Vs Densidad (Autos)	63
Figura 13. Número de Viajes Vs Densidad (Casa/ Ha) (6 a.m. - 8 p.m.) Autos	64
Figura 14. Manual de Generación de viajes Vs Investigación (Casas por Conjunto).....	67
Figura 15. Manual de Generación de viajes Vs Investigación (Casas por Conjunto).....	68
Figura 16. Número de Viajes Vs Área Bruta del Lote (motocicletas)	70
Figura 17. Número de Viajes Vs Área Bruta del Lote (6 a.m. - 8 p.m.) Motocicletas	71
Figura 18. Número de Viajes Vs Área Bruta Construida (motocicletas).....	72
Figura 19. Número de Viajes Vs Área Bruta Construida (6 a.m. - 8 p.m.) Motocicletas	73
Figura 20. Número de Viajes Vs Área Neta Construida(motocicletas)	74
Figura 21. Número de Viajes Vs Área Neta Construida (6 a.m. - 8 p.m.) Motocicletas	75
Figura 22. Número de Viajes Vs Número de Casas por Conjunto(motocicletas)	76
Figura 23. Número de Viajes Vs Número de Casas (6 a.m. - 8 p.m.) Motocicletas	77
Figura 24. Número de Viajes Vs Número de Estacionamientos (motocicletas).....	78
Figura 25. Número de Viajes Vs Estacionamientos (6 a.m. - 8 p.m.) Motocicletas	79
Figura 26. Número de Viajes Vs Densidad (motocicletas).....	80
Figura 27. Número de Viajes Vs Densidad (Casas/Ha) (6 a.m. - 8 p.m.) Motocicletas	81
Figura 28. Número de Viajes Vs Área Bruta del Lote (Peatones)	84
Figura 29. Número de Viajes Vs Área Bruta del Lote (6 a.m. - 8 p.m.) Peatones.....	85
Figura 30. Número de Viajes Vs Área Bruta Construida (Peatones).....	86
Figura 31. Número de Viajes Vs Área Bruta Construida (6 a.m. - 8 p.m.) Peatones	87
Figura 32. Número de Viajes Vs Área Neta Construida (Peatones)	88
Figura 33. Número de Viajes Vs Área Neta Construida (6 a.m. - 8 p.m.) Peatones.....	89
Figura 34. Número de Viajes Vs Número de Casa por Conjunto (Peatones)	90
Figura 35. Número de Viajes Vs Número de Casas (6 a.m. - 8 p.m.) Peatones	91
Figura 36. Número de Viajes Vs Número de Estacionamientos (Peatones).....	92
Figura 37. Número de Viajes Vs Estacionamientos (6 a.m. - 8 p.m.) Peatones	93
Figura 38. Número de Viajes Vs Densidad (Peatones).....	94
Figura 39. Número de Viajes Vs Densidad (Casas/Ha) (6 a.m. - 8 p.m.) Peatones.....	95

Lista de Tablas

Tabla 1. Posiciones Mejor Dinámica Inmobiliaria 2016	11
Tabla 2. Variables Independientes Campo Real	47
Tabla 3. Variables Independientes Altos de Tulcán.....	47
Tabla 4. Variables Independientes Urbanización Pomona	47
Tabla 5. Variables Independientes Portal del Cerro.....	48
Tabla 6. Variables Independientes Portal de Pomona.....	48
Tabla 7. Días Laborales y Horas Pico de los Conjuntos	48
Tabla 8. Clasificación para R^2	51
Tabla 9. Clasificación para R^2	52
Tabla 10. Resumen del Valor de (R^2) Para Cada Variable Independiente Autos	65
Tabla 11. Manual de Generación de viajes Vs Investigación (Casas por Conjunto).....	66
Tabla 12. Manual de Generación de viajes Vs Investigación (Casas por Conjunto).....	66
Tabla 13. Manual de Generación de viajes Vs Investigación (Casas por Conjunto).....	67
Tabla 14. Resumen del Valor de (R^2) Para Cada Variable Independiente (Motocicletas)	82
Tabla 15. Resumen del Valor de (R^2) Para Cada Variable Independiente Peatones	96

Lista de Ilustraciones

Ilustración 1. Croquis de Popayán.	42
Ilustración 2. Ubicación Pomona.	43
Ilustración 3. Ubicación de los Conjuntos Residenciales Estudiados.	44

Capítulo 1. Introducción

En este trabajo de investigación se trae una propuesta metodológica para desarrollar tasas de generación de viajes en usos de suelo residencial.

1.1 Descripción del problema de investigación

La dispersión urbana es un fenómeno frecuente en las ciudades del mundo que genera un cambio en su estructura (Galarraga & Bordese, 2017). Éste se produce por el movimiento de la población desde el centro de la ciudad a las zonas urbanas o rurales periféricas (Galarraga & Bordese, 2017).

Es una manifestación de la re-estructuración de los territorios que corresponde a distintas dinámicas en diferentes partes del mundo, incluida América Latina (Barros, 1999; Jenks y Burgess, 2000; Aguilar et al., 2003). Allen, (2003) argumenta que las zonas periféricas de las ciudades suelen compartir el territorio de más de una unidad administrativa, donde los municipios tienen vínculos débiles y una participación limitada en sectores como transporte, agua, energía, residuos sólidos y líquidos, gestión y planificación del uso del suelo, lo que crea un vacío institucional en la administración de cada uno de estos sectores. Algunos de los rasgos emergentes de las ciudades actuales a causa de los vacíos institucionales son la discontinuidad, baja densidad y existencia de sub-centros, todos ellos agrupados en muchas ocasiones bajo la etiqueta de ciudad dispersa (García & Muñiz, 2007).

De acuerdo con lo anterior, la dispersión urbana es un producto social dado por la localización de la producción económica en el espacio, que involucra una nueva ruralidad y una nueva proyección urbanística (Gonzalez, Moreno & Cañon, 2012). En Colombia, los sistemas urbanos tienden a aumentar sus dimensiones espaciales como se evidencia en que el 9% del PIB (Producto Interno Bruto) nacional corresponde al sector de la construcción (CAMACOL, 2009), el cual es

un importante motor económico que incide en la generación de empleos asociados principalmente a las actividades urbanas que en las dos últimas décadas han recibido la aprobación de licencias de construcción de cerca de 250,000 m² en 77 municipios del país (DANE,2010; Pinto, 2009).

El incremento se orienta en gran medida a la organización de nuevos mercados de vivienda, servicios, industria y comercio en la periferia de las ciudades, generando daños en los recursos ambientales circundantes (Gonzalez et al., 2012). La ciudad de Popayán no ha sido ajena a éste fenómeno, dado que desde el sismo del 31 de marzo de 1983, además de reconstruirse gran parte del centro histórico, también se generó un crecimiento urbanístico no controlado en el Norte, Sur-occidente y Sur-oriente de la ciudad (Gobernación del Cauca, 2012). Éste ensanchamiento se debe a la migración de aproximadamente 26,400 personas que incrementan la magnitud del desastre (Gobernación del Cauca, 2012).

Para Popayán la dispersión urbana se ha dado de una manera desordenada, en vista que, con información obtenida en la alcaldía municipal, se observa que en uno de sus documentos oficiales dice: “*Para Popayán, municipio que no tiene su P.O.T. aprobado*” (Gobernación del Cauca, 2012), se puede afirmar que la ciudad tiene un crecimiento que no es supervisado por las autoridades competentes (Gobernación del Cauca, 2012). Se debe tener en cuenta que en Colombia, el alcalde municipal tiene como obligación principal, mejorar la calidad de vida de sus habitantes; para ello tiene tres herramientas (Ministerio de ambiente, Ministerio de Vivienda, 2004):

- El Plan de Ordenamiento Territorial (POT), tres periodos administrativos.
- El Plan de Desarrollo Municipal (PDM), un periodo administrativo.
- El presupuesto, cada año del periodo administrativo.

Con éstas, la administración cuenta con 3 instrumentos esenciales que deben articularse y armonizarse para lograr su objetivo principal: mejorar la calidad de vida de la población (Ministerio de ambiente, Ministerio de Vivienda, 2004).

“El Plan de ordenamiento Territorial se concreta a través de la ejecución de obras físicas y de control urbano y rural. Los proyectos de infraestructura y equipamientos que se han programado para realizar en el corto plazo (4 años), mediano plazo (8 años) y largo plazo (12 o más años) permitirán construir a través de las sucesivas administraciones, municipios más productivos, equitativos y sostenibles” (Ministerio de ambiente, Ministerio de Vivienda, 2004).

1.1.1.1 ¿Qué municipios deben tener un POT?

Todos los municipios del país, de acuerdo con las características y tamaño de cada municipio, se establecen distintos tipos de planes así (Ministerio de ambiente, Ministerio de Vivienda, 2004):

- Planes de Ordenamiento Territorial (POT): Deben elaborarlos los municipios con población superior a 100,000 habitantes.
- Planes Básicos de Ordenamiento Territorial (PBOT): Deben elaborarlos los municipios con población entre 30,000 y 100,000 habitantes.
- Esquemas de Ordenamiento Territorial (EOT): Deben elaborarlos los municipios con población inferior a 30,000 habitantes.

1.1.1.2 ¿Qué es importante tener en cuenta para hacer el POT?

El Ministerio de ambiente y el Ministerio de Vivienda, brindan la siguiente información:

- La visión de futuro del municipio, construida en consenso con la población.
- La articulación de esta visión de futuro con las perspectivas regionales y departamentales.

- La coherencia de las decisiones locales con las decisiones y proyectos de otros órdenes territoriales.
- Las estrategias y directrices de desarrollo económico del municipio.
- Las políticas de conservación de su patrimonio cultural.
- Las regulaciones sobre conservación, preservación y uso y manejo del medio ambiente.
- La prevención de riesgos y amenazas naturales.
- Las relaciones intermunicipales, metropolitanas y regionales.

1.1.1.3 ¿Qué aspectos son determinantes para la elaboración del POT?

Todos los tipos de planes, deben reunir los siguientes componentes (Ministerio de ambiente, Ministerio de Vivienda, 2004):

- **Componente general:** Señala objetivos y estrategias territoriales de mediano y largo plazo en los siguientes aspectos:
 - ✓ Sistemas de comunicación entre el área urbana y el área rural.
 - ✓ La clasificación del territorio en suelo urbano, rural y de expansión urbana, con la correspondiente fijación del perímetro del suelo urbano.
 - ✓ Delimitación de las áreas de reserva para la protección del medio ambiente y los recursos naturales.
 - ✓ Determinación de las zonas expuestas a amenazas y riesgos.
- **Componente urbano:** Define las políticas, programas, acciones y normas para orientar y administrar el desarrollo físico de la ciudad plazo en los siguientes aspectos:
 - ✓ Plan Vial.
 - ✓ Plan de servicios públicos domiciliarios.

- ✓ Estrategia de mediano plazo para el desarrollo de programas de vivienda de interés social y de mejoramiento integral.
- ✓ Normas urbanísticas.
- **Componente rural:** Define políticas, programas, acciones y normas para orientar la conveniente utilización del suelo y garantizar la adecuada interacción entre los asentamientos rurales y la cabecera municipal, debe contemplar los siguientes aspectos:
 - ✓ Delimitación de las áreas de conservación y protección de los recursos naturales incluyendo las áreas de amenazas y riesgos.
 - ✓ Localización y dimensionamiento de las zonas como suburbanas.
 - ✓ Identificación de los centros poblados rurales.
 - ✓ Determinación de los sistemas de aprovisionamiento de los servicios de agua potable y saneamiento básico de las zonas rurales.
 - ✓ Expedición de normas para la parcelación de predios rurales destinados a vivienda campestre.
- **Programa de ejecución:** Define las actuaciones obligatorias sobre el territorio, a ejecutar en el periodo de la correspondiente administración, señalando prioridades, programación de actividades, entidades responsables y recursos respectivos.

1.1.1.4 ¿Por qué es bueno tener POT?

Cuando un municipio adopta el POT y el alcalde orienta sus acciones basado en el, se logra tener (Ministerio de ambiente, Ministerio de Vivienda, 2004):

- Autonomía municipal para la planificación y administración del territorio.
- Acceso a recursos adicionales de financiación y cofinanciación por parte de entidades del Estado.

- Ejecución de proyectos y obras de infraestructura.
- Acceso a subsidios para Vivienda de Interés Social (VIS).
- Uso equitativo y racional del suelo.
- Preservación del patrimonio ecológico y cultural.
- Prevención de desastres.
- Ejecución de acciones urbanísticas eficientes.
- Reparto equitativo de cargas y beneficios.
- Mejoramiento continuo de la calidad de vida de sus habitantes.

1.1.1.5 ¿Qué pasa si un municipio no adopta el POT?

No adoptar el POT tiene varias consecuencias para los municipios (Ministerio de ambiente, Ministerio de Vivienda, 2004):

- Limita la posibilidad de generar nuevos recursos para el municipio.
- Limita el acceso a recursos de cofinanciación de las CAR (Corporaciones Autónomas Regionales) y el Fondo Nacional de Regalías.
- Limita el acceso a recursos nacionales e internacionales para proyectos y obras de infraestructura.
- Limita el acceso a recursos en dinero o en especie que destine el Gobierno Nacional para vivienda de interés social (VIS).
- Imposibilidad de expedir licencias de urbanismo y construcción.
- Limita procesos de autonomía municipal en el direccionamiento de transferencias e ingresos propios.
- Genera desequilibrio, abuso e inequidad en el uso del suelo.
- Posibilita vulnerar el patrimonio ecológico y cultural.

- Ocasiona acciones y sanciones disciplinarias por parte de los organismos de control del Estado.

Estas limitantes que se dan por no tener un POT y la falta de control por parte de la administración afectan a la comunidad, dado que a los proyectos urbanísticos no se desarrollan de manera ordenada y no se les exige un estudio de impacto vial (EIV), lo cual deteriora la infraestructura vial causando altos porcentajes de accidentalidad y mortalidad (Bohórquez, Calvo, & Hernández, 2018), la falta de un (EIV) perjudica la vialidad urbana causando congestiones vehiculares, la circulación haciendo que los recorridos sean más demorados y el ordenamiento del tránsito (Mulino R., 2013). La propuesta traída por esta investigación es desarrollar los modelos para estimar la tasa de viajes generados y atraídos en uso del suelo residencial en la ciudad de Popayán y así contribuir al desarrollo de los EIV.

1.2 Justificación

La constitución política de Colombia de 1991 en su idea de dotar de facultades a los servidores públicos para respetar, proteger, promover y garantizar los derechos fundamentales de los ciudadanos en su artículo 82 dice *“es deber del Estado velar por la protección de la integridad del espacio público y por su destinación al uso común, el cual prevalece sobre el interés particular. Las entidades públicas participarán en la plusvalía que genere su acción urbanística y regularán la utilización del suelo y del espacio aéreo urbano en defensa del interés común”* (Colombia, 1991), esto da a conocer sobre el derecho que tiene cada persona para desplazarse con total comodidad, seguridad y tranquilidad por los espacios públicos de la ciudad o municipio en el que habita.

También la ley 152 de 1994 la cual reglamenta todo lo concerniente a procedimientos, aprobación y ejecución de planes de desarrollo (Gobernación del Cauca, 2012), que en su artículo

3 denotado “*principios generales*” brinda una serie de lineamientos que ayuda a los gobernantes a realizar un trabajo adecuado para mejorar el nivel de vida de las personas. Este artículo contiene 14 ítems en los cuales se destacan; C (coordinación), E (prioridad de gasto público social), F (continuidad), H (sustentabilidad ambiental), J (proceso de planeación), que son los que con mayor claridad rigen las cuestiones de planeación y desarrollo.

Para que en Popayán se cumplan a cabalidad los anteriores derechos, la gobernación del Cauca debe invertir recursos en un Plan de Desarrollo (P.D) que dirigiría la mirada a un Plan de Ordenamiento Territorial (POT). De esta forma la ciudad tendría un crecimiento ordenado y los recursos con los que cuenta se emplearán eficientemente y de manera sostenible en el tiempo, dado que es una ciudad en desarrollo (Gobernación del Cauca, 2012).

En el año 2015, el censo de edificaciones para el área urbana de Popayán tuvo un comportamiento creciente respecto al 2014 en todos los estados de las obras (Gobernación del Cauca, 2016). Las construcciones culminadas crecieron 26.8% en metraje frente al año anterior, registrando durante los cuatro trimestres una cifra de 282,774 m², frente a los 223,092 m² del 2014. Durante los dos primeros presentó variaciones negativas (-48.2% y -12.5%, respectivamente), pero en el tercer y cuarto trimestre registró incrementos pronunciados de 152.1% y 117.5%, respectivamente, que jalonaron el grupo de edificaciones culminadas, hasta alcanzar una variación positiva de 26.8% (Gobernación del Cauca, 2016).

Las obras en proceso para Popayán presentaron el mayor crecimiento (42.8%), al pasar de 992,152 m² en 2014 a 1'416,945 m² en 2015. Esta expansión fue posible en virtud de los crecimientos trimestrales continuos que se registraron en el año (11.2% en el primer trimestre, 55.7% en el segundo, 51.1% en el tercero y 54.6% en el último trimestre) (Gobernación del Cauca, 2016).

Las obras paralizadas en el área urbana de Popayán presentaron menor crecimiento (15.6%), al pasar de 400,408 m² en 2014 a 462,713 m² en 2015. Estas edificaciones causaron variaciones positivas en cada uno de los trimestres (25.1% en el primero, 14.7% en el segundo, 11.8% en el tercero y 12.1% en el cuarto trimestre)(Gobernación del Cauca, 2016).

También, durante 2015 en el censo de las obras culminadas, la mayor participación en el área urbana de Popayán, fue de casas y apartamentos con 57.4% y 26.3%, respectivamente. Las casas tuvieron un área censada de 162,442 m², con un crecimiento de 25.0%; en tanto los apartamentos registraron 74,418 m², con un crecimiento de 18.6%. La menor participación se presentó para edificaciones de administrativo público (0.1%), seguido de oficinas y hospitales (0.8% cada una) (Gobernación del Cauca, 2016).

Las edificaciones en 2015 para el área urbana de Popayán, medida por estratos socioeconómicos, registraron un total de 2,969 unidades culminadas y 4,237 unidades nuevas en proceso (Gobernación del Cauca, 2016).

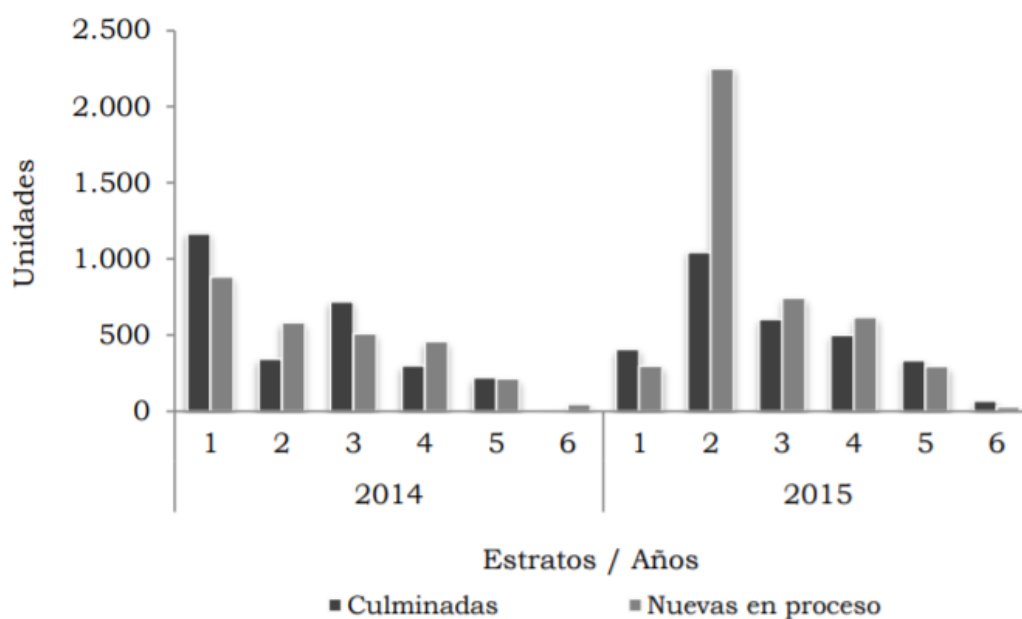
- El estrato 2 tuvo un crecimiento frente a 2014 de 203.2%, lo que lo llevó a tener la mayor incidencia en la participación de obras culminadas, con 35.2% (equivalente a 1,046 unidades asignadas a este estrato).
- El estrato 3, con 20.4% (607 unidades)
- El estrato 4, con 16.9% (502 unidades).
- El estrato 6 fue el de menor participación en obras finalizadas, con 2.3% (69 unidades).

En cuanto a obras nuevas en proceso para Popayán (Gobernación del Cauca, 2016).

- El estrato 2 registró 53.1% de participación (con una variación de 284.8% frente a 2014), equivalente a 2,251 unidades, es decir, 1,666 edificaciones adicionales al registro de 2014 (585).

- Estrato 3, con 17.6% (745 unidades)
- El estrato 4, con 14.6% (618 unidades).
- El estrato 6 fue el de menor participación en este tipo de construcciones (0.7%).

Se destaca la disminución del estrato 1 en el año 2015 en materia de crecimiento, tanto en obras culminadas como en nuevas en proceso, con -65% y -66.2%, respectivamente, lo que le ha significado un retroceso en la participación en el censo de edificaciones por estrato, ya que en el año 2014 ocupaba el primer lugar en participación en ambos tipos de obra, con 1,167 unidades en construcciones culminadas y 884 unidades en proceso. La Figura 1, resume los datos en una gráfica (Gobernación del Cauca, 2016).



Fuente: DANE.

Figura 1. Censo de Edificaciones Popayán

Fuente: DANE

Además, el Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC), en el año 2016, ubicó a Popayán en la posición ocho (8) del top diez (10) de las ciudades capitales del país con mejor dinámica

inmobiliaria (IGAC, 2016), en el 2017 esta misma institución ubicó a la ciudad en el puesto dos (2) de las ciudades con mejor dinámica inmobiliaria, como se muestra en la Tabla 1 (IGAC, 2017).

Dinámica inmobiliaria					
	Ciudad	IVP 2016	IVP 2015	Posición 2016	Posición 2015
1	Montería	8.61	6.83	5	1
2	Riohacha	7.28	4.94	20	2
3	Pasto	7.22	6.57	9	3
4	Quibdó	6.50	5.52	16	4
5	Valledupar	6.33	5.54	15	5
6	Tunja	6.14	7.08	3	6
7	Ibagué	6.10	6.57	8	7
8	Popayán	6.07	6.21	12	8
9	Neiva	6.00	7.05	4	9
10	Bucaramanga	5.87	6.77	6	10

Tabla 1. Posiciones Mejor Dinámica Inmobiliaria 2016

Fuente: DANE

Con esto se puede observar como Popayán presenta crecimiento acelerado y la forma más adecuada para controlar este crecimiento es adoptar un POT, que dan una idea de lo que está y lo que no está permitido hacer de tal manera que los recursos también se distribuyan equitativamente en toda la comunidad (Gobernación del Cauca, 2012).

Los P.O.T. se relacionan de manera directa con los EIV, dado que un plan de ordenamiento territorial es un instrumento normativo de planeación y gestión del territorio a largo plazo, que orienta el desarrollo de los municipios para los siguientes años. Permite regular la utilización, ocupación y transformación del espacio urbano y rural (Predecan, 2009; Alcaldía de Manizales, 2014). Cuando se menciona la regulación de la utilización, ocupación y transformación de espacio físico urbano los EIV se transforman en una herramienta que brinda información y analiza el tráfico causado por los diferentes proyectos que anteriormente han sido analizados y aprobados por los POT (Gobernación del Cauca, 2012).

El tener un modelo para estimar la tasa de viajes generados y atraídos en usos de suelo residencial, dará paso a la inversión y desarrollo de los EIV en la ciudad, lo que a su vez tendrá influencia directa en el cumplimiento idóneo de un derecho que tiene el pueblo, brindará un aumento en la calidad de vida de las personas, la ciudad crecerá de forma controlada y los recursos se invertirán de manera más eficiente a lo largo del tiempo, lo cual se verá reflejado en un plan de ordenamiento territorial.

1.2.1.1 La importancia de un (EIV)

Durante el proceso de planeación de un nuevo proyecto o desarrollo de mediana o gran magnitud, se toman a consideración aspectos tales como (González, 2017):

- El abastecimiento de los materiales, la mano de obra, etc.
- Los posibles retrasos que pueden presentarse durante la etapa constructiva.
- El tiempo en que deberá culminarse la obra.

Aspectos que se consideran importantes en la mayoría de los proyectos, pero se tiene otro hecho sobresaliente que debiera ser analizado, este es el impacto al que se tendrán que enfrentar las zonas aledañas al nuevo proyecto principalmente en el tránsito, puesto que, el sistema vial considerando hasta ese momento “estable”, puede ser afectado haciéndose así “inestable” (González, 2017).

Es entonces cuando se reconoce la importancia de llevar a cabo un EIV, dado que, la información que aporta será para evitar tal “inestabilidad” en términos de tránsito a corto y a largo plazo (González, 2017). Su importancia radica en que:

- Brindan información que permite evaluar el impacto vial a causa de la propuesta de un nuevo desarrollo y con ello determinar su aprobación.
- Determinan las condiciones actuales del tránsito, las condiciones futuras sin el desarrollo y las condiciones con el desarrollo establecido.

- Estimar el tránsito que puede generar el nuevo desarrollo.
- Sus resultados permiten proponer medidas para hacer frente a los impactos negativos esperados para el sistema vial, a fin de mejorar la accesibilidad y la seguridad para los modos de transporte.

Lo anterior explica como un EIV analiza el impacto sobre las condiciones actuales del tránsito a causa de un nuevo proyecto al dar un uso al suelo en una zona determinada (González, 2017).

Con lo antes mencionado es importante recalcar la importancia de invertir en proyectos como lo son:

- Un plan de ordenamiento territorial (POT)
- Los estudios de impacto vial (EIV)
- Tasas de generación y atracción de viajes para los diferentes usos del suelo

Y con esto introducir mejoras en el sistema de transporte para mantener un nivel de servicio satisfactorio, un aceptable nivel de seguridad y las disposiciones para un nuevo desarrollo.

Con esta investigación se quiere brindar información para que se vea la importancia de implementar modelos de tasas de generación de viajes en uso de suelo residencial y estudios de impacto vial (EIV), que serían muy eficientes para estimar el tránsito que pueden generar los nuevos desarrollos en la ciudad, cuando esta tenga un P.O.T. adecuado.

1.3 Hipótesis

Los modelos de estimación de generación y atracción de viajes para uso de suelo habitacional presentados en el manual de generación de viajes de Estados Unidos no son aplicables a los desarrollos de Popayán.

1.4 Objetivos

A partir de lo anterior se definieron como objetivos tanto generales como específicos los siguientes:

1.4.1 General

El objetivo principal es identificar modelos de atracción y generación de viajes aplicables a Popayán.

1.4.2 Específicos

- Analizar la aplicabilidad en la estimación de los viajes, utilizando los modelos en los manuales de generación y atracción.
- Identificar las variables independientes que mejor se adapten a los a los viajes generados y atraídos por usos del suelo habitacional en Popayán, además establecer el impacto en la estimación de la variable dependiente.

1.5 Alcance

Esta investigación tiene como función el estudio de viajes generados y atraídos por desarrollos de uso de suelo residencial para conjuntos cerrados en la ciudad de Popayán que tengan un estrato socio-económico similar (4), con estos viajes y las variables independientes (área total de lote, área bruta construida, área neta construida, área de cada casa o apartamento, número de casas o apartamentos por conjunto y número de estacionamientos, densidad, entre otras), se proporciona un modelo de generación de viajes el cual es analizado por categoría, para así encontrar la variable independiente que mejor se ajuste a los datos obtenido en los muestreos.

Dichos muestreos se realizan de forma manual en las entradas y salidas de los conjuntos residenciales (entrada y salida controlada) ubicados en el sector de Pomona, se tiene en cuenta que el estrato socio-económico de los conjuntos sea similar, tienen más del 85% de sus viviendas

ocupadas y son de uso exclusivamente residenciales, no se tiene en cuenta el destino del viaje o la actividad a realizar de las personas; La toma de datos se hace en las horas pico de días laborales (martes, miércoles y jueves), por cada conjunto residencial se tienen veintisiete (27) horas de muestreo.

1.6 Organización del documento

En el capítulo 1 se presentan, la descripción del problema, su justificación, la hipótesis y el alcance del proyecto.

En el segundo capítulo, se desarrolla la teoría en la cual se fundamenta esta investigación que se refleja en el marco teórico, con la ayuda de conceptos básicos, seguido de una breve explicación de lo que es el transporte y el manual de generación de viajes, posteriormente se traen a colación antecedentes de trabajos relacionados con las tasas de generación de viajes y finalmente se presentan los modelos de generación, atracción partición modal, asignación, modelos agregados y modelos desagregados, acompañados de sus respectivas formulaciones.

En el capítulo tres, se da a conocer la metodología que se utilizó y el desarrollo de cada una de sus fases como lo son; toma de datos, trabajo de campo y el análisis de la información recolectada y posteriormente procesada.

El cuarto capítulo, ofrece al lector una breve explicación de que variables independientes se tomaron para la realización del trabajo, las formulas necesarias para el cálculo de datos necesarios para la investigación, posterior a eso presenta las gráficas que se obtuvieron como resultado del trabajo de campo procesado en oficina y luego un análisis de ellas, mediante una comparación con el manual de generación de Viajes.

Capítulo cinco, basado en los resultados y análisis, concluye la información obtenida y hace una serie de recomendaciones para la investigación

Capítulo 2. Revisión de literatura

En este capítulo se muestra la teoría base de la investigación.

2.1. Marco teórico

Un modelo es, esencialmente, una representación simplificada de la realidad, es una abstracción que se utiliza para lograr mayor claridad conceptual acerca de ésta, reduciendo su variedad y complejidad a niveles que permitan comprenderla y especificarla de tal manera para su análisis (Ortuzar & Willumsen, 2008).

2.2. Conceptos básicos

2.2.1. Definiciones

A continuación, se definen los conceptos de importancia para el desarrollo de la investigación:

2.2.1.1. *Viajes basados en el hogar (HB)*

Son aquellos que tienen un extremo en el hogar de la persona que efectúa el viaje, independientemente de si éste es el origen o el destino del viaje (Ortuzar & Willumsen, 2008).

2.2.1.2. *Viajes no basados en el hogar (NHB)*

Son los viajes en los que ni el origen ni el destino del viaje es el hogar (Ortuzar & Willumsen, 2008).

2.2.1.3. *Estudio de impacto vial (EIV)*

“Los estudios de impacto vial (EIV) están destinados para determinar la necesidad de introducir mejoras en el sistema de transporte adyacentes y cercanas con el fin de mantener un nivel de servicio satisfactorio, un aceptable nivel de seguridad y las disposiciones de acceso para un desarrollo propuesto” (González, 2017; Trip Generation Manual, 2010).

2.2.1.4. Desarrollo

Cualquier proyecto de construcción que genere viajes o tránsito entrando y saliendo del mismo (J. González, 2017).

2.2.1.5. Estructura vial

Vías de uso común y propiedad pública, destinadas a la libre circulación de vehículos y peatones, caracterizada por servir a la intercomunicación entre las diferentes zonas de actividades (González, 2017).

2.2.1.6. Infraestructura vial

Referida a la red de caminos en el espacio urbano que permiten a la mayor parte de los modos de transporte realizar sus desplazamientos (González, 2017).

2.2.1.7. Hora pico

Horario en el cual las vías se saturan de vehículos, peatones y la demanda de transporte alcanza su máximo nivel (González, 2017).

2.2.1.8. Zona de estudio

Área que será evaluada y donde se realizarán las actividades de trabajo, cada región tendrá que definir los elementos que permitan seleccionarla (Mulino R., 2013).

2.2.1.9. Movilidad

Capacidad de desplazarse de un lugar a otro (González, 2017).

2.2.1.10. Producción

Determinación del número de viajes originados en cada zona de estudio (Girardotti, 2001).

2.2.1.11. Atracción

Determinación de número de viajes destinado a cada zona (Girardotti, 2001).

2.2.1.12. Transferibilidad

Aproximación práctica al problema de estimar un modelo para un área de estudio con escasos recursos o con una muestra disponible muy pequeña (Ortuzar & Willumsen, 2008).

2.2.1.13. Arcos

Representan los tramos de calles o vías homogéneas entre intersecciones, que se caracterizan por (longitud, velocidad, número de carriles, entre otros) (Ortúzar, 1994).

2.2.1.14. Nodos

Representación de las intersecciones vial (Hace referencia a aquellos elementos de la infraestructura vial y de transporte donde se cruzan dos o más caminos) (Ortúzar, 1994).

2.3. Transporte

El transporte es altamente cualitativo y diferenciado, existen viajes con diferentes propósitos, a diferentes horas del día y por diversos medios, lo que implica gran variedad de factores que dificultan su análisis y cuantificación (Ortúzar, 1994). El transporte surge de la necesidad de cumplir con un sin número de actividades dentro de las cuales se destacan el trabajo, las compras, el estudio, la recreación y movimiento de carga (Ortúzar, 1994).

Cuando se tienen problemas de transporte, el enfoque más común es dividir el área de estudio en zonas y definir una red estratégica que facilite su procesamiento mediante programas de computador (Ortúzar, 1994)

2.4. Manual de generación de viajes

Los objetivos principales del manual de generación de viajes son (Trip Generation Manual, 2010):

- Proporcionar orientación sobre las técnicas adecuadas para estimar la generación de viajes, tanto personales como de vehículos, para posibles sitios de desarrollo en entornos urbanos, suburbanos y rurales.
- Destinar y facilitar la presentación de datos para permitir mejoras adicionales de los enfoques recomendados, así como una base de datos más sólida. para alentar, apoyar y facilitar la ética y objetividad de los analistas en el uso de los datos del Manual de generación de viajes.

La instrucción y orientación contenidas en el manual representan una práctica recomendada por el instituto de ingenieros de transporte (ITE, por sus siglas en inglés). La orientación proporcionada en este manual está estructurada para cumplir con los siguientes criterios fundamentales (Trip Generation Manual, 2010):

- Los métodos recomendados son compatibles con el tráfico existente y los métodos de análisis de impacto multimodal.
- Permiten estimar la generación de viajes de vehículos o personas en tipos de uso de tierra individuales por dirección, entrante y saliente, y estimar la generación de viajes de personas o vehículos en horas pico utilizando variables independientes comúnmente disponibles.
- Los métodos de estimación se pueden aplicar siempre que se utilicen datos del manual de generación de viajes.

2.5. Antecedentes

Para el desarrollo de esta investigación se tomaron los siguientes antecedentes, puesto que tienen características similares a lo planteado y además guardan información importante relacionada en su mayoría por el Trip Generation Handbook, (2001) del ITE.

Girardotti, (2001) publicó “Demanda dirigida a redes”, propone que la generación de viajes se puede dividir en dos pasos:

- Producciones.
- Atracciones.

Iglesias, Godoy, Ivelic y Ortúzar (2007), desarrollaron un modelo que estima la generación-distribución y partición modal para viajes interurbanos para la macro zona centro Norte de Chile. Se trata de un modelo jerárquico de elección estimado en forma secuencial, empezando por un modelo conjunto de elección de destino y modo, seguido de un modelo de generación que incluye una etapa de elección de la longitud de viaje (Iglesias et al., 2007):

- Según propósito (trabajo u otro).
- Temporada (normal o verano).
- Unidad de viaje (individuos solos o grupo de viajeros).
- Categorizados según su longitud de recorrido.
 - ✓ Viajes cortos, menos de 150 km.
 - ✓ Viaje Mediano, 150km a 500km.
 - ✓ Viajes Largos, 500km o mayor.

Los modelos obtenidos fueron aplicados utilizando las variables explicativas como la población, ingresos, precios, etc. Que correspondían al año 2005. Los resultados obtenidos fueron razonables a pesar del tamaño de la zona (350km²) (Iglesias et al., 2007).

Quintero, Angulo y Guerrero, (2011), identificaron cómo la generación de viajes puede estimar el uso del suelo que será implementado en un lugar determinado, es decir, prevé impactos que el uso del suelo tendrá sobre espacios aledaños de su implantación mucho antes de que este los produzca. El trabajo tuvo como fin determinar datos de generación de viajes relativos a cuatro

conjuntos residenciales ubicados en la Avenida Alberto Carnevali del municipio Libertador en Mérida, Venezuela, donde se emplearon conteos manuales (Quintero et al., 2011). En la investigación se obtuvieron correlaciones entre el número de viajes y el área de cada apartamento, número de apartamentos por conjunto residencial, cantidad de apartamentos por torre, cupo de torres por conjunto y suma de estacionamientos por conjunto residencial. Teniendo como guía el formato del Instituto de Ingenieros de Transporte (ITE), el cual muestra para cada variable independiente, la tasa promedio de viajes, el rango de datos, la desviación estándar, el coeficiente de correlación, la ecuación de regresión y el grafico que relaciona la variable independiente con el número de viajes por unidad de tiempo (Quintero et al., 2011). Con los resultados obtenidos en esta investigación se puede estimar el número de viajes para desarrollos con características similares a los estudiados (Quintero et al., 2011).

El estudio desarrollado en Ecuador por Márquez, Díaz y Ortíz (2016), explica como la transferibilidad de modelos tiene alcances importantes, en éste se presenta la posibilidad de utilizar parámetros estimados en otros contextos para evaluar modelos en áreas con pocos recursos o con muestras pequeñas, esto contribuye en una solución económica para resolver problemas de planificación (Márquez et al., 2016). En este artículo se calibraron modelos de regresión y tasas de viajes a partir de variables como la tasa de motorización, el estrato socio-económico y el tamaño del hogar, el modelo de generación de viajes se basó en información obtenida de encuestas domiciliarias realizadas en seis ciudades colombianas que son: Barrancabermeja (2005), Bogotá (2005), Cajicá (2010), Manizales (2000), Pasto (2005) y Tunja (2003), los datos tomados fueron los viajes basados en el hogar, para establecer las zonas de producción y atracción, con el fin de obtener el número total de viajes (Márquez et al., 2016).

Luego de procesar la información se construyeron modelos de generación de viajes, utilizando el análisis por categorías y regresión lineal, se trató de explicar éstos en función de las variables independientes (estrato socio-económico, tamaño del hogar y tasa de motorización) y se verificó que los signos de los parámetros estimados fuesen razonables (Márquez et al., 2016). Posterior al análisis se encontró que hay cierta homogeneidad en el tamaño de los hogares, lo cual es apropiado en términos de la construcción de modelos de generación de viajes, puesto que cada familia fue tomada como un vector (Márquez et al., 2016).

2.6. Modelos de generación de viajes

2.6.1. Modelo clásico de transporte

El resultado de la práctica y la experimentación en la década de los sesenta (1960), dejó como resultado la definición de una estructura general de modelización denominada “modelo clásico de transporte”, (Manheim, 1979). Dicha estructura ha permanecido relativamente intacta a pesar de las considerables mejoras dadas en las técnicas de modelación durante los últimos años (Ortuzar & Willumsen, 2008).

El desarrollo de este modelo da inicio considerando una zonificación luego un sistema de redes en el que se recolecta y se codifican los datos de planificación, finalmente da lugar a una calibración y validación de dicho modelo (Ortuzar & Willumsen, 2008).

Entre los datos requeridos para la generación del modelo se necesita información sobre la población de la zona de estudio referente a niveles de actividad económica (Ortuzar & Willumsen, 2008) como:

- Empleo de los habitantes de la zona.
- Espacio dedicado a la actividad comercial.

- Instalaciones recreativas.
- Instalaciones educativas.

Los datos referidos a niveles de actividad económica se conocen en la generación de este modelo como las variables independientes en función de la demanda, que ayudan a estimar modelos que reproducen el número de viajes generados y atraídos (denominados variables dependientes) por cada zona de estudio (Ortuzar & Willumsen, 2008). El modelo clásico se constituye de cuatro etapas o sub modelos que son:

- Generación.
- Distribución.
- Partición modal
- Asignación.

2.6.1.1. Modelo de generación de viajes.

Se define como el número total de viajes, sean HB o NHB, generados por los hogares de cierta zona. Éste es el valor que proporcionan la mayor parte de los modelos, y por ende resta el problema de asignar los viajes NHB a otras zonas como producciones de viaje (Ortuzar & Willumsen, 2008).

Los modelos de generación se desarrollan por separado, los viajes por motivo o propósito. El en caso de viajes generados en el hogar (HB) se utilizan cinco categorías (Ortuzar & Willumsen, 2008), que son:

- Viajes al trabajo, denominado viaje obligado.
- Viajes de estudio, denominado viaje obligado.
- Viajes de compras, denominado viaje discrecional u opcional.
- Viajes sociales y recreacionales, denominado viaje discrecional u opcional.
- Viajes por otros motivos, denominado viaje discrecional u opcional.

Los viajes NHB generalmente no se subdividen en categorías, puesto que, solo representa del 15 al 20% del total de los viajes (Ortuzar & Willumsen, 2008). Los desplazamientos usualmente son efectuados en diferentes periodos a lo largo del día, en hora pico o fuera de la hora pico (hora valle), ya que la producción de viajes con diferentes motivos varía en gran magnitud con respecto a la hora del día en el que se presentan (Ortuzar & Willumsen, 2008). En esta investigación se tendrán en cuenta:

2.6.1.2. Métodos para el modelo de generación de viajes

Para desarrollar el modelo de generación de viajes se presentan los siguientes métodos:

2.6.1.2.1. Método del factor de crecimiento

Este es un método fácil de aplicar, pero poco preciso se utiliza en la actualización y proyección de viajes (Girardotti, 2001). Se ve representada en la ecuación (1):

$$Ti = Fi * ti \quad (1)$$

Donde:

Ti = Viajes futuros a la zona i.

ti = Viajes actuales a la zona i.

Fi = Factor de crecimiento.

La ecuación (2) calcula el factor de crecimiento que depende de la población, ingreso promedio familiar, el tipo de vehículo por hogar, al año base y al año futuro (Girardotti, 2001; Lavado, 2008).

$$F_I = \frac{P_i^n * I_i^n * M_i^n}{P_i^0 * I_i^0 * M_i^0} \quad (2)$$

Donde:

P_i: La población.

I_i: Ingreso promedio familiar.

M_i: Motorización (auto/hogar) de la zona *i*.

Los superíndices *0* y *n* se refieren al año base y al año futuro respectivamente.

2.6.1.2.2. Modelo de regresión lineal

Para desarrollar este tema se debe tener en cuenta tipos de regresión lineal.

Si las dos variables X e Y se relacionan según un modelo de línea recta, hablaremos de Regresión Lineal Simple (Galton, 2006). Cuando las variables X e Y se relacionan según una línea curva, hablaremos de Regresión no lineal o curvilínea. Aquí podemos distinguir entre Regresión parabólica, Exponencial, Potencial, etc. (Galton, 2006). Y al tener más de una variable independiente X, y una sola variable dependiente Y, hablaremos de Regresión múltiple (Galton, 2006).

2.6.1.2.3. Modelos predictivos o de regresión

La representación de la relación entre dos o más variables a través de un modelo formal supone contar con una expresión lógico-matemático que la resume y permite realizar estimaciones de los valores que tomaran las variables (la que se asume como respuesta o Y), a partir de la variable explicativa, variable independiente o X (Molina & Rodrigo, 2013).

En la literatura estadística se han planteado diferentes tipos de modelos predictivos que han dado respuesta a las características (escala de medida, distribución, otras) de las variables que

pueden aparecer implicadas en un determinado modelo. El más conocido es el modelo de regresión lineal (variable de respuesta cuantitativa), si bien, otras opciones a tener en cuenta son el modelo de regresión logística (variable de respuesta categórica) o el modelo de Poisson (variable de respuesta cuantitativa con distribución muy asimétrica), entre otros (Molina & Rodrigo, 2013).

El modelo de regresión lineal es el más utilizado en el momento de predecir los valores de una variable cuantitativa a partir de los valores de otra variable explicativa que también es cuantitativa (modelo de regresión lineal simple). Una generalización de este modelo, el de regresión lineal múltiple, permite considerar más de una variable explicativa cuantitativa (Molina & Rodrigo, 2013).

2.6.1.2.4. Modelo de regresión lineal simple

En el caso de que la función que relaciona las dos variables X e Y sea la más simple posible, es decir, una línea recta. Por ello pasaremos a interpretar los coeficientes que determinan una línea recta como se presenta en la ecuación (3) (Galton, 2006).

$$Y = A + BX \quad (3)$$

Donde:

A: Es la ordenada en el origen, es decir, es la altura a la que la recta corta al eje Y . También denominado término independiente.

B: También denominada pendiente es la inclinación de la recta, es decir, es el incremento que se produce en la variable Y cuando la variable X aumenta.

2.6.1.2.5. Método de regresión lineal múltiple

Procedimiento estadístico que se establece con una relación lineal entre una variable dependiente y varias variables independientes o explicativas (Girardotti, 2001), éste método se refleja en la ecuación (4):

$$T = K + b1 * X1 + b2 * X2 ... bn * Xn \quad (4)$$

Donde:

T: Variable dependiente.

X1 ... Xn: Variables independientes.

b1 ... bn: Coeficientes de regresión.

K: Término independiente o intersección con el eje de la variable dependiente.

Los coeficientes de regresión se determinan mediante un software estadístico.

2.6.1.2.6. Método de clasificación Cruzada o análisis de categorías.

Determina la producción de viajes creando una matriz de n dimensiones que contienen los valores de las variables dependientes, los valores de éstas son los promedios calculados a partir de los datos que aportan los usuarios en encuestas domiciliarias (Lavado, 2008).

Dichas variables se eligen de tal forma que minimizan las desviaciones estándar de las tasas calculadas.

Unas de las variables independientes más usadas son:

- Tamaño del hogar.
- Ingreso familiar.
- Grado de accesibilidad.
- Nivel socio-económico.
- Motorización (moto o carro/hogar).

Luego de tener esta información se procede a organizarla en matrices, estas se pueden ordenar por estrato socio-económico y tamaño familiar, también se puede tener en cuenta el propósito de viaje (Lavado, 2008).

2.6.1.3. Modelo de distribución de viajes

La distribución de viajes permite identificar la dirección que toma un viaje al partir de su origen (Velasco, 2017). Para analizar la distribución de viajes se requiere conocer la capacidad de los medios de transporte que utilizan las personas para desplazarse. Se acostumbra a representar el patrón de viajes de un área de estudio mediante una matriz de viajes (Vozzi et al., 2011).

2.6.1.4. Métodos para la distribución de viajes

El modelo de distribución de viajes se tienen los siguientes métodos:

2.6.1.4.1. Modelo gravitatorio

Este modelo se utiliza para modelar la distribución de viajes y supone que el número de recorridos entre una zona i y un destino j es equitativo al número de viajes generados en la zona i , al número de viajes atraídos por la zona j y a una función de impedancia o de costos relativa a las zonas (González & Ordosgoitia, 2012). Dicha función de costo está relacionada con variables como:

- ✓ El tiempo de viaje.
- ✓ La distancia de viaje.
- ✓ El costo de viaje.

El modelo gravitatorio está representado mediante la ecuación (5):

$$V_{ij} = K * P_i * A_j * f(c_{ij}) = \frac{P_i * A_j * f(c_{ij})}{\sum A_j * f(c_{ij})} \quad (5)$$

Donde:

V_{ij} : Viajes entre un origen i y un destino j .

P_i : Total de viajes producidos en el origen i .

A_j : Total de viajes atraídos en el destino j .

$f(c_{ij})$: Factor de fricción del viaje entre i y j (es la resistencia a desplazarse cuando aumenta la impedancia entre dichas zonas), Las funciones de impedancia pueden ser de tipo: exponencial negativa, potencial inverso, gamma o funciones discretas.

K : Constante de proporcionalidad.

2.6.1.4.2. Método del factor de crecimiento

Este es un método fácil de aplicar, pero poco preciso se utiliza en la actualización y proyección de viajes (Girardotti, 2001). Se ve representada en la ecuación (1):

2.6.1.4.3. Factor uniforme

Consiste en aplicar un factor de crecimiento único para todos los movimientos entre las zonas del área y equivale a la multiplicación de la matriz base por un escalar. La hipótesis básica en que se basa este modelo es que todas las zonas crecerán uniformemente, lo mismo que los viajes intercambiados (Girardotti, 2001).

Las ecuaciones que representan este modelo son la (6) y (7):

$$T_{ij} = t_{ij} * F \quad (6)$$

$$F = \frac{T}{t} \quad (7)$$

Donde:

T_{ij} : Cantidad de viajes futuros ente las zonas i y j.

t_{ij} : Cantidad existente de viajes entre las zonas i y j (elementos de la matriz base).

F : Factor de crecimiento (Tiene la misma fórmula y parámetros de la ecuación (2)).

T : Número total de viajes futuros en el área de estudio.

t : Número total de viajes actuales en el área de estudio.

Este constituye el método más simple de distribución de viaje futuros, y a la vez el menos preciso. La principal crítica que se le efectúa a este método es que todas las zonas del área evolucionan de la misma manera, lo que en la realidad no sucede. Se aplica para actualizar matrices de origen y destino anteriores y para realizar proyecciones cuando no existe tiempo ni recursos para la aplicación de métodos más detallados (Girardotti, 2001).

2.6.1.4.4. Método del Factor promedio

Este método constituye un avance con respecto al anterior (método del factor uniforme), ya que considera factores de crecimiento por zona, la ecuación (8), es su expresión matemática.

$$T_{ij} = t_{ij} * \frac{F_i + F_j}{2} \quad (8)$$

$$F_i = \frac{T_{i(G)}}{t_{i(G)}} \quad (9)$$

$$F_j = \frac{T_{j(G)}}{t_{j(G)}} \quad (10)$$

Donde:

T_{ij} : Cantidad de viajes futuros ente las zonas i y j.

t_{ij} : Cantidad existente de viajes entre las zonas i y j (elementos de la matriz base).

$T_{i(G)}, T_{j(G)}$: Flujos futuros totales generados por las zonas i y j.

$t_{i(G)}, t_{j(G)}$: Flujos actuales totales generados por las zonas i y j.

2.6.1.5. Modelo de partición modal

Esta etapa se usa para analizar y estimar la elección de los individuos al escoger los modos de transporte que son utilizados para cada tipo de viaje en particular, transporte público o privado (Barreno, Cabrera, & Millones, 2008). La representación de la elección del modos de transporte es uno de los modelos más importantes en la planificación, de hecho los vehículos públicos regularmente utilizan el espacio vial de manera más eficiente que los de uso privado (Ortuzar & Willumsen, 2008).

La partición modal puede clasificarse en tres grupos (Ortuzar & Willumsen, 2008):

- Características de las personas individuales que realizan el viaje. Entre estas están:
 - ✓ Posesión de auto.
 - ✓ Permiso de conducir.
 - ✓ Estructura del hogar (pareja joven o ancianos, soltero, pareja de niños, etc.).
 - ✓ Ingreso.
 - ✓ Densidad residencial.
 - ✓ Decisiones tomadas anteriormente (utilizar auto para ir al trabajo o a dejar a los niños a la escuela, etc.).
- Características del viaje: La elección del modo está frecuentemente influenciada por (Ortuzar & Willumsen, 2008):
 - ✓ Propósito del viaje (es más eficiente usar transporte público para ir al trabajo o a las compras).
 - ✓ Hora del día en el que se desarrolla el viaje.
- Características del sistema de transporte. Que se divide en dos categorías.
 - ✓ Factores cuantitativos como:

- Tiempo relativo del viaje.
- Los costos del viaje.
- ✓ Factores cualitativos como:
 - Comodidad o conveniencia.
 - Confiabilidad y regularidad.
 - Protección y seguridad.

Los modelos de partición modal pueden ser agregados, si están basados en información de la zona, o desagregados si están basados en datos familiares o individuales (Ortuzar & Willumsen, 2008).

2.6.1.6. Métodos para la estimación en el modelo de partición modal

El proceso de modelación de la demanda de viajes, en su etapa de distribución está condicionado por las demás etapas que la conforman, ya que se puede plantear como un proceso iterativo simultáneo que se da debido a que el costo generalizado para viajar entre zonas, está dado por la utilidad de viajar en cierto modo de transporte y depende además de la asignación del tráfico existente y de la red vial (tiempos y distancias), pero al tener en cuenta estas variables la distribución se puede modificar y por lo tanto las demás etapas también; Repitiéndose el ciclo con base en los resultados encontrados en el reparto modal y la asignación del tráfico, devolviéndose a la distribución y repitiendo el proceso hasta encontrar el equilibrio en los viajes entre zonas (González, 2008).

Para desarrollar la modelación de la distribución zonal de viajes en una ciudad sin más información que la que se tiene para el año base en la encuesta origen destino, se deben realizar los siguientes pasos teniendo previamente la información de la encuesta ya depurada, expandida y organizada (González, 2008).

- Clasificación de la información.
- Calibrar el modelo.
- Evaluar el modelo.

2.6.1.7. Modelo de asignación

Este método define los caminos o rutas utilizadas por las personas para posteriormente “cargar” los flujos origen-destino sobre la red de transporte. En este sentido, un recorrido o camino es la secuencia que los usuarios emplean para llegar del origen al destino en la red (Ortuzar & Willumsen, 2008).

Esta etapa aporta elementos para identificar la oferta en el proceso de planeación del transporte, en este caso las rutas por las que se desplazan los usuarios y las características tanto de la red como de la calle (Barreno et al., 2008).

Durante la aplicación del clásico proceso de asignación de tráfico se utilizan una serie de reglas y principios para cargar una determinada matriz de viajes a la red y obtener así una serie de flujos; tal proceso tiene diferentes objetivos que es importante tener en cuenta en detalle, aunque no todos reciben la misma atención en todas las situaciones y no todos pueden ser logrados con un mismo grado de exactitud (Ortúzar, 1994). Los principales objetivos son:

- Primarios:
 - ✓ Obtener buenos resultados agregados de red (flujos totales sobre autopistas, beneficios totales por servicios de autobús).
 - ✓ Estimar costes (tiempos) de viaje entre zonas para un nivel dado de demanda.

- ✓ Conseguir valores razonables de flujos en los arcos e identificar los arcos más congestionados.
- Secundarios:
 - ✓ Estimar los recorridos utilizados entre cada par O/D.
 - ✓ Analizar qué pares O/D utilizan arcos o rutas o recorridos particulares.
 - ✓ Obtener los flujos de vehículos que realizan giros para diseñar futuras intersecciones.

2.6.1.8. Métodos para el modelo de asignación

Para el modelo de asignación, se presentan los siguientes métodos:

2.6.1.9. Métodos estocásticos

Los métodos estocásticos de asignación de tráfico ponen de manifiesto la variabilidad por parte de los usuarios en la percepción de los costes y la medida en que tratan de minimizar a la vez distancia, tiempo de viaje y costes generalizados (Ortúzar, 1994).

De los diversos métodos propuestos sólo dos son relativamente aceptados (Ortúzar, 1994):

2.6.1.9.1. los métodos basados en la simulación

Los cuales utilizan los resultados de una simulación Monte Carlo (colección de técnicas que permiten obtener soluciones de problemas matemáticos o físicos por medio de pruebas aleatorias repetidas. En la práctica, las pruebas aleatorias se sustituyen por resultados de ciertos cálculos realizados con números aleatorios (Editorial Mir, 1976), para representar la diferente percepción de los costos que tienen los usuarios (Ortúzar, 1994).

En particular destaca la técnica desarrollada por Burrell (1968) que ha sido utilizada durante muchos años. Estos métodos se basan en las siguientes hipótesis (Ortúzar, 1994):

- Por cada arco de una red deberían distinguirse los costes objetivos, medidos o estimados por el modelador de aquellos subjetivos o percibidos por cada conductor o usuario.
- Las distribuciones de los costos percibidos por los usuarios son independientes.
- Los usuarios eligen el recorrido que minimiza sus costos.
- Los costes de arco percibidos no son independientes porque en realidad los conductores tienen preferencias.
- No se tiene en cuenta de modo explícito el efecto de la congestión.

2.6.1.9.2. Métodos estocásticos proporcionales

Los cuales asignan flujos a las diferentes rutas alternativas del recorrido de proporciones calculadas, utilizando expresiones tipo logit, de las cuales se da una breve explicación a continuación:

El modelo logit se inscribe dentro de llamadas regresiones sobre "dummy" variables. Una variable "dummy" es una cambiante numérica usada en el análisis de regresión lineal para representar los subgrupos de la muestra en un estudio. En el diseño de la investigación, una variable de este tipo se utiliza a menudo para distinguir a diversos grupos del modelo. En el caso más simple, con valores 0 y 1 (Gonzales, 2002).

Las variables "dummy" son útiles porque permiten utilizar una sola ecuación de la regresión para representar a grupos múltiples (Gonzales, 2002).

El modelo logit, se define a partir de las funciones (11) y (12):

$$P\left(\frac{Y = 1}{X_i}\right) = \frac{1}{1 + e^{-Z_i}} \quad (11)$$

$$Z_i = \beta_0 + \beta_1 * X_i + m \quad (12)$$

Donde:

$Y_i = 1$: Bueno.

$Y_i = 0$: Malo.

X_i : Ingreso de cliente.

$P\left(\frac{Y_i=1}{X_i}\right)$: Probabilidad de ser bueno, explicado por la variable X_i .

Z_i : Exponente del exponencial que es una regresión lineal.

β_0 : Intersecto de la curva (Parámetro a estimar).

β_1 : Pendiente de la curva (Parámetro a estimar).

m : Error.

$i = 1, 2, 3 \dots n$: Índice de diferenciación de variables.

A partir de esto, los métodos se basan en el algoritmo de carga de la red, para distribuir los viajes que llegan a un nodo, entre todos los posibles nodos de salida (Ortúzar, 1994).

2.6.2. Modelos agregados o de uso del suelo

Estos viajes se basan en la relación de los viajes generados por cada zona y la actividad económica que se desarrolla en ella, afectado por características de población. Convierte los datos de entrada mediante desarrollo de tasas promedio de producción o atracción de viajes relacionados con la intensidad de las actividades económicas futuras, transformándolo en volumen de viajes, haciendo necesaria la calibración del modelo basado en la condición actual y conocida.

Para considerar el modelo agregado el ITE presenta tres metodologías para la determinación de generación de viajes que son (Castillo, 2013):

- **Grafica de datos:**

Presenta la información con mayor facilidad expresando los viajes totales generados y su correlación con las variables independientes seleccionadas, permite una interpolación fácil de los datos de entrada.

- **Media ponderada de la tasa de generación de viajes:**

Permite estimar el número de viajes multiplicando el número de la variable independiente por un número de términos de viajes ponderado asociado al desarrollo propuesto, asume una relación lineal a través del origen con la misma pendiente de la tasa de generación.

- **Ecuación de regresión:**

Permite una revisión directa de los términos de viaje con respecto a la variable independiente del desarrollo propuesto, eliminando la discrepancia de la interpolación y a diferencia de la media ponderada, el comportamiento de la curva no pasa necesariamente por el origen.

2.6.3. Modelos desagregados o de características de personas

Éste modelo permite calcular las probabilidades de elección individual (Ortuzar & Willumsen, 2008), tiene como base el hogar con sus características cuantitativas y cualitativas generando un número de viajes que son sensibles a la variación de las características de las personas y no a las de la zona de estudio (Castillo, 2013).

Según (ITE) los modelos desagregados ofrecen una serie de ventajas sobre los modelos agregados que son (Arguenta, 2010):

- Menor cantidad de datos requeridos para su calibración.
- Presenta mayor posibilidad para formular modelos no lineales.
- Son más explícitos en el mecanismo que genera los viajes (poder explicativo).
- Presentan mayor facilidad para actualizarlos.

Sin embargo, también son evidentes algunas deficiencias (Arguenta, 2010):

- Dependen más de datos que únicamente son asequibles por encuesta directa.
- Pueden representar una contradicción en relación con el supuesto de que, dentro de la zona, el uso del suelo es homogéneo.

Además, el pronóstico de sus variables puede resultar más complicado que en el caso de variables agregadas. También en la práctica de éste modelo se requiere personal muy calificado en las disciplinas de estadística y econometría (Arguenta, 2010).

2.7. Variables que explican la generación de viajes

Algunas de las variables más usadas en la generación de viajes son:

- **Uso del suelo:** Este puede ser determinado con facilidad y precisión. Dentro de esta variable se distinguen tres atributos que interfieren en la generación de viajes, atributos que son tipo, intensidad y ubicación (Girardotti, 2001; Lavado, 2008)
 - ✓ Tipo: suelen ser residencial, comercial, industrial, educacional, y de esparcimiento (Lavado, 2008).

Generalmente las zonas que son principalmente residenciales serán mayores las producciones que las atracciones, mientras que las zonas comerciales, industriales o educacionales serán en su mayoría atracciones que producciones (Girardotti, 2001).

- ✓ Intensidad: esta se expresa la actividad que caracteriza a la zona determinada, pueden referirse al número total de viviendas en la zona o la cantidad de empleos por unidad de superficie (Girardotti, 2001).
- ✓ Ubicación: es referida a la ubicación espacial de usos del suelo y a las actividades dentro del área de estudio. Las modalidades de viaje de habitantes de un barrio de alta densidad pero rodeado de zonas de baja densidad y alejado de la zona central de una población son diferentes a las que tendría ese mismo barrio si estuviese próximo al centro del área de estudio (Lavado, 2008).
- **Características socio-económicas:** Para Girardotti, (2001), lo que influye en la generación de viajes es:
 - ✓ Tamaño del hogar: dicha característica tiene una influencia positiva, porque el número de viajes aumenta si el tamaño del hogar también lo hace (Lavado, 2008)
 - ✓ Posesión de automóvil: esta es una característica que va de la mano con el tamaño del hogar y el ingreso familiar, ya que si el hogar tiene un grado de motorización alta, generará una cantidad elevada de viajes (Lavado, 2008).
 - ✓ Tipo de vivienda: qué tipo de viviendas generan mayor cantidad de viajes, las viviendas unifamiliares en terrenos únicos, las viviendas unifamiliares en terrenos compartidos o las viviendas en edificios y conjuntos residenciales (Girardotti, 2001)

Capítulo 3. Metodología

Este capítulo presenta la metodología y el orden en que se desarrollaron cada una de sus fases, para que la investigación tenga una adecuada ejecución. Ésta se basa en la información obtenida en manuales, revistas y artículos publicados tanto nacional como internacionalmente, teniendo como referencia en su mayoría al manual de generación de viajes (Trip Generation Manual del ITE). Para desarrollar la investigación se tiene una serie de pasos que se explican a continuación:

3.1 Desarrollo de las fases metodológicas

3.1.1 Revisión de literatura

Es la primera labor que se debe llevar a cabo en una investigación, dado que brinda los conocimientos en el estado del arte y el punto de vista de otros autores que también se interesaron en desarrollar tasa de generación de viajes ya sea de origen nacional o extranjera.

En Colombia se encuentra información relacionada con la generación de viajes en la Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia, en la Universidad de los Andes, la Universidad Nacional de Colombia y la Universidad Distrital Francisco José de Caldas. Estas publican artículos que ayudan a comprender el fenómeno de generación de viajes en nuestro país.

También se tomará como guía principal el manual de generación de viajes de la ITE, que presenta criterios y recomendaciones para el uso de tasas de generación de viajes. Se tuvieron en cuenta estudios desarrollados en países latinoamericanos como Venezuela, México, Brasil, Argentina, Chile y Perú.

3.1.2 Toma de datos

La recolección de datos no es independiente de la elección del modelo, ya que este define la cantidad de muestras necesarias para desarrollarlo (Ortuzar & Willumsen, 2008). Para la toma de datos se debe tener en cuenta una serie de recomendaciones que se conocen durante la revisión de

literatura que son (González & Ordosgoitia, 2012; González, 2017; Ortuzar & Willumsen, 2008; Quintero et al., 2011; Quintero, Palmar, Andueza, Casanova, & Díaz, 2008):

3.1.2.1 Para escoger la zona de estudio

- Cada conjunto residencial debe tener como mínimo el 85% de ocupación
- Debe tener como mínimo 2 años de funcionamiento.
- No debe haber obras de construcción cerca a la toma de datos o si las hay deben ser mínimas.
- Los conjuntos deben contar con un nivel socio-económico similar.

3.1.2.2 Para la recolección de los datos

- Los conjuntos residenciales deben tener una entrada controlada de vehículos (se requiere para facilitar la recolección de los datos).
- Como mínimo deber tomarse 24 horas de información durante tres días laborales (es recomendable de martes a jueves).
- Los conteos de volumen de tráfico deben tomarse en fracciones de 15 minutos.
- Deben ser exclusivamente de uso residencial.

3.1.3 Trabajo de campo

El manual de generación de viajes (2010), recomienda estudiar al menos cinco sitios, para establecer las tasas de generación locales, analizar mínimo tres sitios para validar tasas de generación de viajes, investigar más de dos sitios para combinar datos de generación locales con los datos de generación del manual y estudiar por lo menos uno para presentar datos al ITE (Quintero et al., 2011).

Teniendo en cuenta los aspectos anteriores para toma de datos, en esta investigación se toma la zona ubicada en el oriente de la ciudad conocida como Pomona y dentro de esta zona se escogieron 5 conjuntos residenciales:

- Urbanización Pomona.
- Campo Real.
- Portal del Cerro.
- Altos de Tulcán.
- Portal de Pomona.

En la Ilustración 1 se muestra un croquis de la ciudad de Popayán tomada de google Earth, donde se puede apreciar el crecimiento al que se ha visto sometido tanto en el Norte, como en el Sur-oriente y Sur-occidente del centro histórico.

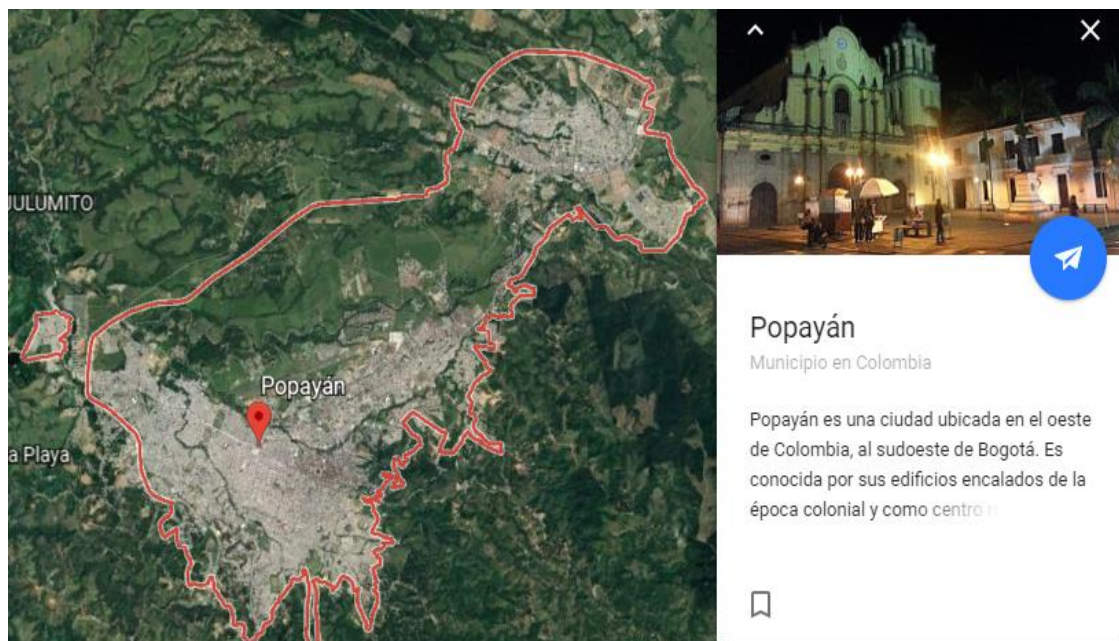


Ilustración 1. Croquis de Popayán.

Fuente: Google Earth.

En la Ilustración 2 se presenta la ubicación del sector conocido como Pomona, en el oriente de la ciudad.

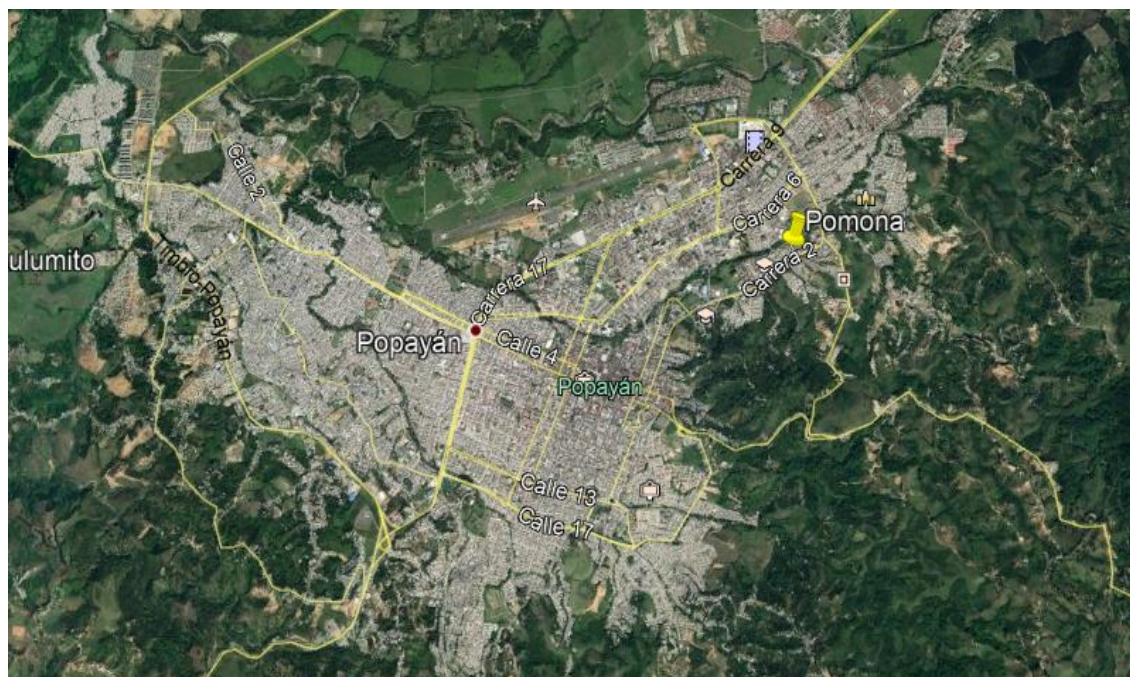


Ilustración 2. Ubicación Pomona.

Fuente: Google Earth.

Luego, en la Ilustración 3 aparece la ubicación de los cinco conjuntos residenciales cerrados que se estudiaron, presentes de forma adyacente a la Carretera 2 (segunda), que conlleva de la facultad de Ingeniería Civil de la Universidad del Cauca, hasta la secretaría de tránsito y transporte de Popayán.

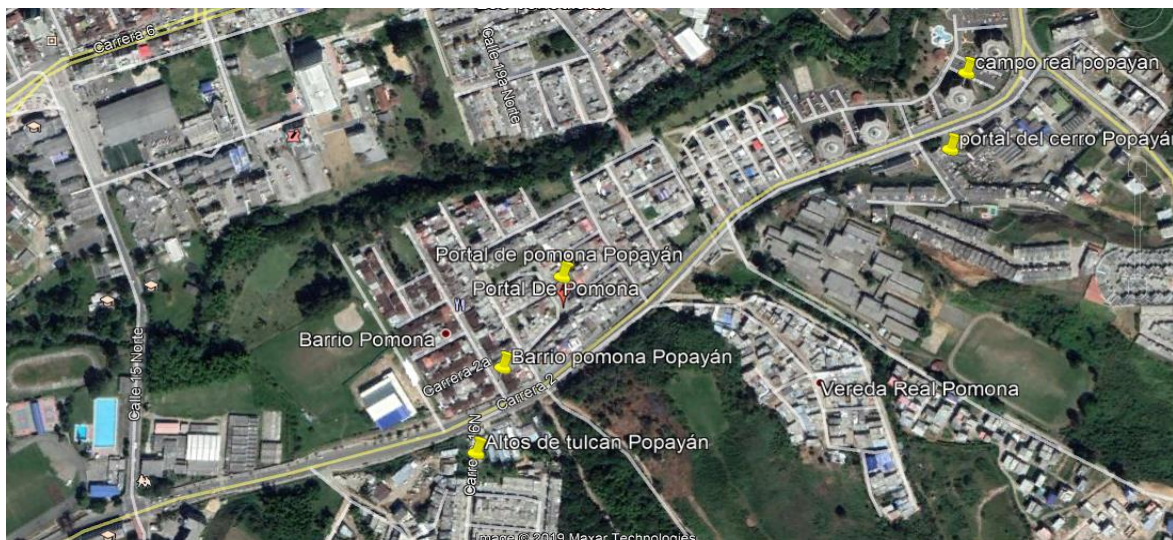


Ilustración 3. Ubicación de los Conjuntos Residenciales Estudiados.

Fuente: Google Earth.

Se toma la decisión de hacer muestreos en estos conjuntos residenciales, ya que cumplen con los requisitos para ser una zona óptima de toma de datos, su estrato socioeconómico es similar: Urbanización Pomona 3, Campo Real 4, Portal del Cerro 4, Altos de Tulcán 4, Portal de Pomona 4, son de uso exclusivamente habitacional, están habitados en más de un 85% de su capacidad, tienen una entrada y salida controlada, tienen un tiempo mayor a 2 años de funcionamiento y no hay construcciones masivas cerca de estos.

Para el trabajo de campo se realizaron conteos manuales en las entradas de cada conjunto, esto para tener más en detalle de la distribución direccional y la clasificación de los vehículos. La toma de datos como se recomienda en el manual de generación de viajes, se realizó en días laborales (martes, miércoles, jueves), sin tener en cuenta días feriados ni festivos, se recolectó la información en las horas pico de la vía aledaña a los conjuntos residenciales y se hizo en intervalos de 15 minutos (Galarraga & Bordese, 2017). En las horas pico de la mañana de 6:00 a.m. a 9:00 a.m., las horas pico del medio día 11:00 a.m. a 2:00 p.m., y las horas pico en la noche 5:00 p.m. a 8:00 p.m., ya

que, en un trabajo de campo piloto se encontró que esas son las horas en las que se presenta mayor tráfico vehicular y de peatones en la zona que estudiada.

3.1.4 Análisis de información recolectada

La información recolectada fue procesada en Excel. En este se desarrollaron los análisis de datos, las gráficas, ecuaciones de regresión o línea de tendencia que más se ajuste a la información obtenida, se definirá la media ponderada, la desviación estándar, tasa promedio, rango de tasas y la mejor variable independiente obtenida.

Capítulo 4. Toma y análisis de datos

Para la investigación se analizaron cinco (5) conjuntos residenciales cerrados de la ciudad de Popayán ubicados en el sector de Pomona con los que se obtuvieron siete (7) variables, las cuales se presentan y explican a continuación:

- **Área bruta del lote:** Esta variable incluye área sobre la que están construidas las casas, zonas verdes, vías de accesos y traslado interno y zonas compartidas.
- **Área bruta construida:** Esta variable no incluye las zonas verdes y otras zonas que no tengan construcciones.
- **Área neta construida:** Se toma como el área únicamente de las casas.
- **Área de cada casa y/o apartamento:** Es el área promedio de una casa y/o apartamento.
- **Número de casas y/o apartamentos por conjunto residencial:** Cantidad total de casa y/o apartamentos de cada conjunto estudiado.
- **Número de estacionamientos del conjunto:** Incluye los estacionamientos de los habitantes del conjunto y los que se ofrecen a los visitantes.
- **Densidad:** Cantidad de casas y/o apartamentos que pueden construirse en una hectárea del lote.

En la Tabla 2, se presentan las variables independientes del conjunto campo real, en la Tabla 3 se pueden observar las variables para el conjunto altos de Tulcán, en la Tabla 4 las variables del Urbanización Pomona y en la Tabla 5 y Tabla 6, se encuentran las variables para Portal de Cerro y Portal de Pomona, respectivamente.

Campo Real

CARATERÍSTICA	CANTIDAD	UNIDADES
Área total del lote	32521	m ²
Área bruta construida	20390	m ²
Área neta construida	19600	m ²
Área de cada apartamento promedio	70	m ²
Número de apartamentos del conjunto	280	Und
Número de estacionamientos	305	Und
Densidad	86.10	Casa/Ha

Tabla 2. Variables Independientes Campo Real

Fuente. Elaboración Propia

Altos de Tulcán

CARATERÍSTICA	CANTIDAD	UNIDADES
Área total del lote	21925	m ²
Área bruta construida	17961	m ²
Área neta construida	17116	m ²
Área de cada apartamento promedio	126	m ²
Número de apartamentos del conjunto	140	Und
Número de estacionamientos	160	Und
Densidad	63.85	Casa/Ha

Tabla 3. Variables Independientes Altos de Tulcán

Fuente. Elaboración Propia

Urbanización Pomona

CARATERÍSTICA	CANTIDAD	UNIDADES
Área total del lote	19673	m ²
Área bruta construida	16949	m ²
Área neta construida	15600	m ²
Área de cada apartamento promedio	150	m ²
Número de apartamentos del conjunto	104	Und
Número de estacionamientos	119	Und
Densidad	52.86	Casa/Ha

Tabla 4. Variables Independientes Urbanización Pomona

Fuente. Elaboración Propia

Portal del Cerro

CARACTERÍSTICA	CANTIDAD	UNIDADES
Área total del lote	23735	m ²
Área bruta construida	15343	m ²
Área neta construida	11811	m ²
Área de cada apartamento promedio	127	m ²
Número de apartamentos del conjunto	93	Und
Número de estacionamientos	115	Und
Densidad	39.18	Casa/Ha

Tabla 5. Variables Independientes Portal del Cerro
Fuente. Elaboración Propia

Portal de Pomona

CARACTERÍSTICA	CANTIDAD	UNIDADES
Área total del lote	11524	m ²
Área bruta construida	10320	m ²
Área neta construida	6185	m ²
Área de cada apartamento	85	m ²
Número de apartamentos del conjunto	71	Und
Número de estacionamientos	79	Und
Densidad	61.61	Casa/Ha

Tabla 6. Variables Independientes Portal de Pomona
Fuente. Elaboración Propia

Al tener las variables independientes, se procede con la obtención de la variable dependiente (número de viaje), mediante los conteos en las entradas y salidas de los conjuntos residenciales, en días laborales, en las horas establecidas; las cuales se presentan en la Tabla 7.

DÍA DE LA SEMANA	HORARIO DE LA MAÑANA	HORARIO DEL MEDIO DÍA	HORARIO DE LA NOCHE
Martes	6 a.m. – 9 a.m.	11 a.m. - 2 p.m.	5 p.m. - 8 p.m.
Miércoles	6 a.m. – 9 a.m.	11 a.m. - 2 p.m.	5 p.m. - 8 p.m.
Jueves	6 a.m. – 9 a.m.	11 a.m. - 2 p.m.	5 p.m. - 8 p.m.

Tabla 7. Días Laborales y Horas Pico de los Conjuntos
Fuente: Elaboración Propia

Con las variables obtenidas se generan las gráficas (número de viajes Vs variable independiente), de las cuales se tomaron las que tenían coeficiente de determinación (R^2) más cercano a uno (1) y se compararon con las presentadas por el manual de generación del ITE, esto con el fin de comprobar o refutar la hipótesis y cumplir con los objetivos tanto general como con los específicos.

Para estas gráficas, se calculó la tasa promedio, el rango de tasas y la desviación estándar, con el fin de ver la relación entre el número de viajes y la respectiva variable independiente para todos los conjuntos, la relación entre el número de viajes y la variable independiente de cada conjunto y para observar la dispersión de los datos respecto a la media, respectivamente.

La tasa promedio se obtiene con las ecuaciones (13) y (14).

$$\mu = \frac{\sum z}{n} \quad (13)$$

$$z = \frac{p}{q} \quad (14)$$

Donde:

μ : Tasa promedio.

z : Relación entre número de viajes y una variable independiente.

n : Cantidad de desarrollos estudiados.

p : Número de viajes (Carros, motocicletas o personas).

q : Variable independiente.

La desviación estándar se representa con la ecuación (15):

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum(z - \mu)^2}{n}} \quad (15)$$

Los porcentajes de entrada y salida se obtienen mediante promedio ponderado de los porcentajes de entrada y salida de cada conjunto, los cuales se determinan con una regla de tres, ya que tenemos 3 de los 4 valores que se necesitan como se muestra en (16) y su solución en la ecuación (17) :

$$\begin{aligned} \text{Si } (A + B) &\rightarrow 100\% \\ \text{Entonces } A &\rightarrow ? (C\%) \end{aligned} \quad (16)$$

$$C\% = \frac{A}{A + B} * 100 \quad (17)$$

Donde:

A: Cantidad de viajes que entran a los conjuntos.

B: Cantidad de viajes que salen de los conjuntos.

C: Porcentaje de *A* respecto al total de viajes.

El cálculo del promedio ponderado se presenta en la ecuación (18):

$$\text{Promedio ponderado} = \frac{\sum(n_i * C_i)}{\sum n_i} \quad (18)$$

Donde:

n_i : Número de viajes totales de cada conjunto residencial.

C_i : Porcentaje de entrada o salida de cada conjunto, calculado con la ecuación (17).

Para el cálculo del promedio presentado en cada una de las gráficas, se usa el promedio simple, la suma de las áreas (bruta del lote, bruta construida, neta construida, área de cada casa), cantidades

(número de casas, número de estacionamientos), o densidades de cada conjunto, se divide entre número de conjuntos estudiados.

Esta información se resume en la ecuación (19):

$$\mathbf{Promedio Simple} = \frac{\sum Va_i}{N_c} \quad (19)$$

Donde:

Va_i : Variable independiente de cada conjunto residencial analizado.

N_c : Número de conjuntos estudiados.

Otro de los cálculo es el coeficiente de determinación (R^2), el cual se utiliza para determinar la relación que hay entre variables, tiene un rango entre cero y uno (0 – 1), cuanto más cerca de uno se sitúe, mayor será el ajuste del modelo a la variable que se intenta probar, mientras que en caso contrario, si está cercano a cero, el ajuste de la variable al modelo no es fiable; la expresión matemática es la ecuación (20):

$$R^2 = \frac{\sum_{t=1}^T (\widehat{Y}_t - \bar{Y})^2}{\sum_{t=1}^T (Y_t - \bar{Y})^2} \quad (20)$$

Donde:

$(\widehat{Y}_t - \bar{Y})$: Covarianza entre X y Y.

$(Y_t - \bar{Y})$: Desviación de Y respecto a la media.

Luego de las expresiones matemáticas necesarias, se presentan las gráficas con coeficiente de correlación más cercano a uno, a las cuales se les realiza un análisis. En la Tabla 8 y Tabla 9 se muestra una clasificación de los R^2 , según Rojo, (2007) y Laguna, (2012), respectivamente.

< 0.3	0.3 - 0.4	0.4 - 0.5	0.5 - 0.85	> 0.85
Muy malo	Malo	Regular	Bueno	Muy bueno

Tabla 8. Clasificación para R^2
Fuente: Regresión Lineal (Rojo, 2007)

< 0.3	0.3 - 0.7	> 0.7
Baja	Moderada	Alta

Tabla 9. Clasificación para R²
Fuente: Regresión Lineal (Laguna, 2012)

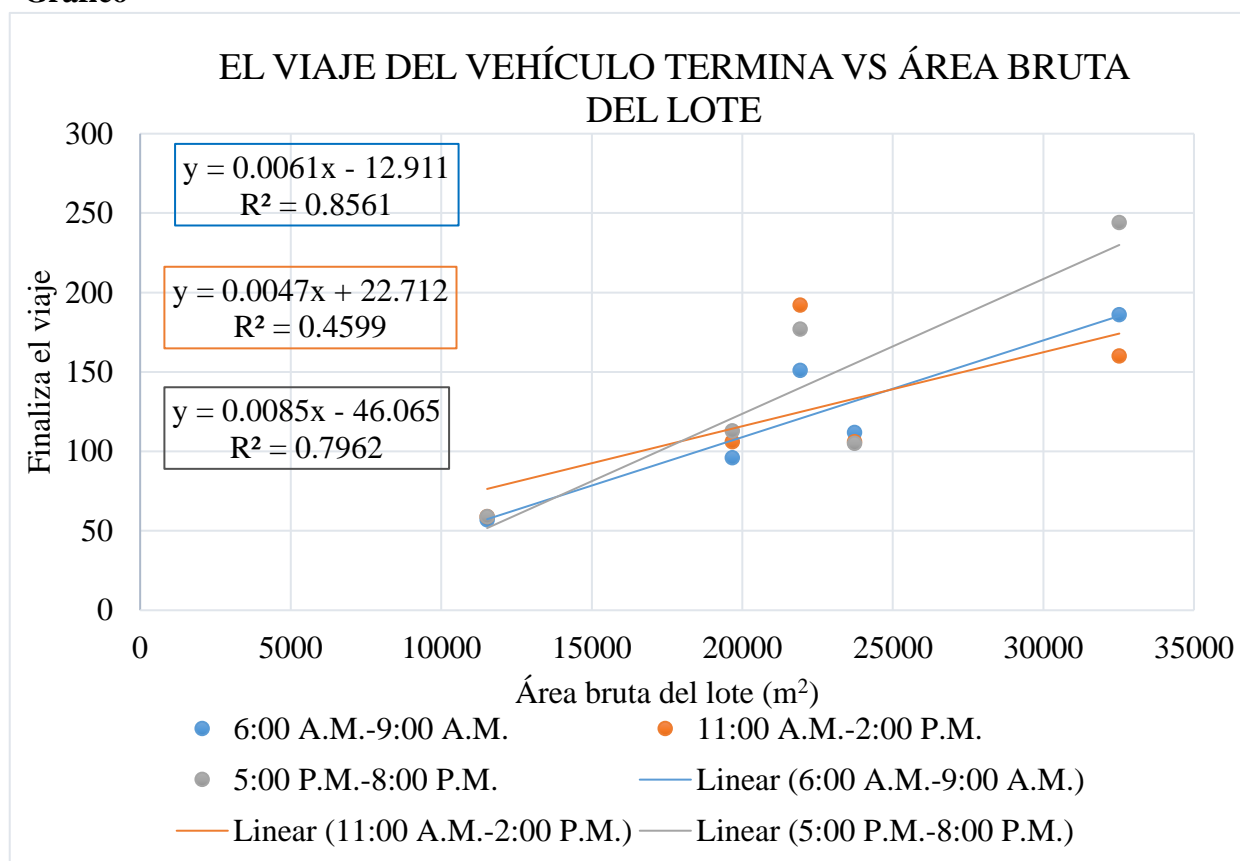
4.1 Gráficas para estimación de viajes en automóvil

Número de viajes Vs área bruta del lote

USO DEL SUELO RESIDENCIAL

Conjuntos residenciales cerrados	En mes de octubre
El viaje promedio del vehículo termina Vs	Área bruta del lote
En un:	Día entre semana
Hora pico:	Del generador
Una hora entre:	(6-9) a.m. (11-2) m (5-8) p.m.
Número de estudios:	5
Promedio de áreas	21876 m²

Gráfico



Sitio de estudio:

Sector Pomona, Popayán

Rango de tasas

6:00 a.m.- 9:00 a.m. 11:00 a.m. - 2:00 p.m. 5:00 p.m.-8:00 p.m.

Tasa promedio

0.0047 - 0.0069

0.0045 - 0.0088

0.0044 - 0.0081

0.0054

0.0057

0.0062

Desviación estándar	4.06	4.16	4.45
Distribución direccional	32% entra-68% sale	55% entra-45% sale	60% entra-40% sale

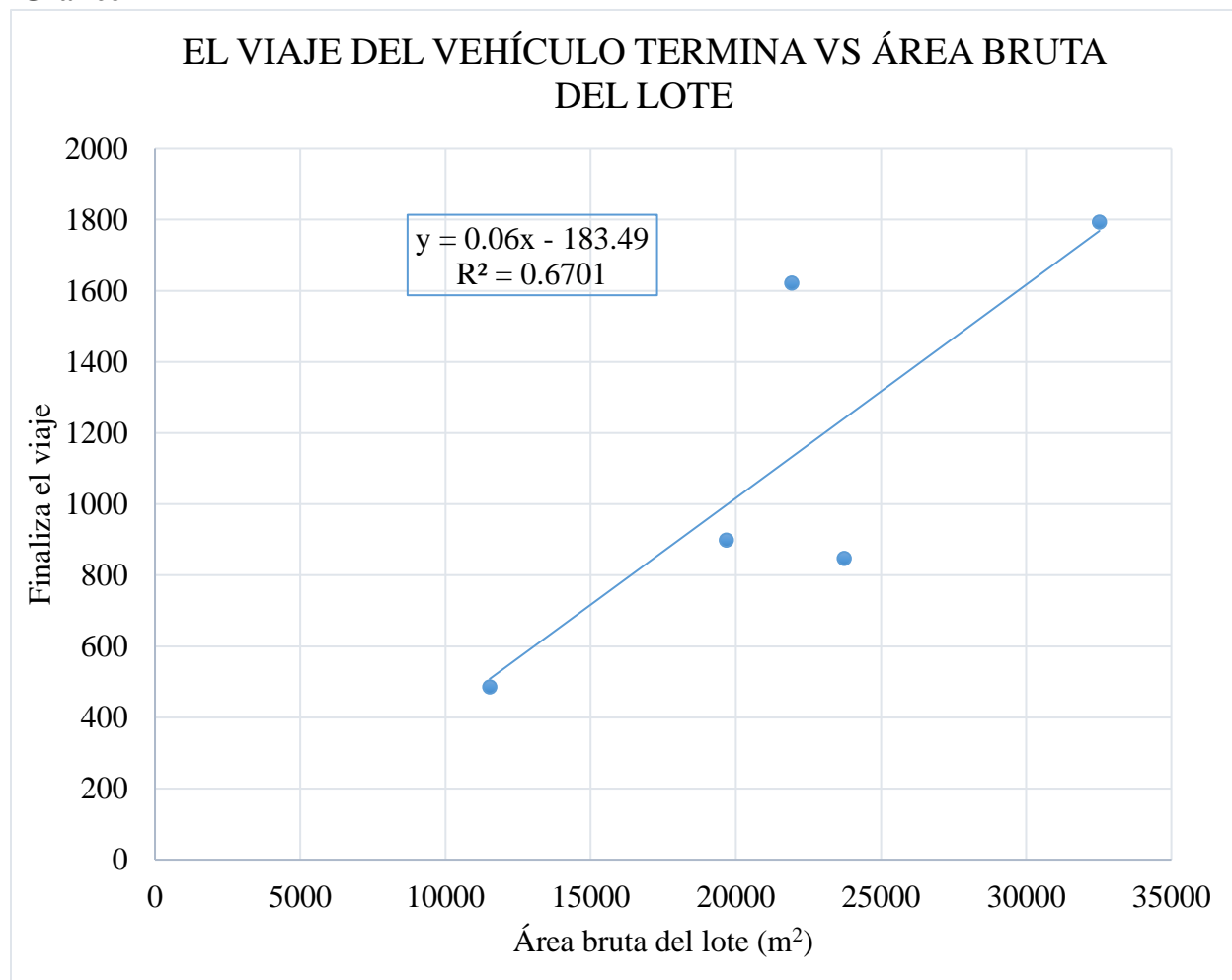
Figura 2. Número de Viajes Vs Área Bruta del Lote (Autos)

USO DEL SUELO RESIDENCIAL

Conjuntos residenciales cerrados	En mes de octubre
El viaje promedio del vehículo termina Vs	Área bruta del lote
En un:	Día entre semana
Hora pico	Del generador
Una hora entre:	6:00 am : 8:00 pm
Número de estudios:	5
Promedio de áreas	21876 m2
Distribución direccional:	51% entran 49% salen
Tasa promedio	Desviación estándar
0.017	8.30
Rango de tasas	
0.0125 - 0.0239	

Trazado de datos y ecuación

Gráfico



Sitio de estudio : Sector Pomona, Popayán
Ecuación de la curva ajustada: $y = 0.06x - 183.49$
R² 0.6701

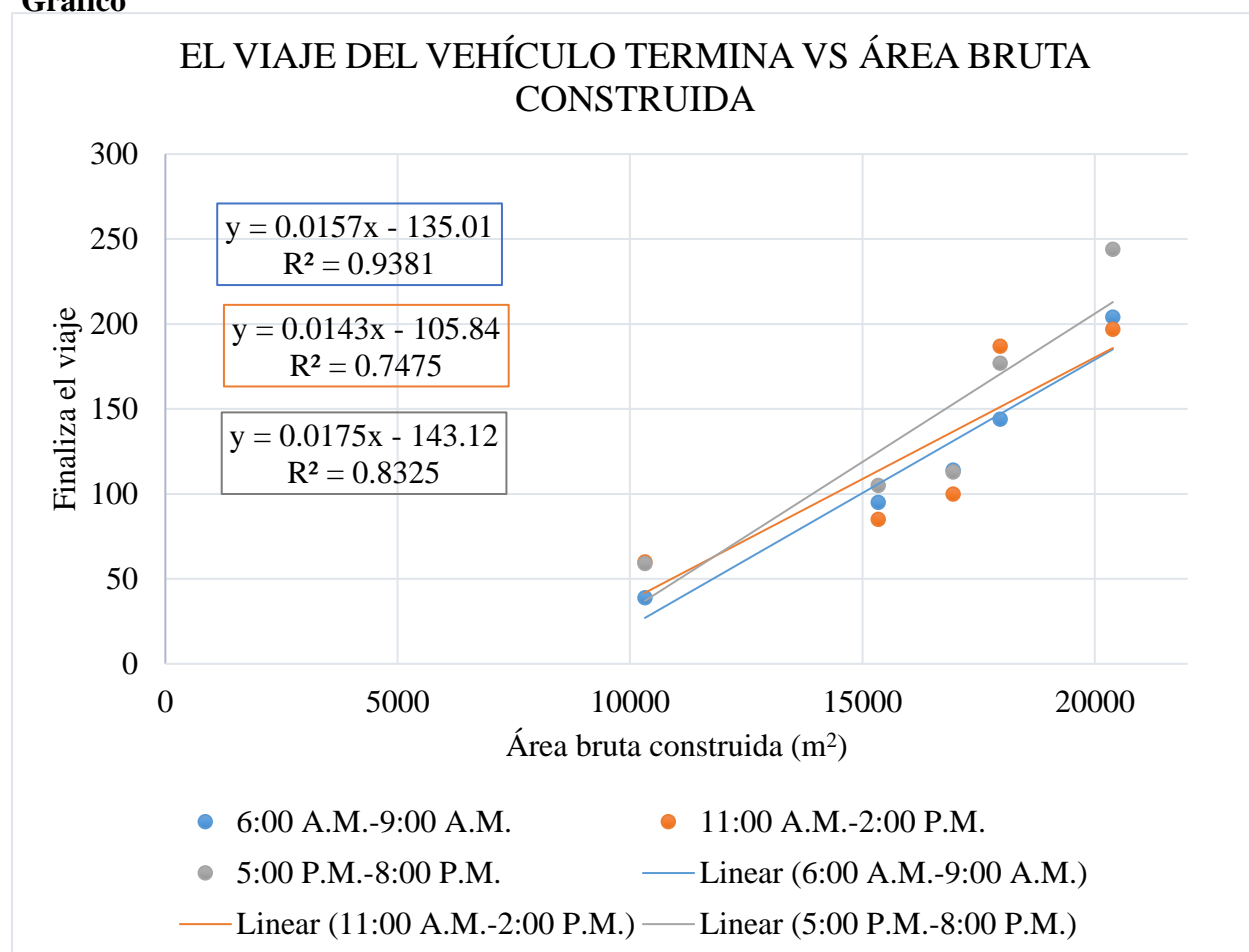
Figura 3. Número de Viajes Vs Área Bruta del Lote (6:00 a.m. - 8:00 p.m.) Autos

Número de viajes Vs área bruta construida

USO DEL SUELO RESIDENCIAL

Conjuntos residenciales cerrados	En mes de octubre
El viaje promedio del vehículo termina Vs	Área bruta construida
En un:	Día entre semana
Hora pico:	Del generador
Una hora entre:	(6-9) a.m. (11-2) m (5-8) p.m.
Número de estudios:	5
Promedio de áreas	16193 m²

Gráfico



Sitio de estudio: Sector Pomona, Popayán
6:00 a.m.- 9:00 a.m. 11:00 a.m. - 2:00 p.m. 5:00 p.m.-8:00 p.m.

Rango de tasas	0.0038 - 0.010	0.0055 - 0.010	0.0057 - 0.012
Tasa promedio	0.0069	0.0075	0.0082
Desviación estándar	4.99	4.96	5.45
Distribución direccional	36% entra-64% sale	54% entra-46% sale	60% entra-40% sale

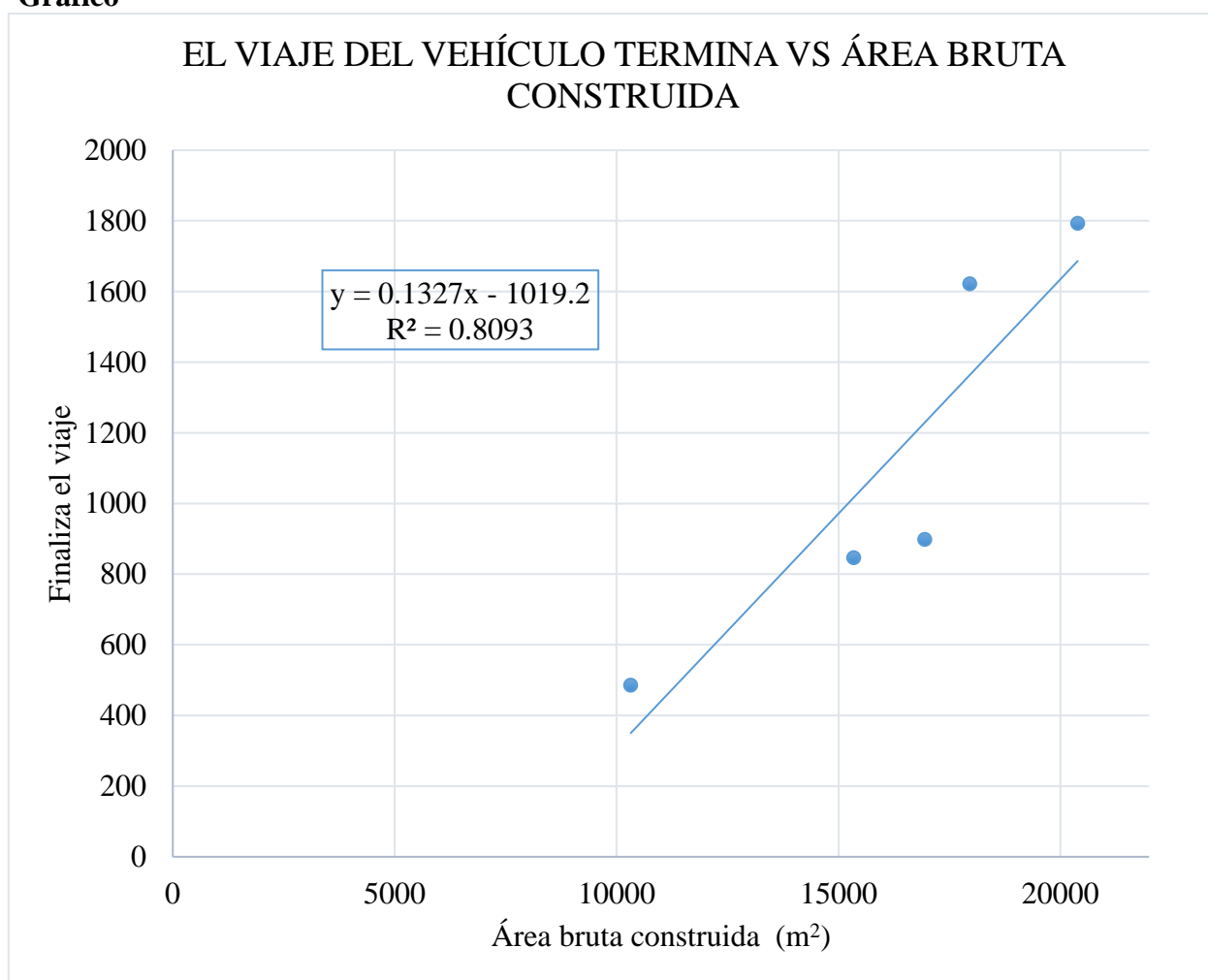
Figura 4. Número de Viajes Vs Área Bruta Construida (Autos)

USO DEL SUELO RESIDENCIAL

<p>Conjuntos residenciales cerrados</p> <p>El viaje promedio del vehículo termina Vs</p> <p style="padding-left: 40px;">En un:</p> <p style="padding-left: 40px;">Hora pico</p> <p style="padding-left: 40px;">Una hora entre:</p> <p style="padding-left: 40px;">Número de estudios:</p> <p style="padding-left: 40px;">Promedio de áreas</p> <p style="padding-left: 40px;">Distribución direccional:</p> <p>Tasa promedio</p> <p style="padding-left: 40px;">0.023</p>	<p>En mes de octubre</p> <p>Área bruta construida</p> <p style="padding-left: 40px;">Día entre semana</p> <p style="padding-left: 40px;">Del generador</p> <p style="padding-left: 40px;">6:00 am : 8:00 pm</p> <p style="padding-left: 40px;">5</p> <p style="padding-left: 40px;">16193 m2</p> <p style="padding-left: 40px;">51% entran 49% salen</p> <p>Desviación estándar</p> <p style="padding-left: 40px;">8.30</p>
<p>Rango de tasas</p> <p style="padding-left: 40px;">0.0168 - 0.0305</p>	

Trazado de datos y ecuación

Gráfico



Ecuación de la curva ajustada:

$$y = 0.1327x - 1019.2$$

R²

0.8093

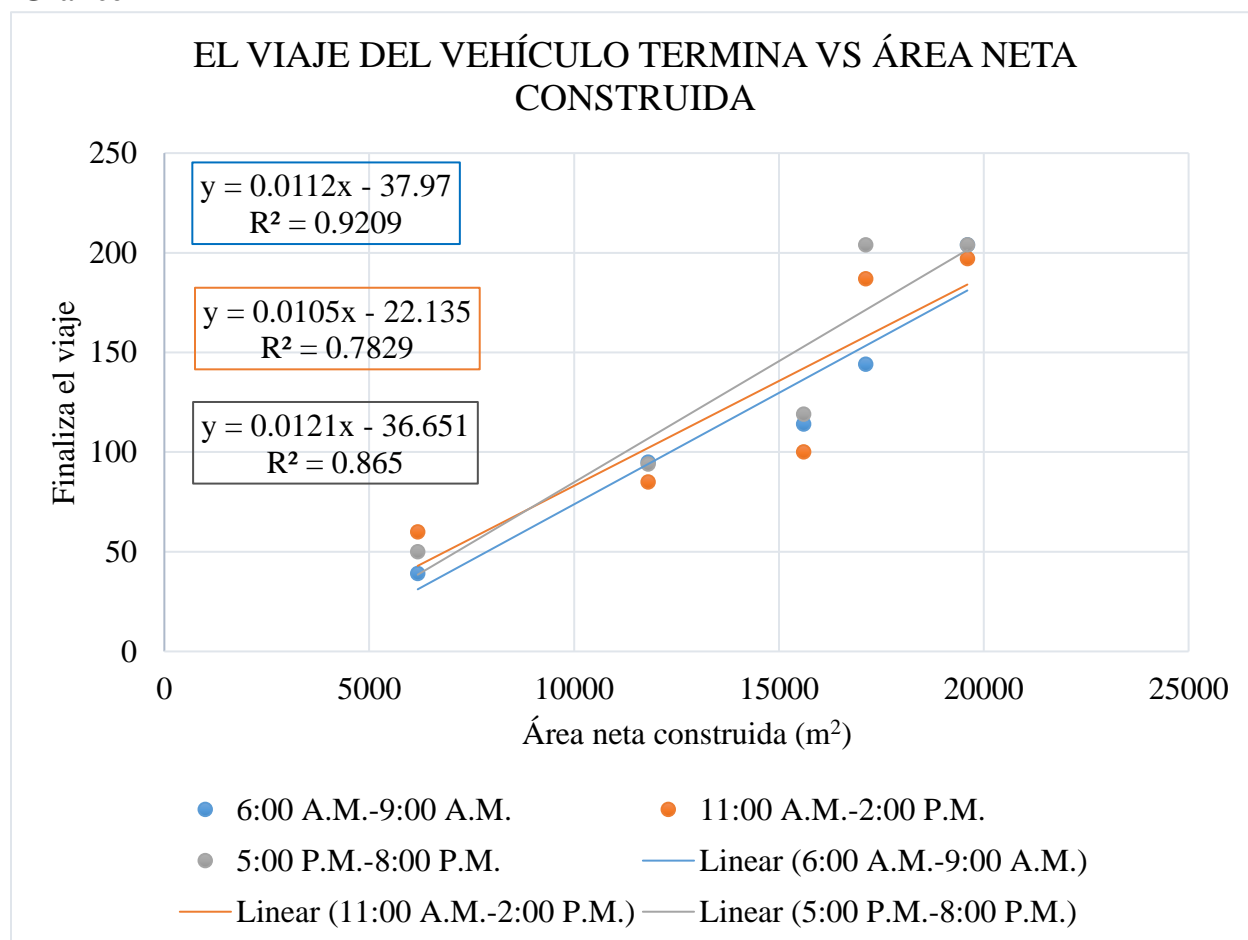
Figura 5. Número de Viajes Vs Área Bruta Construida (6 a.m. - 8 p.m.) Autos

Número de viajes Vs área neta construida

USO DEL SUELO RESIDENCIAL

Conjuntos residenciales cerrados	En mes de octubre
El viaje promedio del vehículo termina Vs	Área neta construida
En un:	Día entre semana
Hora pico:	Del generador
Una hora entre:	(6-9) a.m. (11-2) m (5-8) p.m.
Número de estudios:	5
Promedio de áreas	14062 m²

Gráfico



Sitio de estudio:

Sector Pomona, Popayán

	6:00 a.m.- 9:00 a.m.	11:00 a.m. - 2:00 p.m.	5:00 p.m.-8:00 p.m.
Rango de tasas	0.0063 - 0.010	0.0064 - 0.011	0.0076 - 0.012
Tasa promedio	0.0081	0.0089	0.0092
Desviación estándar	4.99	4.96	5.28
Distribución direccional	36% entra-64% sale	54% entra-46% sale	60% entra-40% sale

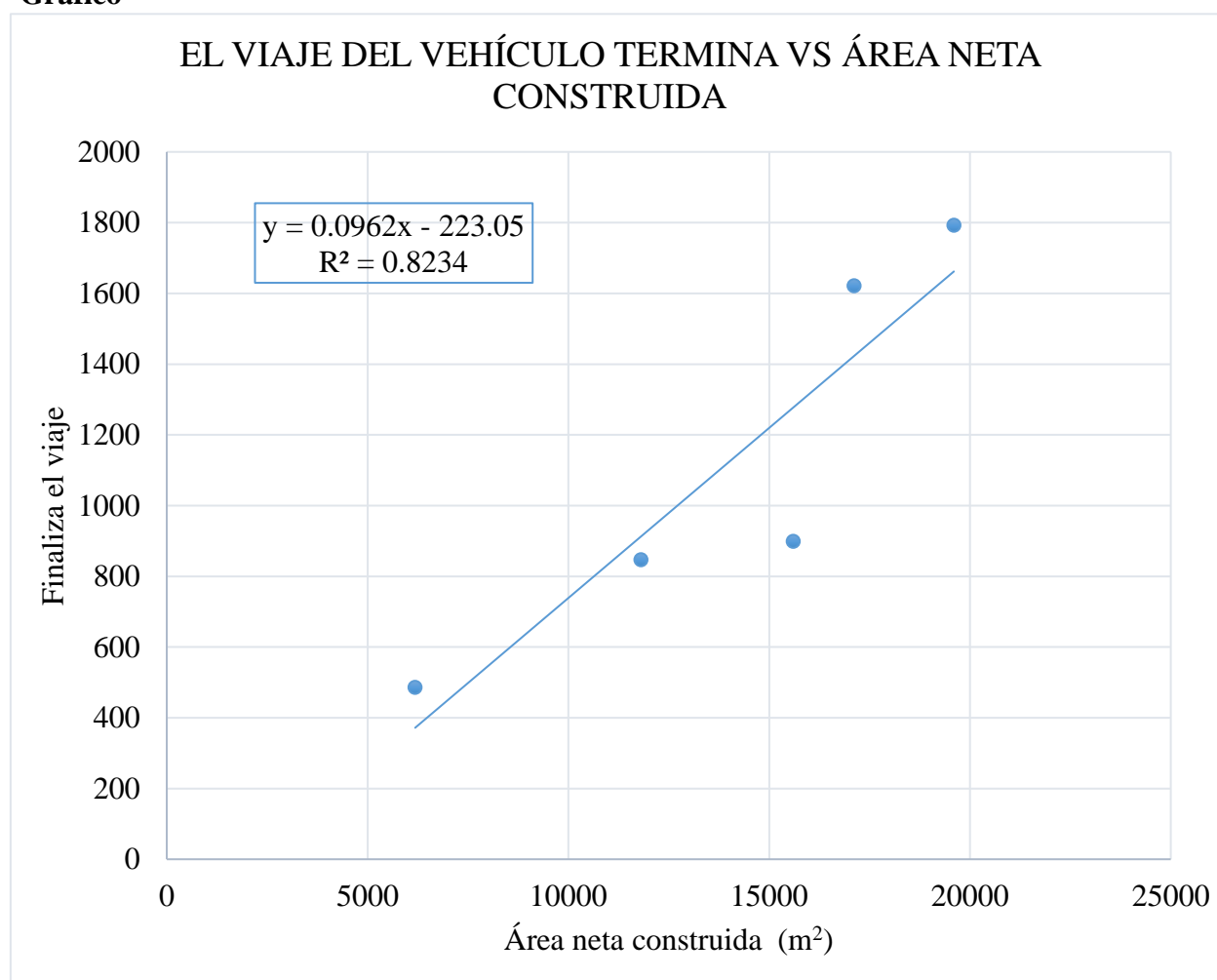
Figura 6. Número de Viajes Vs Área Neta Construida (Autos)

USO DEL SUELO RESIDENCIAL

Conjuntos residenciales cerrados		En mes de octubre
El viaje promedio del vehículo termina Vs		Área neta construida
En un:		Día entre semana
Hora pico		Del generador
Una hora entre:		6:00 am : 8:00 pm
Número de estudios:		5
Promedio de áreas		14062 m²
Distribución direccional:		51% entran 49% salen
Tasa promedio	Rango de tasas	Desviación estándar
0.027	0.0204 - 0.0317	1.40

Trazado de datos y ecuación

Gráfico



Sitio de estudio :

Sector Pomona, Popayán

Ecuación de la curva ajustada:

$y = 0.0962x - 223.05$

R²

0.8234

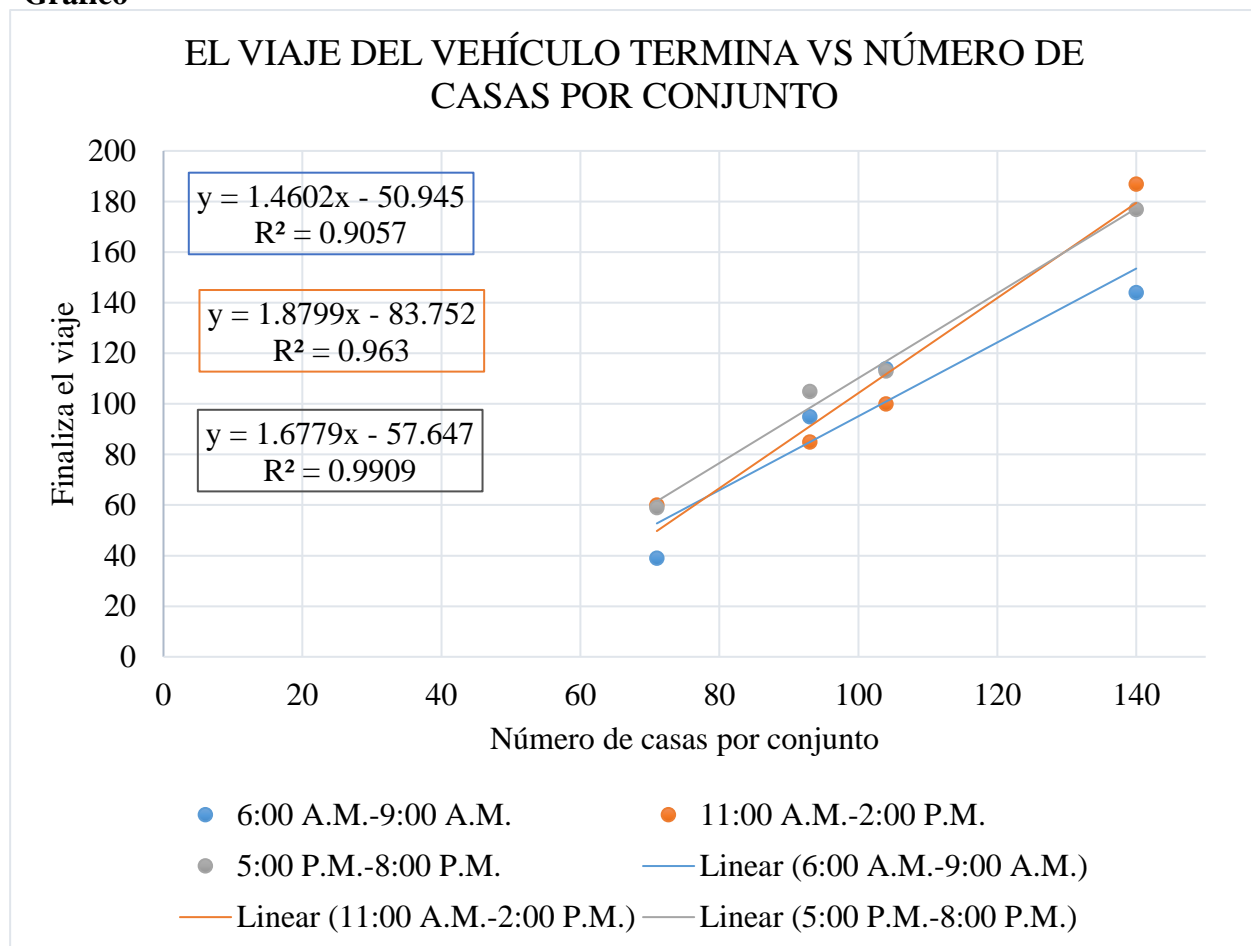
Figura 7. Número de Viajes Vs Área Neta Construida (6 a.m. - 8 p.m.) Autos

Número de viajes Vs casas por conjunto

USO DEL SUELO RESIDENCIAL

Conjuntos residenciales cerrados	En mes de octubre	
El viaje promedio del vehículo termina Vs	Número de casas por conjunto	
En un:	Día entre semana	
Hora pico:	Del generador	
Una hora entre:	(6-9) a.m. (11-2) m (5-8) p.m.	
Número de estudios:	5	
Promedio de casas	138	Und

Gráfico



Sitio de estudio:

Sector Pomona, Popayán

	6:00 a.m.- 9:00 a.m.	11:00 a.m. - 2:00 p.m.	5:00 p.m.-8:00 p.m.
Rango de tasas	0.55 - 1.10	0.85 - 1.34	0.83 - 1.26
Tasa promedio	0.92	1.01	1.08
Desviación estándar	3.87	4.60	3.95
Distribución direccional	36% entra-64% sale	54% entra-46% sale	60% entra-40% sale

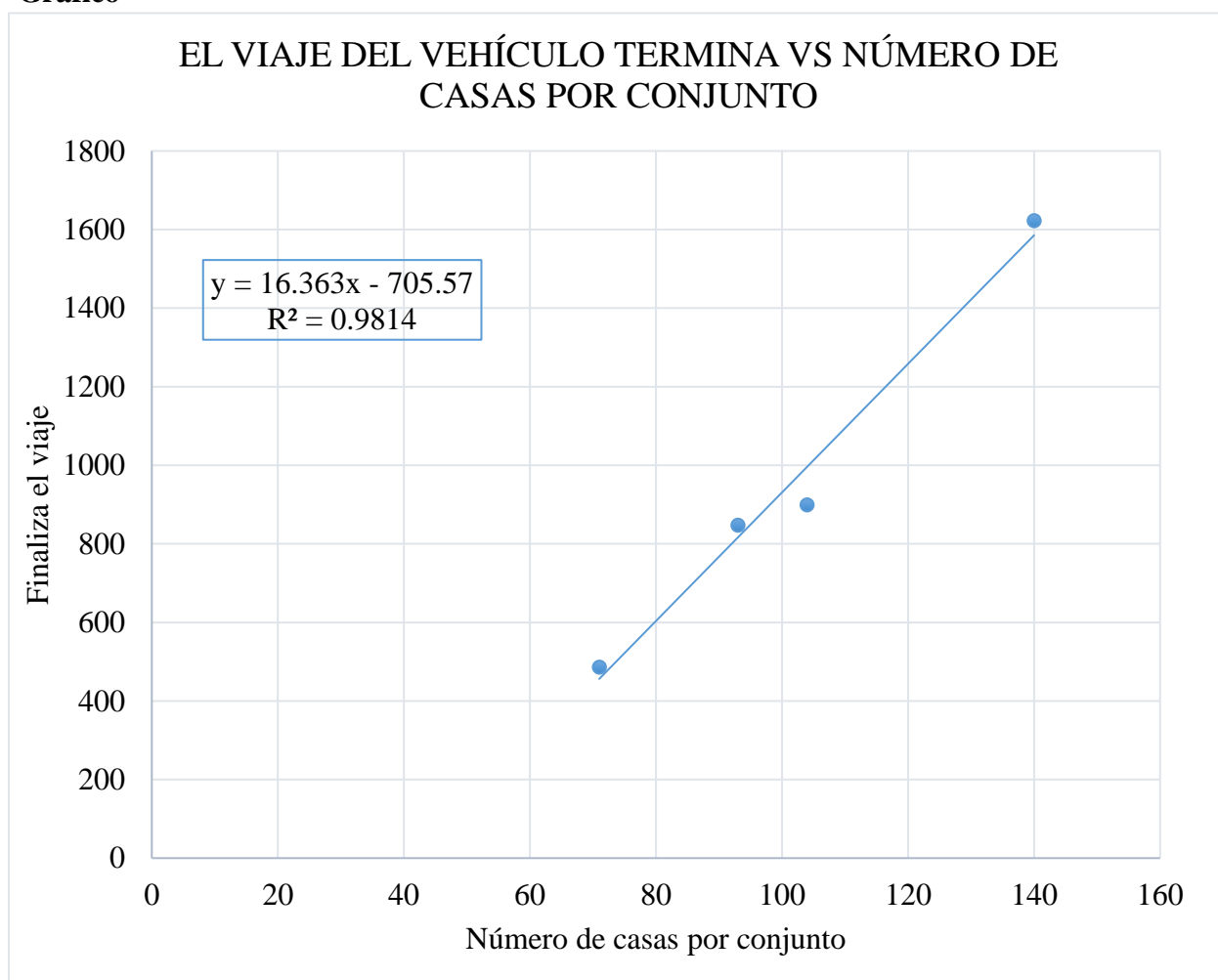
Figura 8. Número de Viajes Vs Casas por Conjunto (Autos)

USO DEL SUELO RESIDENCIAL

Conjuntos residenciales cerrados		En mes de octubre	
El viaje promedio del vehículo termina Vs		Número de casas por conjunto	
En un:		Día entre semana	
Hora pico		Del generador	
Una hora entre:		6:00 am : 8:00 pm	
Número de estudios:		5	
Promedio de casas		138	und
Distribución direccional:		51% entran	49% salen
Tasa promedio	Rango de tasas	Desviación estándar	
3.1	2.43 - 3.74	7	

Trazado de datos y ecuación

Gráfico



Sitio de estudio :

Sector Pomona, Popayán

Ecuación de la curva ajustada:

$y = 16.363x - 705.57$

R²

0.9814

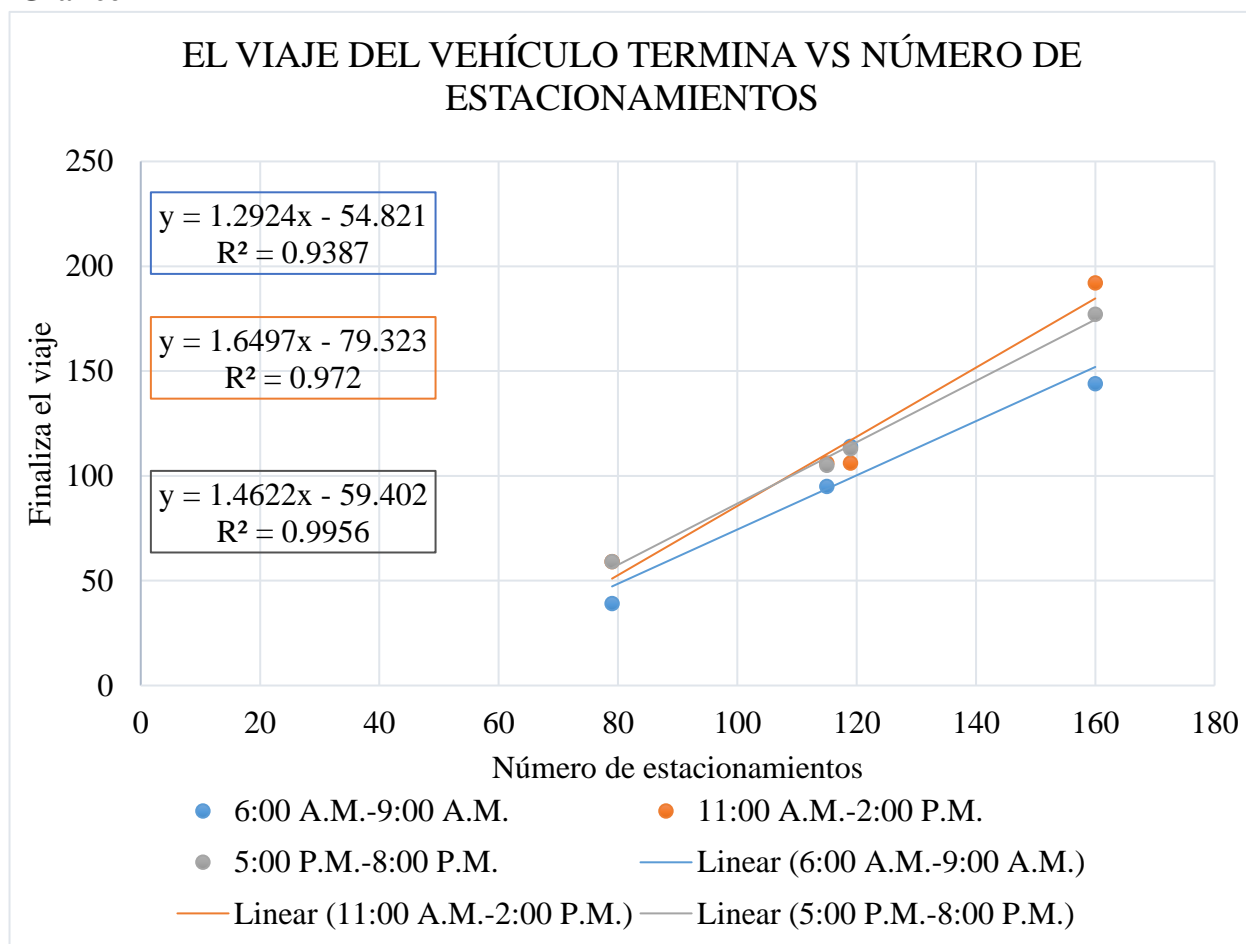
Figura 9. Número de Viajes Vs Número de Casas (6 a.m. - 8 p.m.) Autos

Número de viajes Vs número de estacionamientos

USO DEL SUELO RESIDENCIAL

Conjuntos residenciales cerrados	En el mes de octubre	
El viaje promedio del vehículo termina Vs	Número de estacionamientos	
En un:	Día entre semana	
Hora pico:	Del generador	
Una hora entre:	(6-9) a.m. (11-2) m (5-8) p.m.	
Número de estudios:	5	
Promedio estacionamientos	156	Und

Gráfico



Sitio de estudio:

Sector Pomona, Popayán

	6:00 a.m.- 9:00 a.m.	11:00 a.m. - 2:00 p.m.	5:00 p.m.-8:00 p.m.
Rango de tasas	0.49 - 0.96	0.75 - 1.20	0.75 - 1.11
Tasa promedio	0.79	0.94	0.93
Desviación estándar	3.87	4.46	3.95
Distribución direccional	36% entra-64% sale	55% entra-45% sale	60% entra-40% sale

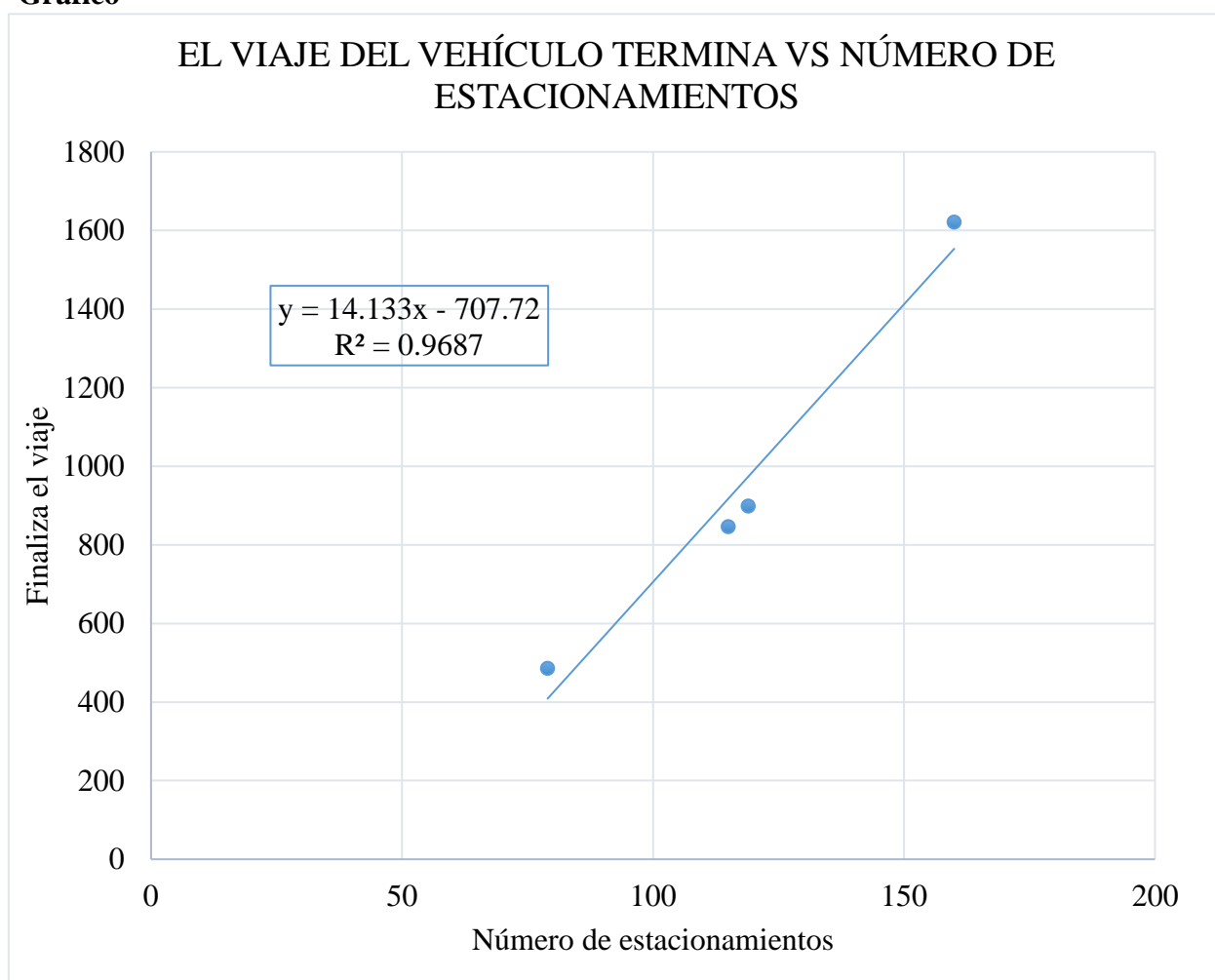
Figura 10. Número de Viajes Vs Número de Estacionamientos (Autos)

USO DEL SUELO RESIDENCIAL

Conjuntos residenciales cerrados		En mes de octubre
El viaje promedio del vehículo termina Vs		Número de estacionamientos
En un:		Día entre semana
Hora pico		Del generador
Una hora entre:		6:00 am : 8:00 pm
Número de estudios:		5
Promedio de estacionamientos		156 und
Distribución direccional:		51% entran 49% salen
Tasa promedio	Rango de tasas	Desviación estándar
2.7	2.19 - 3.28	11.40

Trazado de datos y ecuación

Gráfico



Sitio de estudio :

Sector Pomona, Popayán

Ecuación de la curva ajustada:

$y = 14.133x - 707.72$

R²

0.9687

Figura 11. Número de Viajes Vs Estacionamientos (6 a.m. - 8 p.m.) Autos

Número de viajes Vs densidad

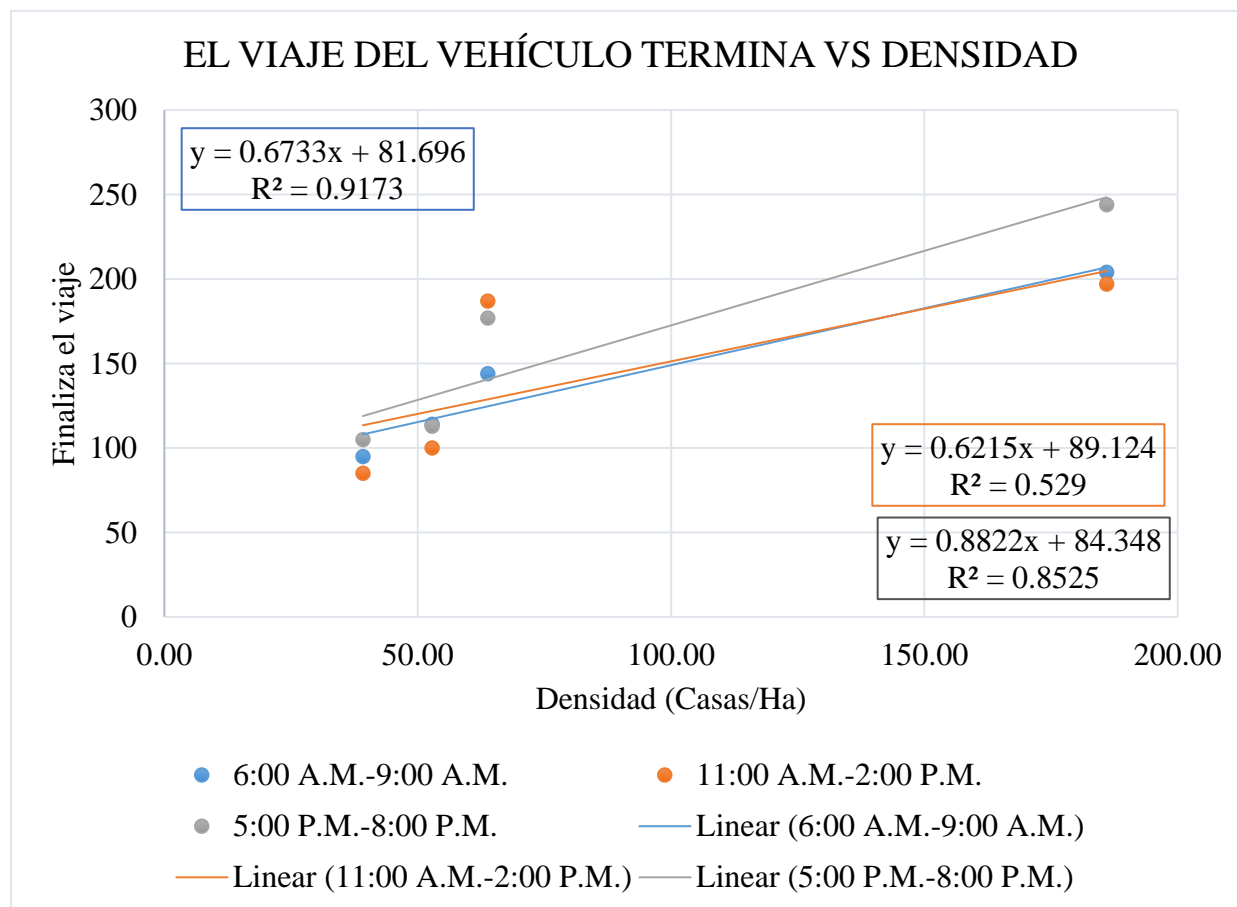
USO DEL SUELO RESIDENCIAL

Conjuntos residenciales cerrados
El viaje promedio del vehículo termina Vs

En un:
Hora pico:
Una hora entre:
Número de estudios:
Densidad promedio

En mes de octubre
Densidad
Día entre semana
Del generador
(6-9) a.m. (11-2) m (5-8) p.m.
5
60.72 Casas/Ha

Gráfico



Sitio de estudio:

Sector Pomona, Popayán

	6:00 a.m.- 9:00 a.m.	11:00 a.m. - 2:00 p.m.	5:00 p.m.-8:00 p.m.
Rango de tasas	1.1 – 2.42	1.00 - 2.93	1.31 - 2.77
Tasa promedio	1.98	2.00	2.23
Desviación estándar	3.5	4.21	4.44
Distribución direccional	36% entra-64% sale	54% entra-46% sale	60% entra-40% sale

Figura 12. Número de Viajes Vs Densidad (Autos)

USO DEL SUELO RESIDENCIAL

Conjuntos residenciales cerrados
El viaje promedio del vehículo termina Vs

En un:
Hora pico
Una hora entre:
Número de estudios:

Promedio
Distribución direccional:

Tasa promedio

5.6

Rango de tasas

2.81 - 8.21

En mes de octubre

Densidad

Día entre semana

Del generador

6:00 am : 8:00 pm

5

60.72 Casas/Ha

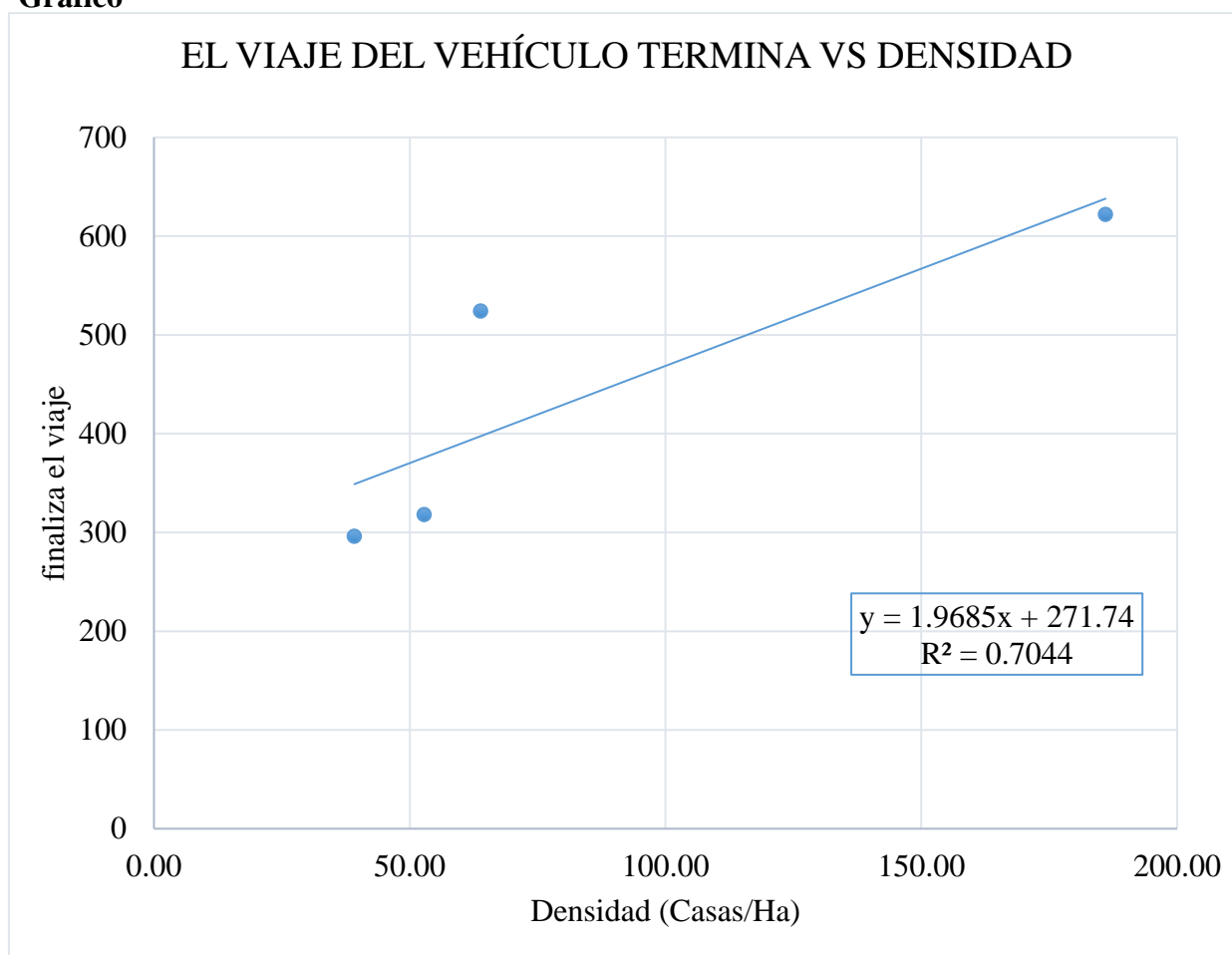
51% Entran 49% Salen

Desviación estándar

8.30

Trazado de datos y ecuación

Gráfico



Sitio de estudio :

Sector Pomona, Popayán

Ecuación de la curva ajustada:

$y = 1.9685x + 271.74$

R2

0.7044

Figura 13. Número de Viajes Vs Densidad (Casa/ Ha) (6 a.m. - 8 p.m.) Autos

Con las gráficas para la estimación de viajes generados y atraídos elaboradas, se procede con la comparación de éstas con las presentadas en el manual de generación de viajes del ITE. En la Tabla 10 se resumen los valores de (R^2) promedio para viajes realizados en automóvil de la investigación, ya que el paralelo se hace con las variables independientes que presenta el manual de generación de viajes para este uso del suelo en particular, las cuales son: Número de casas por conjunto, número de residentes y número de automóviles por casa, de las cuales se tiene únicamente número de casas por desarrollo y con esta variable se presenta el paralelo.

Los valores de R^2 para área de cada casa no se tiene en cuenta, puesto que sus valores generan gráficas con tendencia a decrecer y a este tipo de comportamientos en el manual de generaciones solo se determina la tasa promedio, tasas mínimas y máximas.

VARIABLE INDEPENDIENTE	R² PROMEDIO
Área bruta del lote	0.6957
Área bruta construida	0.8319
Área neta construida	0.8481
Área de cada casa promedio	XXXX
Número de casas por conjunto	0.9603
Número de estacionamientos	0.9688
Densidad	0.7508

Tabla 10. Resumen del Valor de (R^2) Para Cada Variable Independiente Autos

Cuando se tienen las variables independientes que mejor se ajusta a la variabilidad de los datos, se procede a comparar los siguientes resultados:

- Tasa promedio.
- Rango de tasas.
- Desviación estándar.
- Ecuación que mejor se ajusta.
- Coeficiente de determinación (R^2).

En la comparación para la variable “número de casas por conjunto”, se obtiene que la tasa promedio y el rango de tasas varían tanto en la mañana, en la tarde y para un día de la semana, esto se puede dar, ya que las horas de llegada al hogar por parte de las personas varía debido a situaciones tales como, distancias de recorrido del trabajo al hogar, tráfico, o demoras ya sea por accidentes o razones personales.

La desviación estándar difiere en los tres momentos analizados, esto se presenta debido a la cantidad de desarrollos estudiados en la investigación y los tomados por el manual de generación de viajes, los cuales son cinco y cuarenta y cinco (Trip Generation Manual, 2010), respectivamente; Cuando se observan los valores de (R^2), se puede apreciar su cercanía a uno, lo que implica que el modelo presentado es confiable para este tipo de uso de suelo en particular. En las Tablas 11, 12 y 13 se resume la información.

Hora Pico de la Mañana			
Manual de generación de viajes			
Tasa Promedio	Rango de Tasas		Desviación Estándar
0.56	0.34	0.97	0.15
Ecuación	$\ln(T)=0.94 \ln(x) - 0.29$		R²
			0.91
Investigación			
Tasa Promedio	Rango de Tasas		Desviación Estándar
0.92	0.55	1.1	3.87
Ecuación	$y=1.4602x - 50.945$		R²
			0.9057

Tabla 11. Manual de Generación de viajes Vs Investigación (Casas por Conjunto)

Hora Pico de la Tarde			
Manual de generación de viajes			
Tasa Promedio	Rango de Tasas		Desviación Estándar
0.67	0.41	1.25	0.14
Ecuación	$T= 0.66 (x) + 1.41$		R²
			0.94
Investigación			
Tasa Promedio	Rango de Tasas		Desviación Estándar
1.01	0.83	1.26	3.95
Ecuación	$y= 1.6779x - 576.47$		R²
			0.9909

Tabla 12. Manual de Generación de viajes Vs Investigación (Casas por Conjunto)

Un día de la Semana			
Manual de generación de viajes			
Tasa Promedio	Rango de Tasas		Desviación Estándar
7.32	4.45	10.97	1.31
Ecuación	$T=7.56(x) + 40.86$		R² 0.9600
Investigación			
Tasa Promedio	Rango de Tasas		Desviación Estándar
3.1	2.43	3.74	7.00
Ecuación	$y= 16.363x - 705.74$		R² 0.9814

Tabla 13. Manual de Generación de viajes Vs Investigación (Casas por Conjunto)

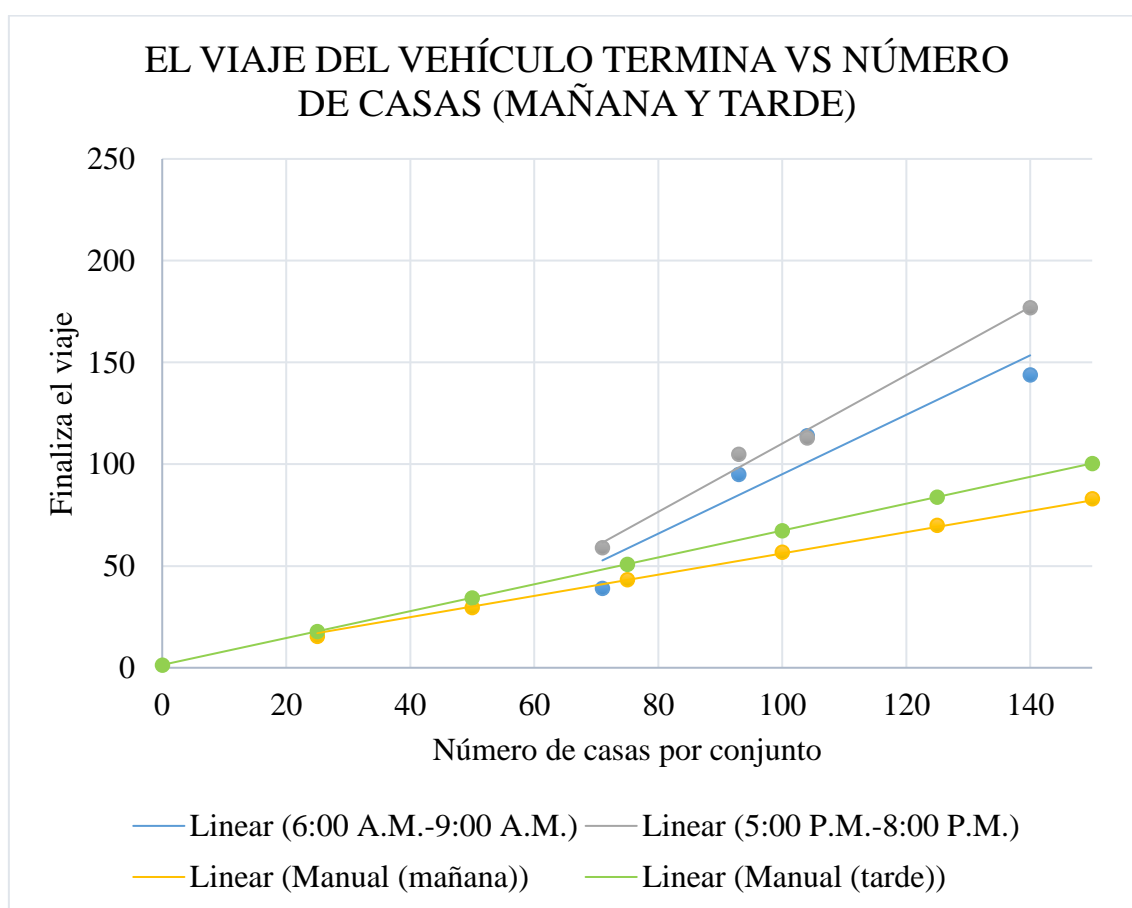


Figura 14. Manual de Generación de viajes Vs Investigación (Casas por Conjunto)

Al comparar las ecuaciones para “número de casas promedio” (Figura 14), se aprecia que para el manual de generación se presentan ecuaciones de tipo lineal (gráficas de color amarillo y verde),

que indica que los viajes en los Estados Unidos son directamente proporcionales a la cantidad de casas y/o apartamentos que hayan en los desarrollos, en la investigación se presentan ecuaciones lineales (graficas azul, y gris), pero la pendientes de las rectas de la investigación son mayores, lo que genera mayor cantidad de viajes en la ciudad de Popayán.

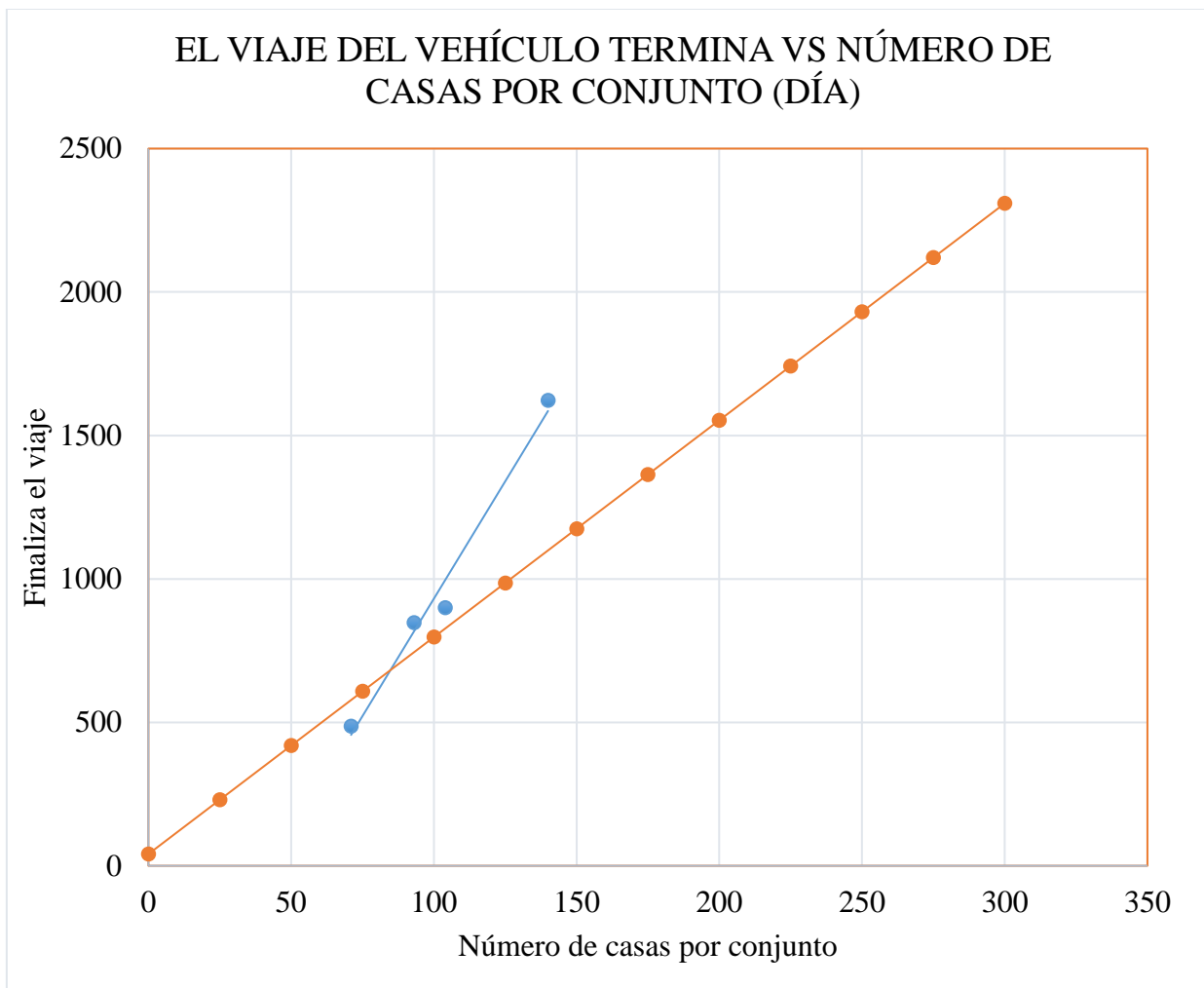


Figura 15. Manual de Generación de viajes Vs Investigación (Casas por Conjunto)

En la Figura 15, se observan las gráficas de la investigación (color azul) y la del manual de generación (color naranja) para un día de la semana y el análisis es el mismo que se tiene para un

horario de la mañana y de la tarde, los volúmenes generados en la ciudad de Popayán aumentan de una forma acelerada con respecto a la presentada en el manual.

Por otra parte, cuando se analizan otras variables independientes que se ajustan al modelo propuesto, como lo son “área bruta del lote” Figura 2 (mañana, tarde y noche) y Figura 3 (para un día de la semana), se observa como sus tasas de variación unitarias son pequeñas, sus desviaciones estándar fluctúan entre 4.06 y 4.45, que son valores que muestran la variación de la cantidad de viajes generados por cada conjunto respecto a su media, se tiene que los valores para el coeficiente de determinación varía entre 0.4599 y 0.8561, lo cual según rojo (Tabla 8) y Laguna (Tabla 9), está clasificado como “regular a bueno” y “alto”, respectivamente.

La variable “área bruta construida”, ofrece graficas con tendencia lineal, tasas promedio pequeñas para los cuatro momentos analizados (mañana, tarde, noche y para un día de la semana), desviaciones estándar que varían entre 4.99 y 8.3, los valores de R^2 están entre (0.7475 – 0.9380) y un R^2 promedio de 0.8319, el cual se clasifica como “alto” (Laguna,2012).

El “área neta construida” con valores de R^2 variables entre (0.7475 – 0.9381), que se clasifica según (rojo, 2007) como “bueno” y “muy bueno”, tasas promedio pequeñas que fluctúan entre (0.0063 y 0.0317) (Número de viajes/ m^2 construido) y desviaciones estándar entre 1.4 y 5.28, con tendencia lineal en sus datos.

Cuando se analizan “número de casas por conjunto” y “número de estacionamientos”, se observa que las tasas promedio aumentan con respecto a las calculadas para las áreas antes analizadas, tienen tendencia lineal y coeficientes de determinación promedio de 0.9603 y 0.9688, respectivamente; para Laguna, 2012 se puede clasificar como una correlación “alta”, son las variables que mejor se ajustan al modelo para viajes en auto.

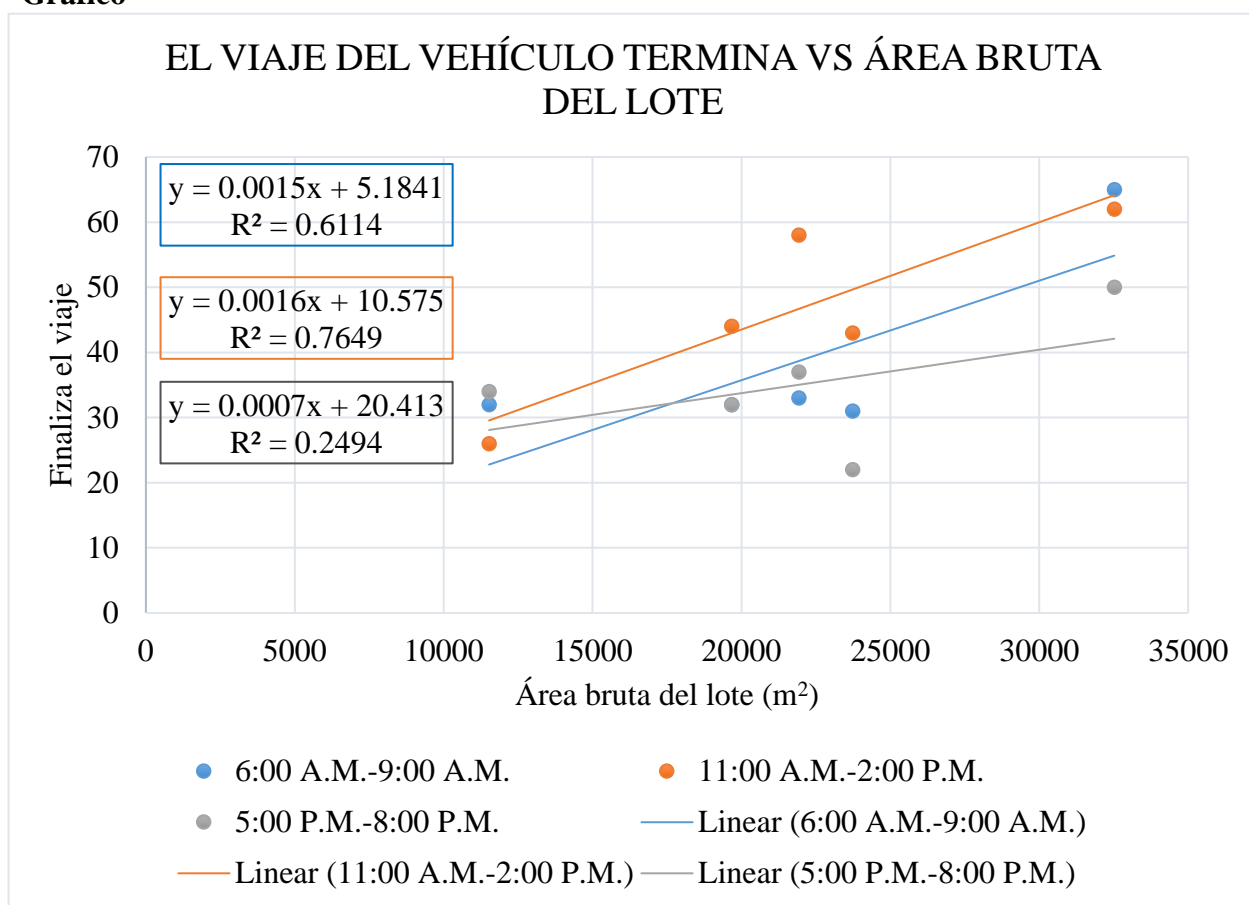
4.2 Gráficas para la estimación en motocicletas

Número de viajes Vs área bruta del lote

USO DEL SUELO RESIDENCIAL

Conjuntos residenciales cerrados	En mes de octubre
El viaje promedio del vehículo termina Vs	Área bruta del lote
En un:	Día entre semana
Hora pico:	Del generador
Una hora entre:	(6-9) a.m. (11-2) m (5-8) p.m.
Número de estudios:	5
Promedio de áreas	21876 m²

Gráfico



Sitio de estudio:

Sector Pomona, Popayán

	6:00 a.m.- 9:00 a.m.	11:00 a.m. - 2:00 p.m.	5:00 p.m.-8:00 p.m.
Rango de tasas	0.0013 - 0.0028	0.0018 - 0.0026	0.0009 - 0.003
Tasa promedio	0.0018	0.0022	0.0017
Desviación estándar	2.13	1.87	1.53
Distribución direccional	34% entra-66% sale	46% entra-54% sale	51% entra-49% sale

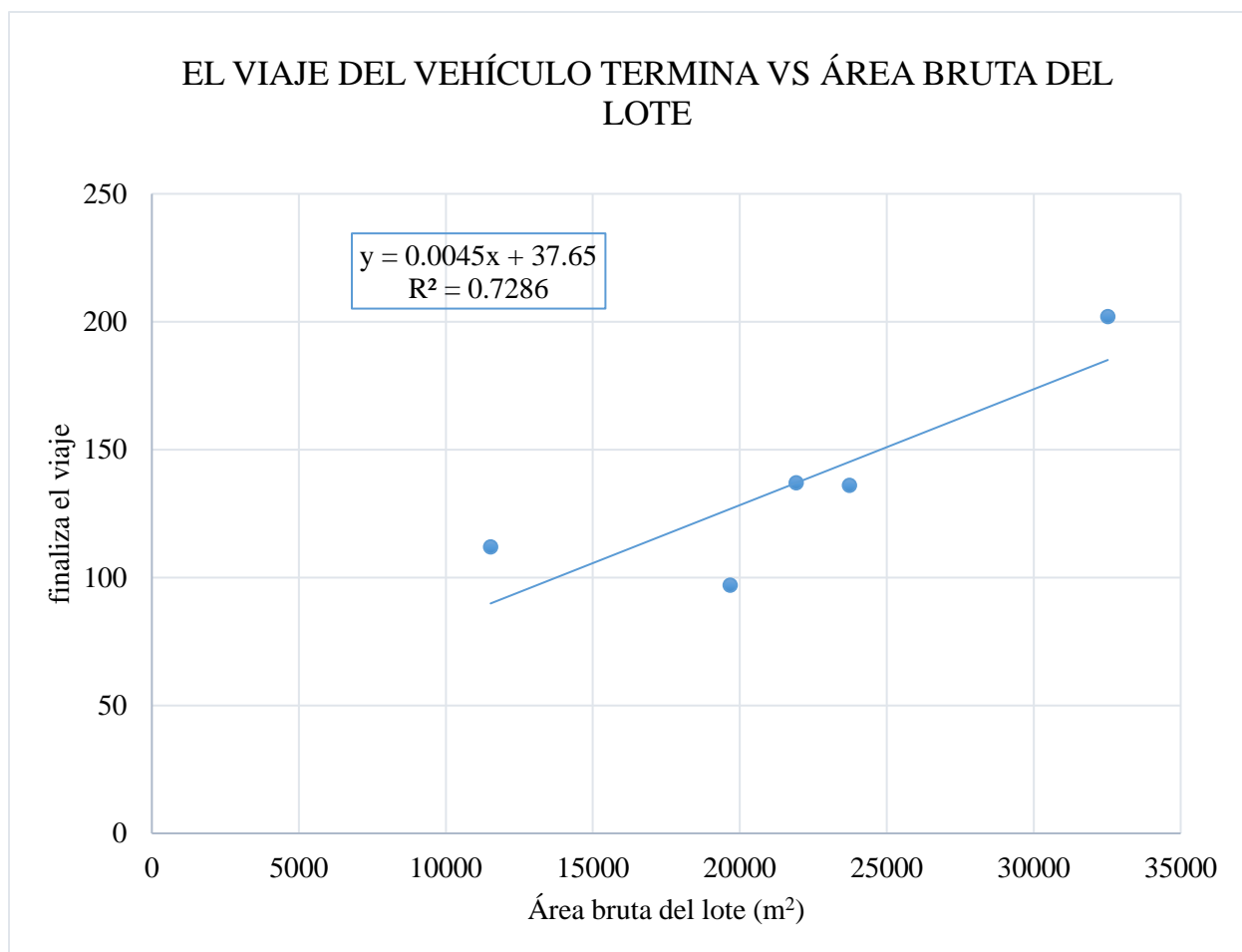
Figura 16. Número de Viajes Vs Área Bruta del Lote (motocicletas)

USO DEL SUELO RESIDENCIAL

Conjuntos residenciales cerrados		En mes de octubre
El viaje promedio del vehículo termina Vs		Área bruta del lote
En un:		Día entre semana
Hora pico		Del generador
Una hora entre:		6:00 am : 8:00 pm
Número de estudios:		5
Promedio de áreas		21876 m2
Distribución direccional:		44% Entran 56% Salen
Tasa promedio	Rango de tasas	Desviación estándar
0.0065	0.0049 - 0.0092	3.1

Trazado de datos y ecuación

Gráfico



Sitio de estudio :

sector Pomona, Popayán

Ecuación de la curva ajustada:

$y = 0.0045x + 37.65$

R²

0.7286

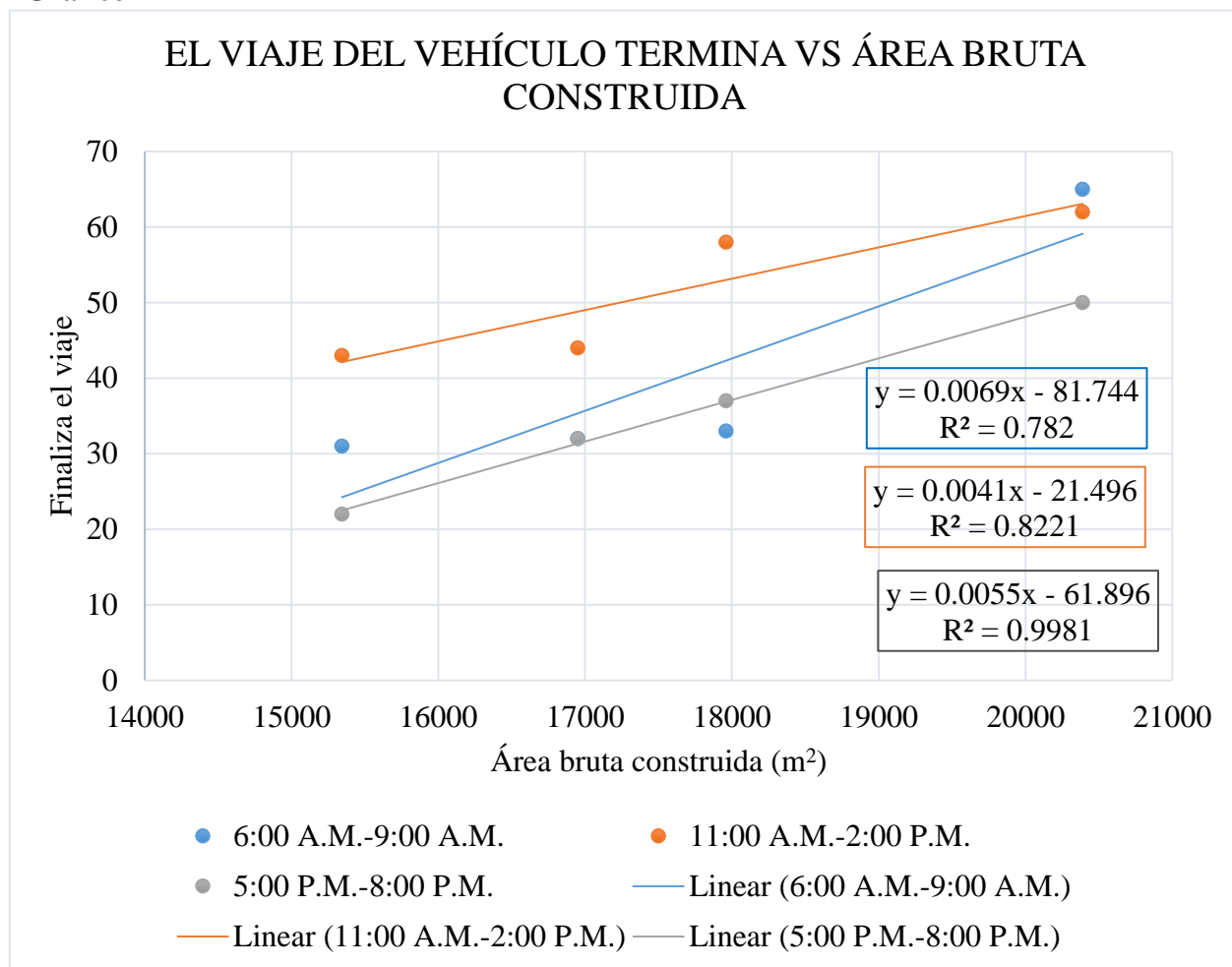
Figura 17. Número de Viajes Vs Área Bruta del Lote (6 a.m. - 8 p.m.) Motocicletas

Número de viajes Vs área bruta construida

USO DEL SUELO RESIDENCIAL

Conjuntos residenciales cerrados	En mes de octubre
El viaje promedio del vehículo termina Vs	Área bruta construida
En un:	Día entre semana
Hora pico:	Del generador
Una hora entre:	(6-9) a.m. (11-2) m (5-8) p.m.
Número de estudios:	5
Promedio de áreas	16193 m²

Gráfico



Sitio de estudio:

Sector Pomona, Popayán

	6:00 a.m.- 9:00 a.m.	11:00 a.m. - 2:00 p.m.	5:00 p.m.-8:00 p.m.
Rango de tasas	0.0018 - 0.0032	0.0026 - 0.0032	0.0014 - 0.0025
Tasa promedio	0.0022	0.0029	0.002
Desviación estándar	3.89	3.78	3.42
Distribución direccional	34% entra-66% sale	46% entra-54% sale	51% entra-49% sale

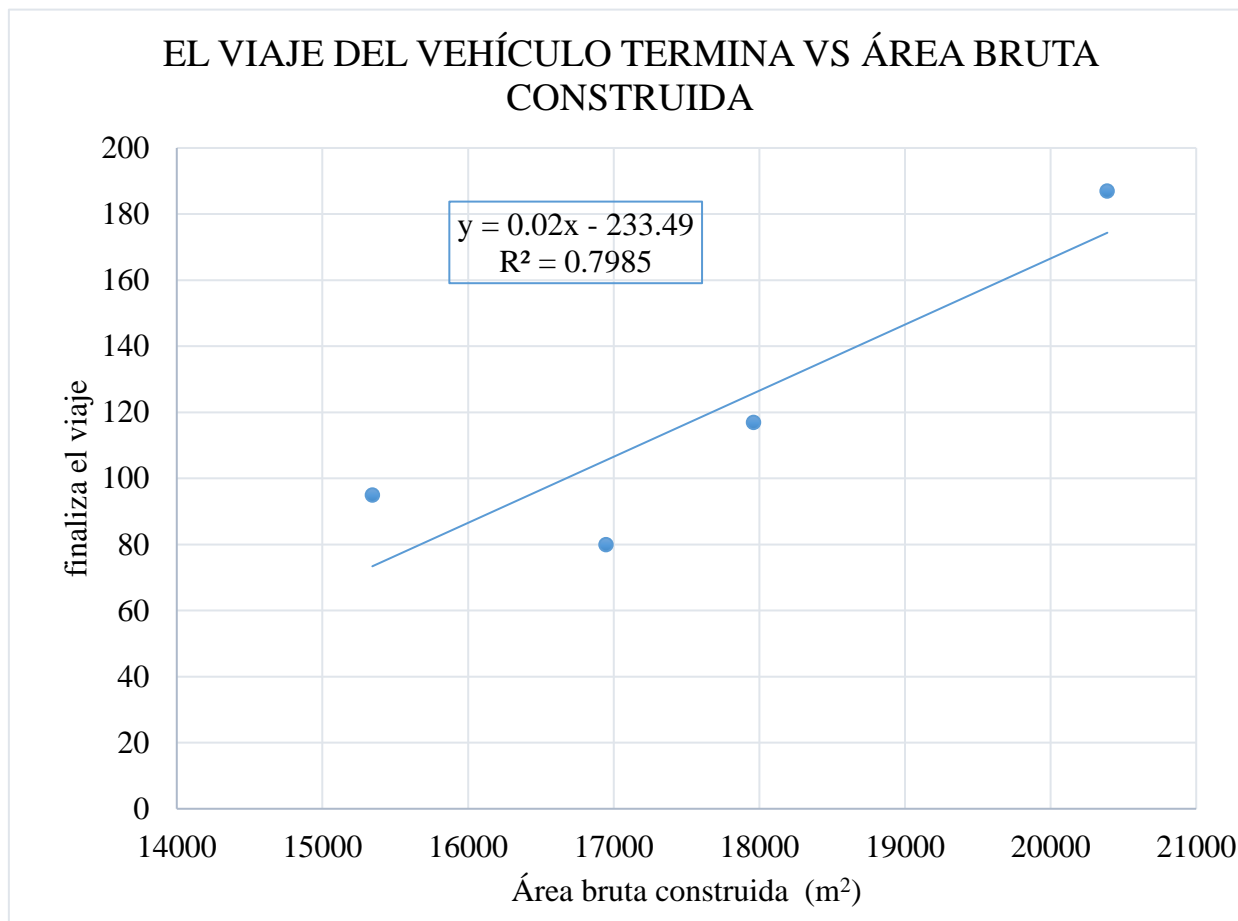
Figura 18. Número de Viajes Vs Área Bruta Construida (motocicletas)

USO DEL SUELO RESIDENCIAL

Conjuntos residenciales cerrados		En mes de octubre
El viaje promedio del vehículo termina Vs		Área bruta construida
En un:		Día entre semana
Hora pico		Del generador
Una hora entre:		6:00 am : 8:00 pm
Número de estudios:		5
Promedio de áreas		16193 m2
Distribución direccional:		48% Entran 52% Salen
Tasa promedio	Rango de tasas	Desviación estándar
0.0062	0.0047 - 0.0092	3.7

Trazado de datos y ecuación

Gráfico



Sitio de estudio :

Sector Pomona, Popayán

Ecuación de la curva ajustada:

$y = 0.02x - 233.49$

R²

0.7985

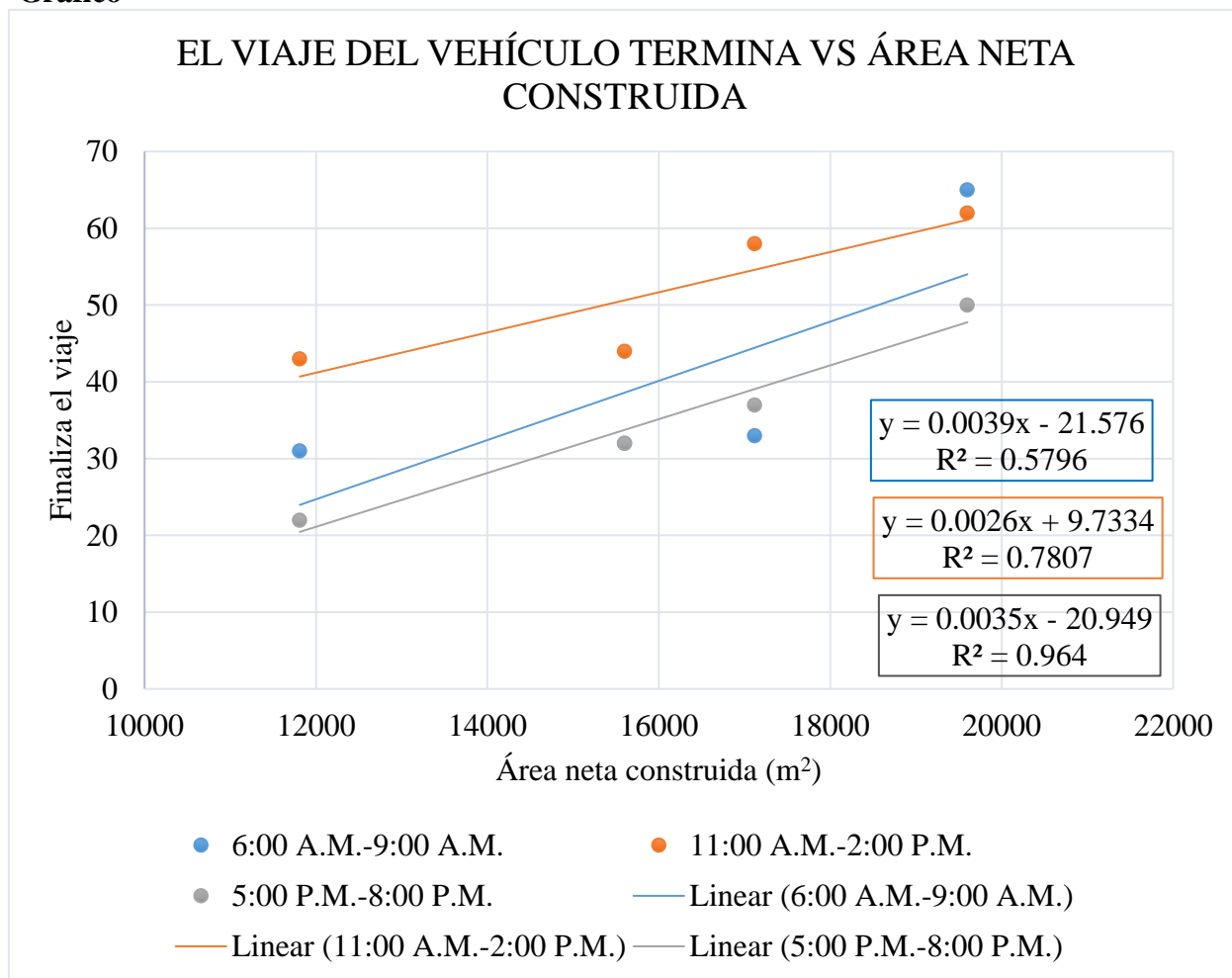
Figura 19. Número de Viajes Vs Área Bruta Construida (6 a.m. - 8 p.m.) Motocicletas

Número de viajes Vs área neta construida

USO DEL SUELO RESIDENCIAL

Conjuntos residenciales cerrados	En mes de octubre
El viaje promedio del vehículo termina Vs	Área neta construida
En un:	Día entre semana
Hora pico:	Del generador
Una hora entre:	(6-9) a.m. (11-2) m (5-8) p.m.
Número de estudios:	5
Promedio de áreas	14062 m²

Gráfico



Sitio de estudio:

Sector Pomona, Popayán

	6:00 a.m.- 9:00 a.m.	11:00 a.m. - 2:00 p.m.	5:00 p.m.-8:00 p.m.
Rango de tasas	0.0019 - 0.0033	0.0028 - 0.0036	0.0019 - 0.0026
Tasa promedio	0.0025	0.0033	0.0022
Desviación estándar	3.89	3.78	3.42
Distribución direccional	34% entra-66% sale	46% entra-54% sale	49% entra-51% sale

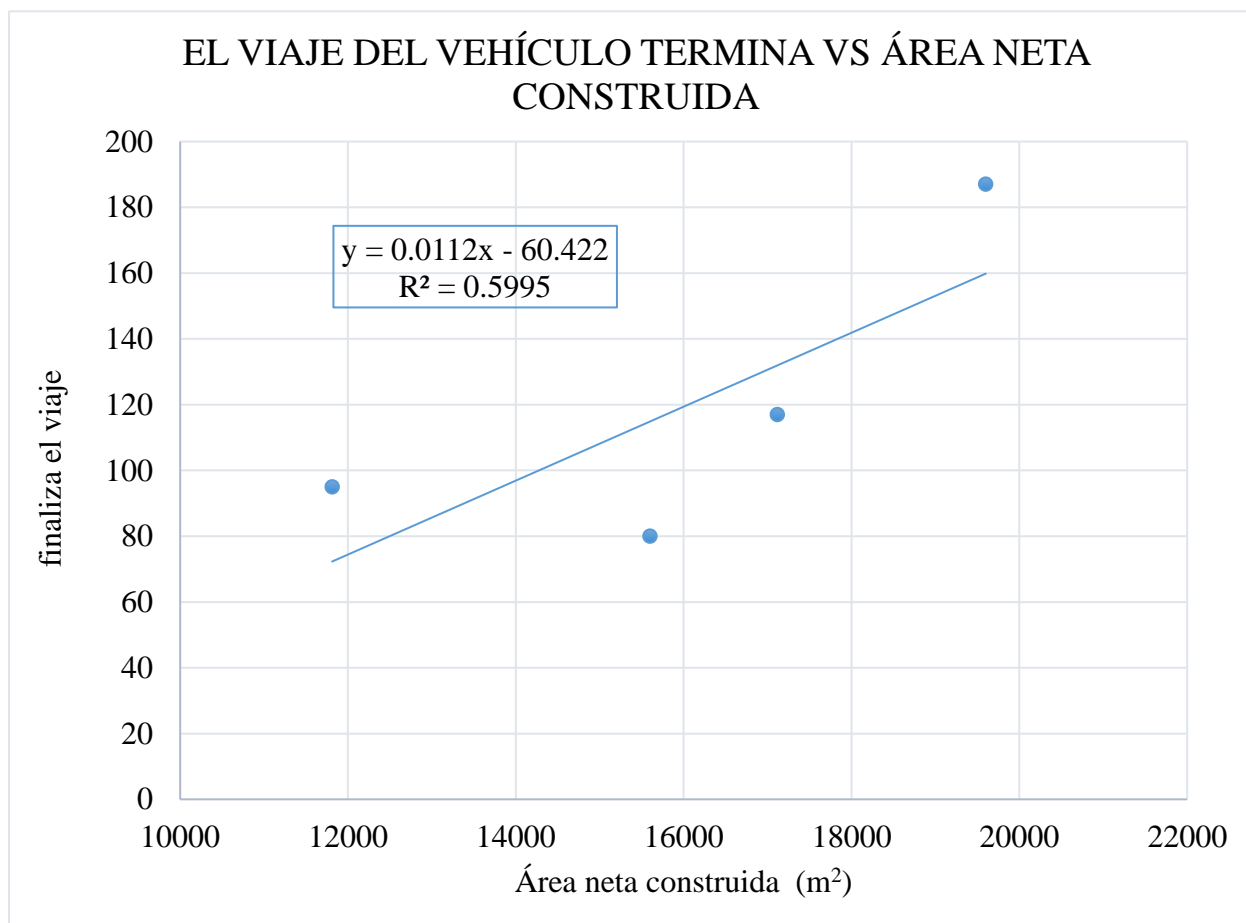
Figura 20. Número de Viajes Vs Área Neta Construida(motocicletas)

USO DEL SUELO RESIDENCIAL

Conjuntos residenciales cerrados		En mes de octubre	
El viaje promedio del vehículo termina Vs		Área neta construida	
En un:		Día entre semana	
Hora pico		Del generador	
Una hora entre:		6:00 am : 8:00 pm	
Número de estudios:		5	
Promedio de áreas		14062	m2
Distribución direccional:		48% Entran	52% Salen
Tasa promedio	Rango de tasas	Desviación estándar	
0.0074	0.0051 - 0.0095	3.7	

Trazado de datos y ecuación

Gráfico



Sitio de estudio :

Sector Pomona, Popayán

Ecuación de la curva ajustada:

$y = 0.0112x - 60.422$

R²

0.5995

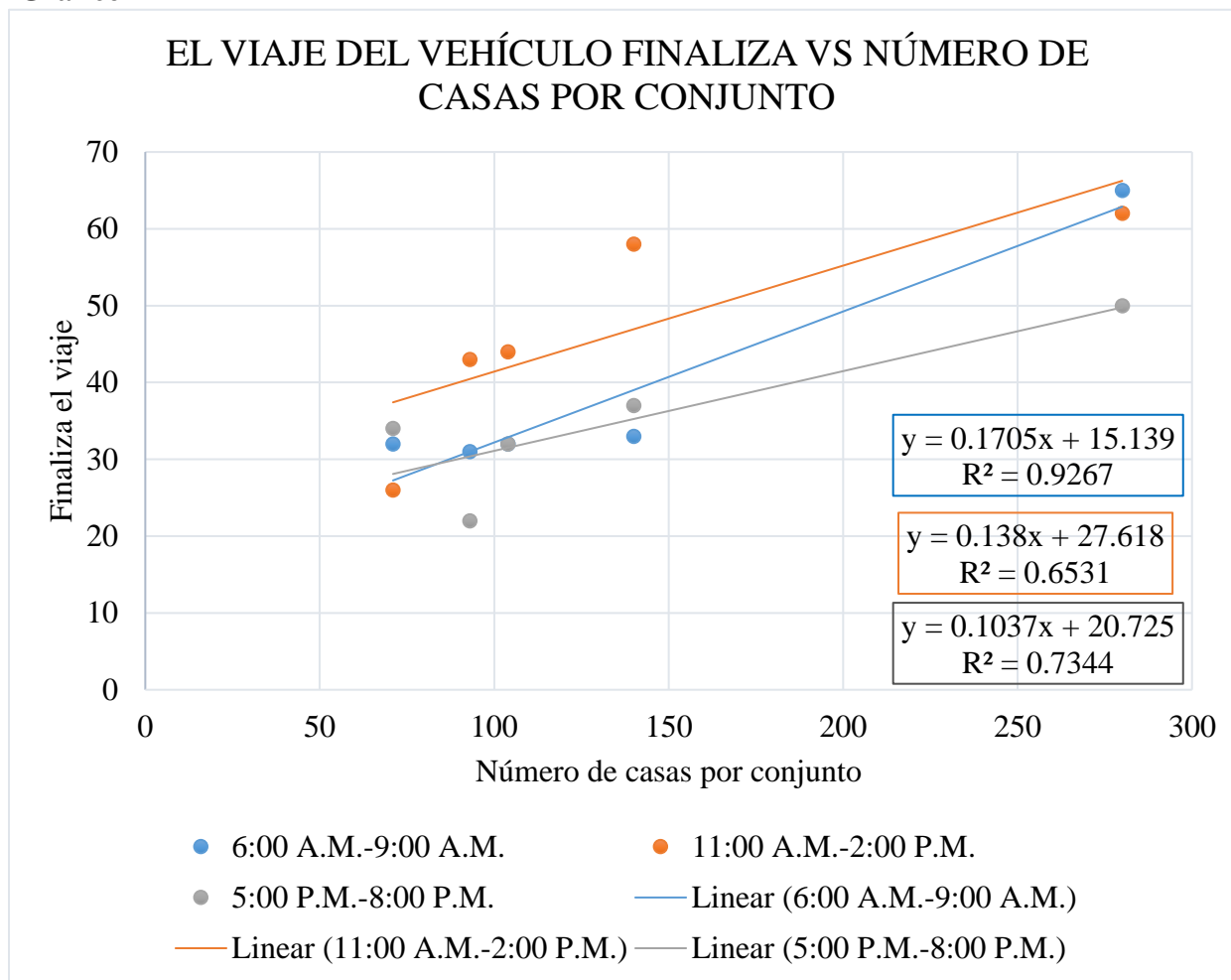
Figura 21. Número de Viajes Vs Área Neta Construida (6 a.m. - 8 p.m.) Motocicletas

Número de viajes Vs número de casas por conjunto

USO DEL SUELO RESIDENCIAL

Conjuntos residenciales cerrados	En mes de octubre	
El viaje promedio del vehículo termina Vs	Número de casas por conjunto	
En un:	Día entre semana	
Hora pico:	Del generador	
Una hora entre:	(6-9) a.m. (11-2) m (5-8) p.m.	
Número de estudios:	5	
Promedio de casas	138	Und

Gráfico



Sitio de estudio:

Sector Pomona, Popayán

	6:00 a.m.- 9:00 a.m.	11:00 a.m. - 2:00 p.m.	5:00 p.m.-8:00 p.m.
Rango de tasas	0.23 - 0.45	0.22 - 0.46	0.18 - 0.48
Tasa promedio	0.31	0.38	0.29
Desviación estándar	2.13	1.87	1.53
Distribución direccional	34% entra-66% sale	46% entra-54% sale	51% entra-49% sale

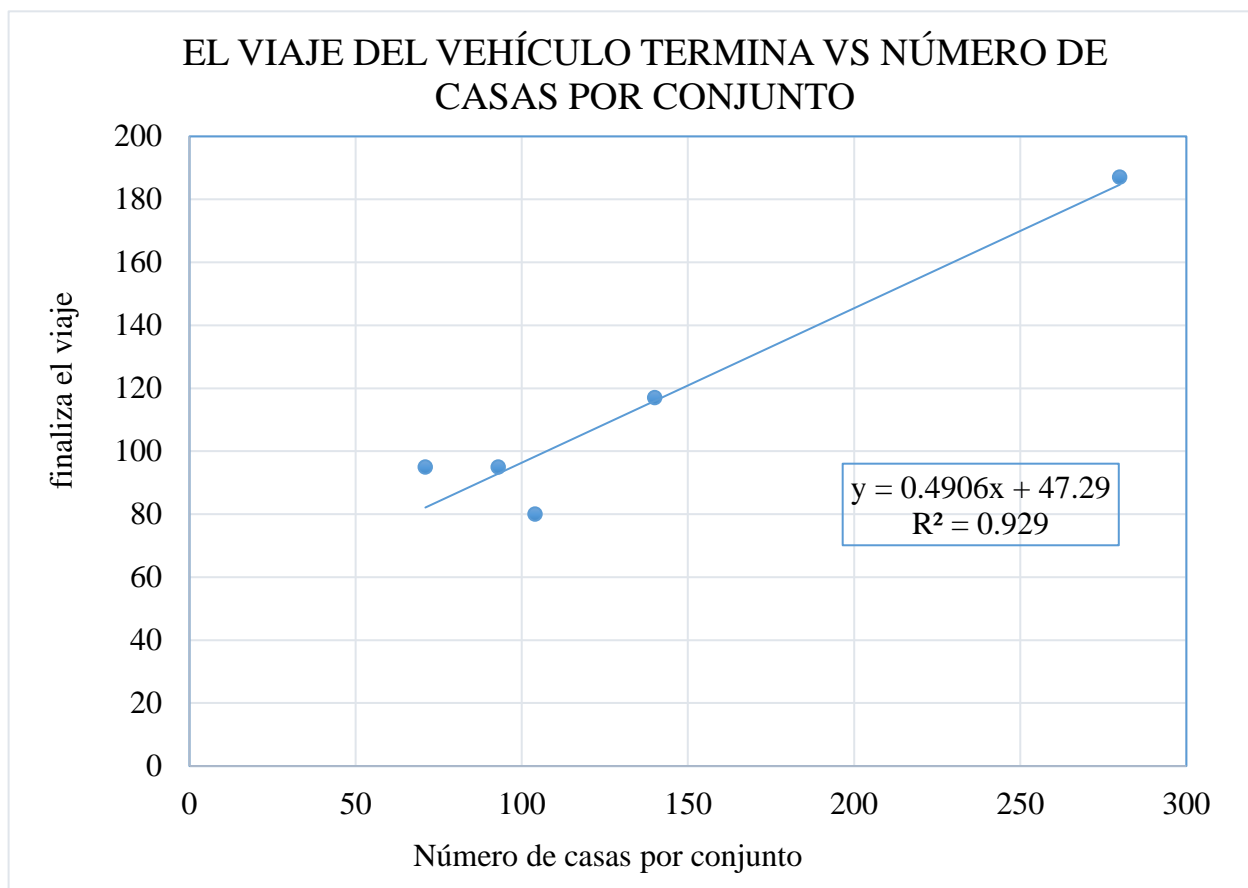
Figura 22. Número de Viajes Vs Número de Casas por Conjunto(motocicletas)

USO DEL SUELO RESIDENCIAL

<p>Conjuntos residenciales cerrados</p> <p>El viaje promedio del vehículo termina Vs</p> <p style="padding-left: 40px;">En un:</p> <p style="padding-left: 80px;">Hora pico</p> <p style="padding-left: 40px;">Una hora entre:</p> <p style="padding-left: 40px;">Número de estudios:</p> <p style="padding-left: 40px;">Promedio de casas</p> <p style="padding-left: 40px;">Distribución direccional:</p> <p>Tasa promedio Rango de tasas</p> <p style="padding-left: 40px;">0.93 0.67 - 1.34</p>	<p style="text-align: center;">En mes de octubre</p> <p>Número de casas por conjunto</p> <p style="padding-left: 40px;">Día entre semana</p> <p style="padding-left: 40px;">Del generador</p> <p style="padding-left: 40px;">6:00 am : 8:00 pm</p> <p style="padding-left: 40px;">5</p> <p>138 und</p> <p>48% Entran 52% Salen</p> <p>Desviación estándar</p> <p style="padding-left: 40px;">3.5</p>
---	--

Trazado de datos y ecuación

Gráfico



Sitio de estudio :

Sector Pomona, Popayán

Ecuación de la curva ajustada:

$y = 0.4906x + 47.29$

R²

0.929

Figura 23. Número de Viajes Vs Número de Casas (6 a.m. - 8 p.m.) Motocicletas

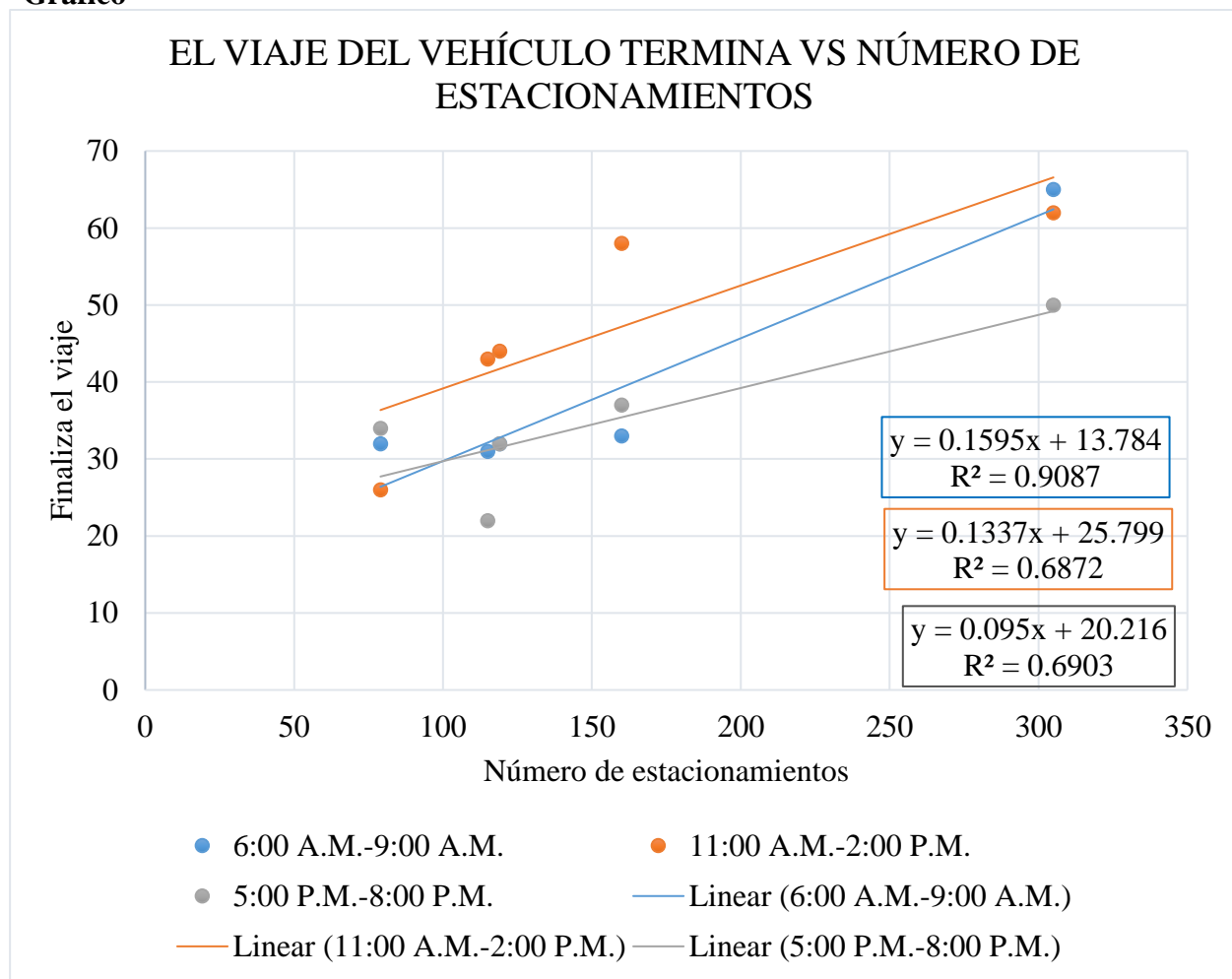
Número de viajes Vs número de estacionamientos

USO DEL SUELO RESIDENCIAL

Conjuntos residenciales cerrados
El viaje promedio del vehículo termina Vs
En un:
Hora pico:
Una hora entre:
Número de estudios:
Promedio estacionamientos

En mes de octubre
Número de estacionamientos
Día entre semana
Del generador
(6-9) a.m. (11-2) m (5-8) p.m.
5
156
Und

Gráfico



Sitio de estudio:

Sector Pomona, Popayán

	6:00 a.m.- 9:00 a.m.	11:00 a.m. - 2:00 p.m.	5:00 p.m.-8:00 p.m.
Rango de tasas	0.21 - 0.41	0.20 - 0.37	0.16 - 0.43
Tasa promedio	0.27	0.33	0.26
Desviación estándar	2.13	1.87	1.53
Distribución direccional	34% entra-66% sale	46% entra-54% sale	51% entra-49% sale

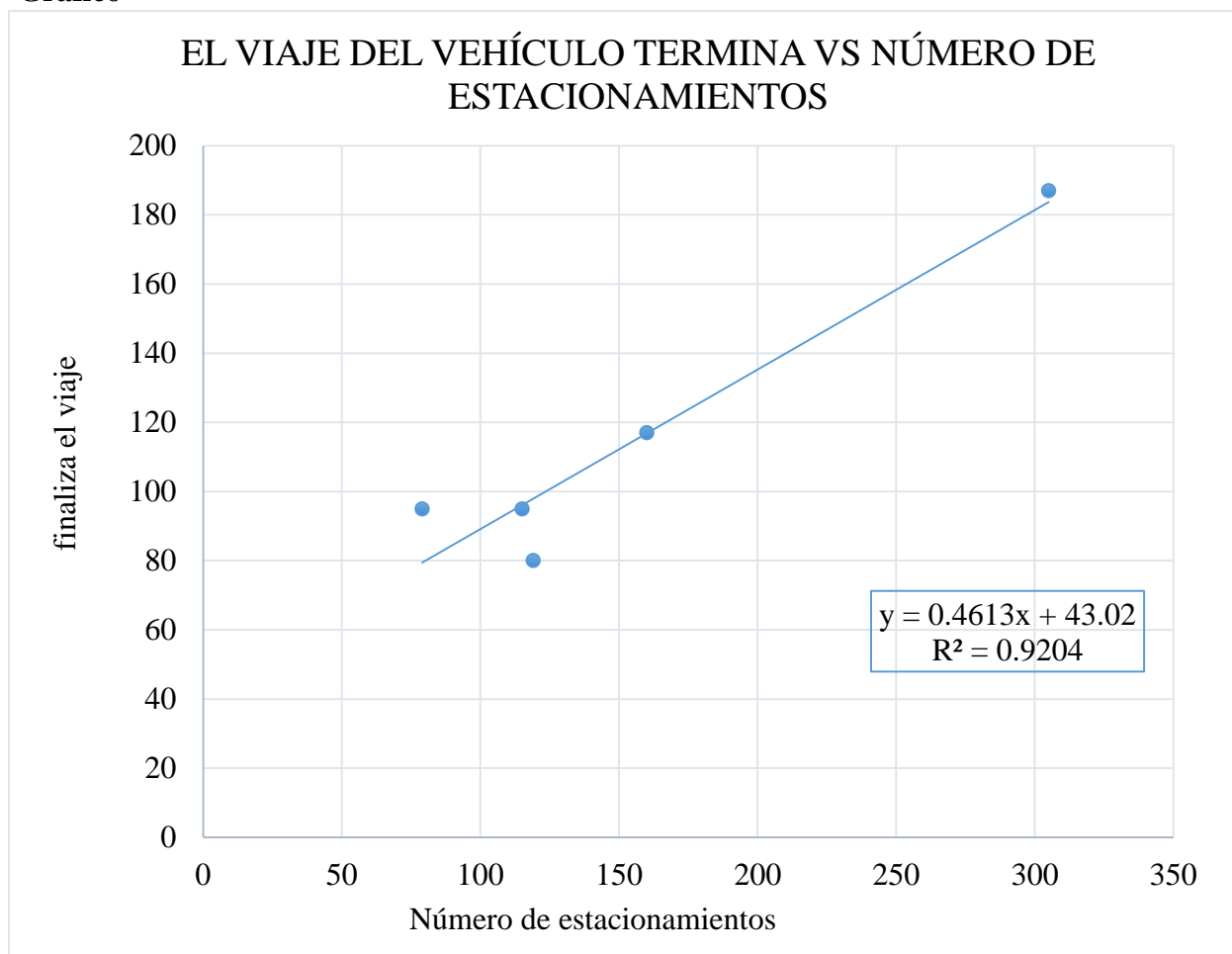
Figura 24. Número de Viajes Vs Número de Estacionamientos (motocicletas)

USO DEL SUELO RESIDENCIAL

Conjuntos residenciales cerrados		En mes de octubre	
El viaje promedio del vehículo termina Vs		Número de estacionamientos	
En un:		Día entre semana	
Hora pico		Del generador	
Una hora entre:		6:00 am : 8:00 pm	
Número de estudios:		5	
Promedio de estacionamientos		156	Und
Distribución direccional:		48% Entran	52% Salen
Tasa promedio	Rango de tasas	Desviación estándar	
0.81	0.81 - 1.20	3.5	

Trazado de datos y ecuación

Gráfico



sitio de estudio :

Sector Pomona, Popayán

ecuación de la curva ajustada:

$y = 0.4613x + 43.02$

R²

0.9204

Figura 25. Número de Viajes Vs Estacionamientos (6 a.m. - 8 p.m.) Motocicletas

Número de viajes Vs densidad

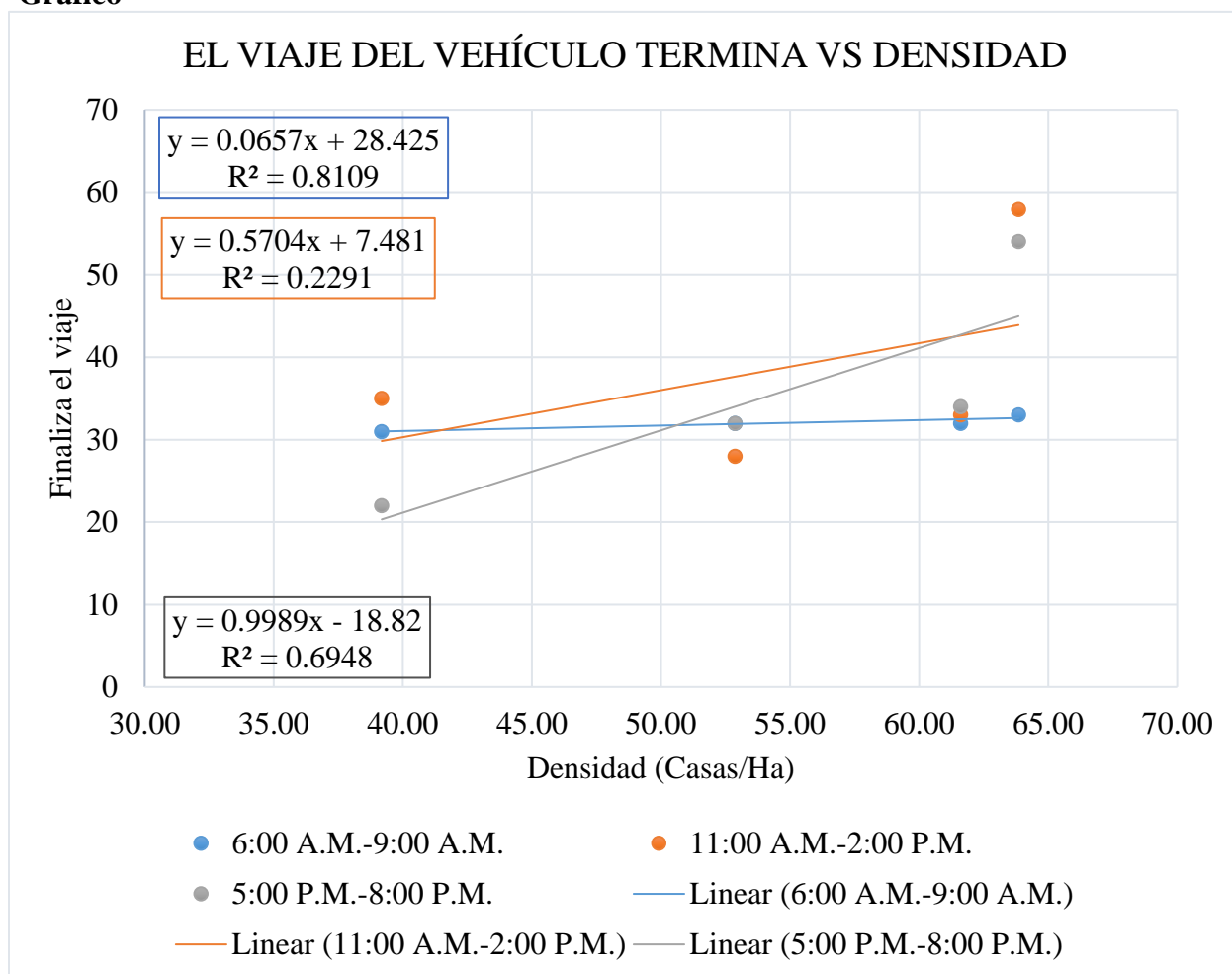
USO DEL SUELO RESIDENCIAL

Conjuntos residenciales cerrados
El viaje promedio del vehículo termina Vs

En un:
Hora pico:
Una hora entre:
Número de estudios:
Densidad promedio

En mes de octubre
Densidad
Día entre semana
Del generador
(6-9) a.m. (11-2) m (5-8) p.m.
5
60.72 Casas/Ha

Gráfico



Sitio de estudio:

Sector Pomona, Popayán

	6:00 a.m.- 9:00 a.m.	11:00 a.m. - 2:00 p.m.	5:00 p.m.-8:00 p.m.
Rango de tasas	0.52 - 0.79	0.53 - 0.91	0.55 - 0.85
Tasa promedio	0.61	0.72	0.64
Desviación estándar	0.13	1.86	1.95
Distribución direccional	34% entra-66% sale	55% entra-45% sale	51% entra-49% sale

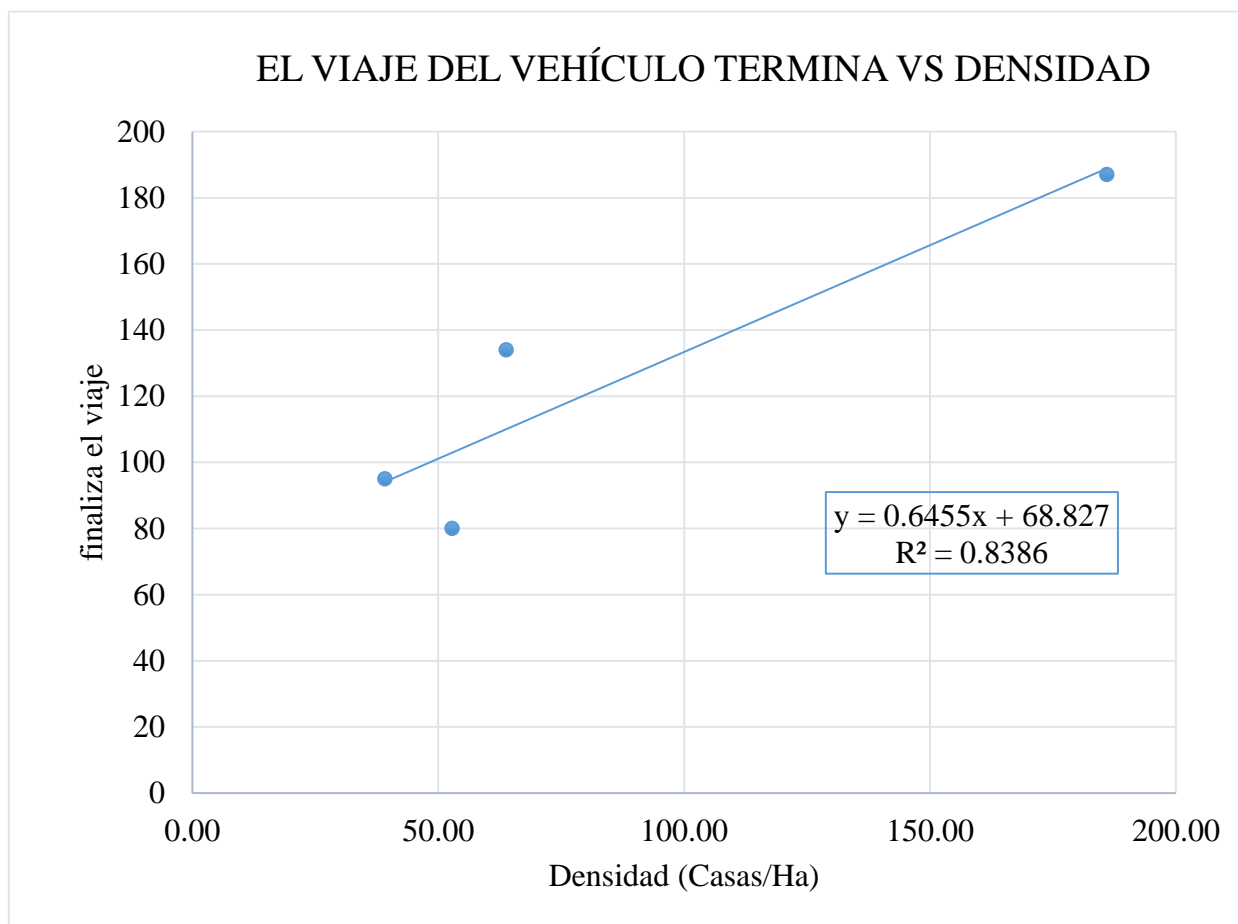
Figura 26. Número de Viajes Vs Densidad (motocicletas)

USO DEL SUELO RESIDENCIAL

Conjuntos residenciales cerrados		En mes de octubre
El viaje promedio del vehículo termina Vs		Densidad
En un:		Día entre semana
Hora pico		Del generador
Una hora entre:		6:00 am : 8:00 pm
Número de estudios:		5
Promedio		60.72 Casas/Ha
Distribución direccional:		44% Entran 56% Salen
Tasa promedio	Rango de tasas	Desviación estándar
1.76	1.76 - 2.42	3.7

Trazado de datos y ecuación

Gráfico



Síto de estudio :

Sector Pomona, Popayán

Ecuación de la curva ajustada:

$y = 0.6455x + 68.827$

R²

0.8386

Figura 27. Número de Viajes Vs Densidad (Casas/Ha) (6 a.m. - 8 p.m.) Motocicletas

Posterior al análisis realizado para las gráficas de automóviles, se procederá a analizar las gráficas obtenidas para motocicletas, para esto la Tabla 14 resume los valores de (R^2) para cada variable independiente estudiada.

VARIABLE INDEPENDIENTE	R² PROMEDIO
Área bruta del lote	0.5886
Área bruta construida	0.8502
Área neta construida	0.7309
Área de cada casa promedio	XXXX
Número de casas por conjunto	0.8108
Número de estacionamientos	0.8017
Densidad	0.6434

Tabla 14. Resumen del Valor de (R^2) Para Cada Variable Independiente (Motocicletas)

Se observa que las todas las variables tienen un coeficiente de determinación mayores a 0.5, lo cual para la clasificación de la Tabla 8, se ubica entre “bueno” y “muy bueno”; según la Tabla 9, se clasifica como “moderada” y “alta”, lo que representa que el modelo es aceptable y que todas las cambiantes son significativas en el cálculo de los viajes generados y atraídos en motocicletas.

Para “área bruta del lote”, (Figura 16 y Figura 17) con un R^2 promedio de 0.5886, “área bruta construida” (Figura 18 y Figura 19) con coeficiente de determinación promedio de 0.8502 y “área neta construida” (Figura 20 y Figura 21) con R^2 promedio de 0.7309 y cada variable con ecuaciones lineales en los cuatro momentos analizados, tasas promedio pequeñas y desviaciones estándar entre 1.53 y 3.89, tienen un comportamiento similar al presentado por los viajes generados en auto, para estas mismas cambiantes, adicionalmente se analiza un valor de R^2 de 0.2494 en la variable “área bruta del lote” en el momento analizado 3 (5:00 p. m a 8:00 p.m.), en cual clasifica como “muy malo” (rojo, 2007) y como “bajo” para (Laguna, 2012), sin embargo se tiene en cuenta en la investigación, debido a que la tendencia de los datos es igual a la de los tres momentos analizados faltantes (lineal).

Los valores de R^2 para área de cada casa no se tiene en cuenta, puesto que sus valores generan gráficas con tendencia a decrecer.

Cuando se observa “número de casas por conjunto” (Figura 22 y Figura 23), esta ofrece tasas promedio desde 0.29 hasta 0.93 con desviaciones estándar entre (1.53 y 3.5), con tendencia lineal que da a entender que los viajes son linealmente independientes al número de casas que tenga un desarrollo, tienen R^2 que oscilan entre (0.6531 – 0.929) y un coeficiente de determinación promedio de 0.8101, clasificado como “alta” o “buena”.

Para “numero de estacionamientos” el comportamiento es similar al de número de casas, con tasas promedio entre (0.26 y 0.81), desviaciones estándar que fluctúan entre 1.53 y 3.5, y coeficiente de determinación promedio de 0.8017 que, para rojo, 2012 se clasificaría como “bueno”.

En “densidad”, las tasas promedio se encuentran entre (0.61 – 1.76), desviaciones estándar que oscilan entre 0.13 y 3.7, con R^2 promedio 0.6434; se percibe que el comportamiento de los viajes en motocicleta para número de casas por conjunto, número de estacionamientos por conjunto y densidad es similar al encontrado para viajes en auto, adicional a esto se presenta un R^2 de 0.2291 en el momento analizado 2 (11:00 a.m. – 2:00 p.m.), se tiene en cuenta en la investigación, porque su tendencia es lineal, igual que en de los 3 momentos analizados sobrantes, los cuales presentan coeficientes de determinación que se mueven entre 0.6948 y 0.8386.

4.3 Gráficas para la estimación de viajes en peatones

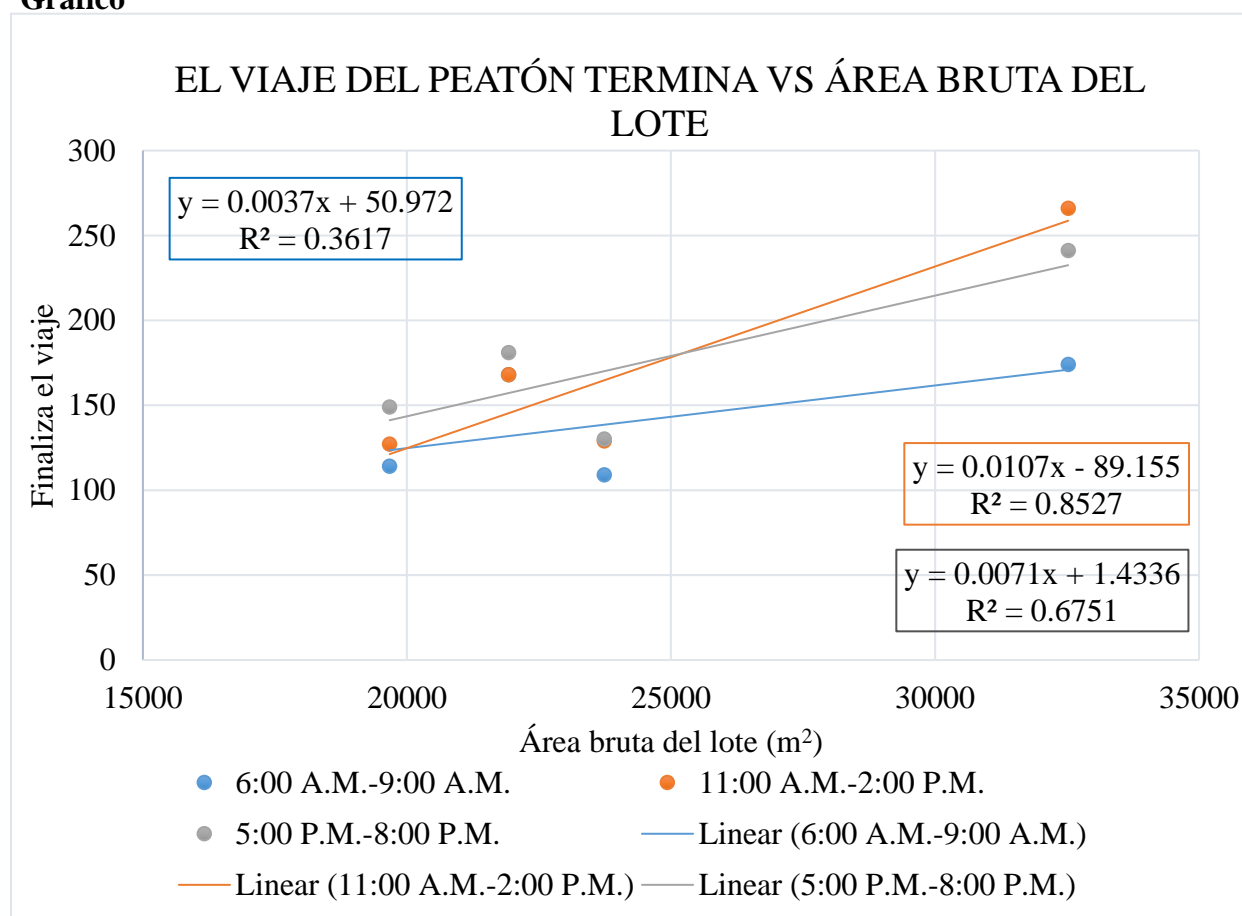
número de viajes Vs área bruta del lote

USO DEL SUELO RESIDENCIAL

Conjuntos residenciales cerrados
El viaje promedio del peatón termina Vs
En un:
Hora pico:
Una hora entre:
Número de estudios:
Promedio de áreas

En mes de octubre
Área bruta del lote
Día entre semana
Del generador
(6-9) a.m. (11-2) m (5-8) p.m.
5
21876 **m²**

Gráfico



Sitio de estudio:

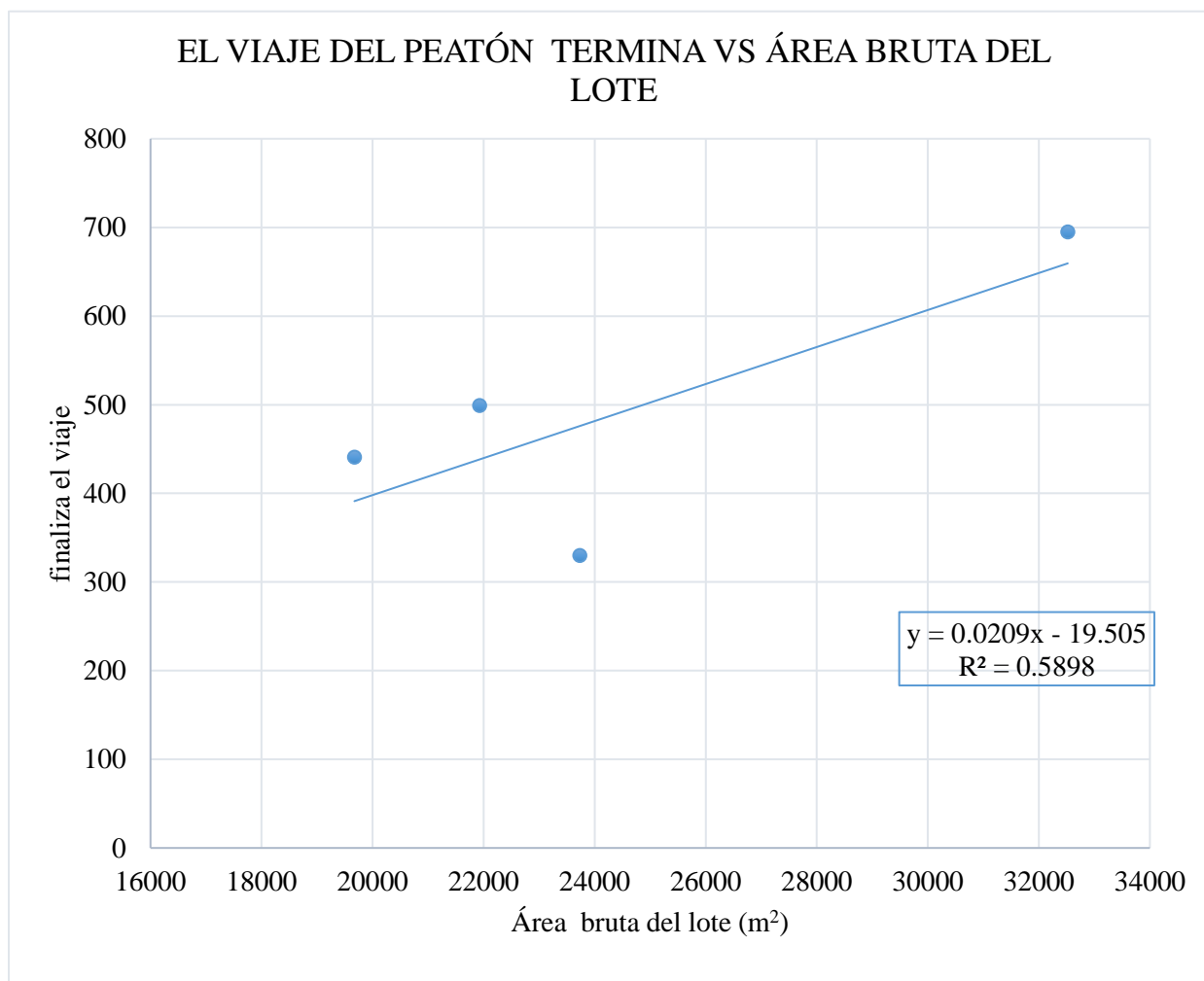
Sector Pomona, Popayán

	6:00 a.m.- 9:00 a.m.	11:00 a.m. - 2:00 p.m.	5:00 p.m.-8:00 p.m.
Rango de tasas	0.0046 - 0.0077	0.0054 - 0.0082	0.0055 - 0.0083
Tasa promedio	0.0058	0.0069	0.0072
Desviación estándar	2.5	4.3	3.2
Distribución direccional	35% entra-65% sale	54% entra-46% sale	49% entra-51% sale

Figura 28. Número de Viajes Vs Área Bruta del Lote (Peatones)

USO DEL SUELO RESIDENCIAL

Conjuntos residenciales cerrados		En mes de octubre
El viaje promedio del peatón termina Vs		Área bruta del lote
En un:		Día entre semana
Hora pico		Del generador
Una hora entre:		6:00 am : 8:00 pm
Número de estudios:		5
Promedio de áreas		21876 m²
Distribución direccional:		47% Entran 53% Salen
Tasa promedio	Rango de tasas	Desviación estándar
0.02	0.014 - 0.023	6



Sitio de estudio : Sector Pomona, Popayán

Ecuación de la curva ajustada: $y = 0.0209x - 19.505$

R² 0.5898

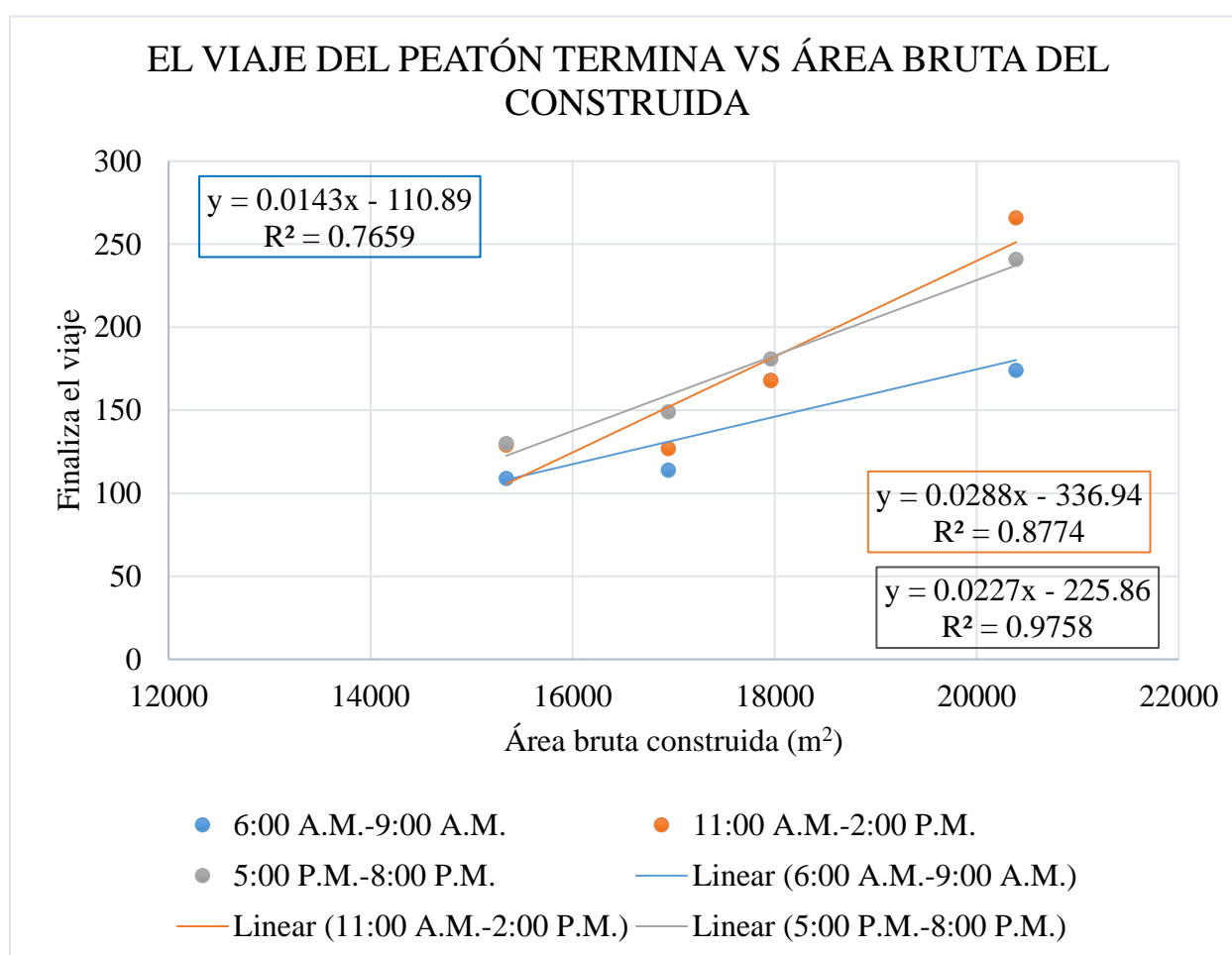
Figura 29. Número de Viajes Vs Área Bruta del Lote (6 a.m. - 8 p.m.) Peatones

Número de viajes Vs área bruta construida

USO DEL SUELO RESIDENCIAL

Conjuntos residenciales cerrados	En mes de octubre
El viaje promedio del peatón termina Vs	Área bruta construida
En un:	Día entre semana
Hora pico:	Del generador
Una hora entre:	(6-9) a.m. (11-2) m (5-8) p.m.
Número de estudios:	5
Promedio de áreas	16193 m²

Gráfico



Sitio de estudio:

Sector Pomona, Popayán

	6:00 a.m.- 9:00 a.m.	11:00 a.m. - 2:00 p.m.	5:00 p.m.-8:00 p.m.
Rango de tasas	0.0071 - 0.0094	0.0075 - 0.013	0.0085 - 0.012
Tasa promedio	0.0079	0.0096	0.0098
Desviación estándar	2.5	4.3	3.2
Distribución direccional	35% entra-65% sale	54% entra-46% sale	49% entra-51% sale

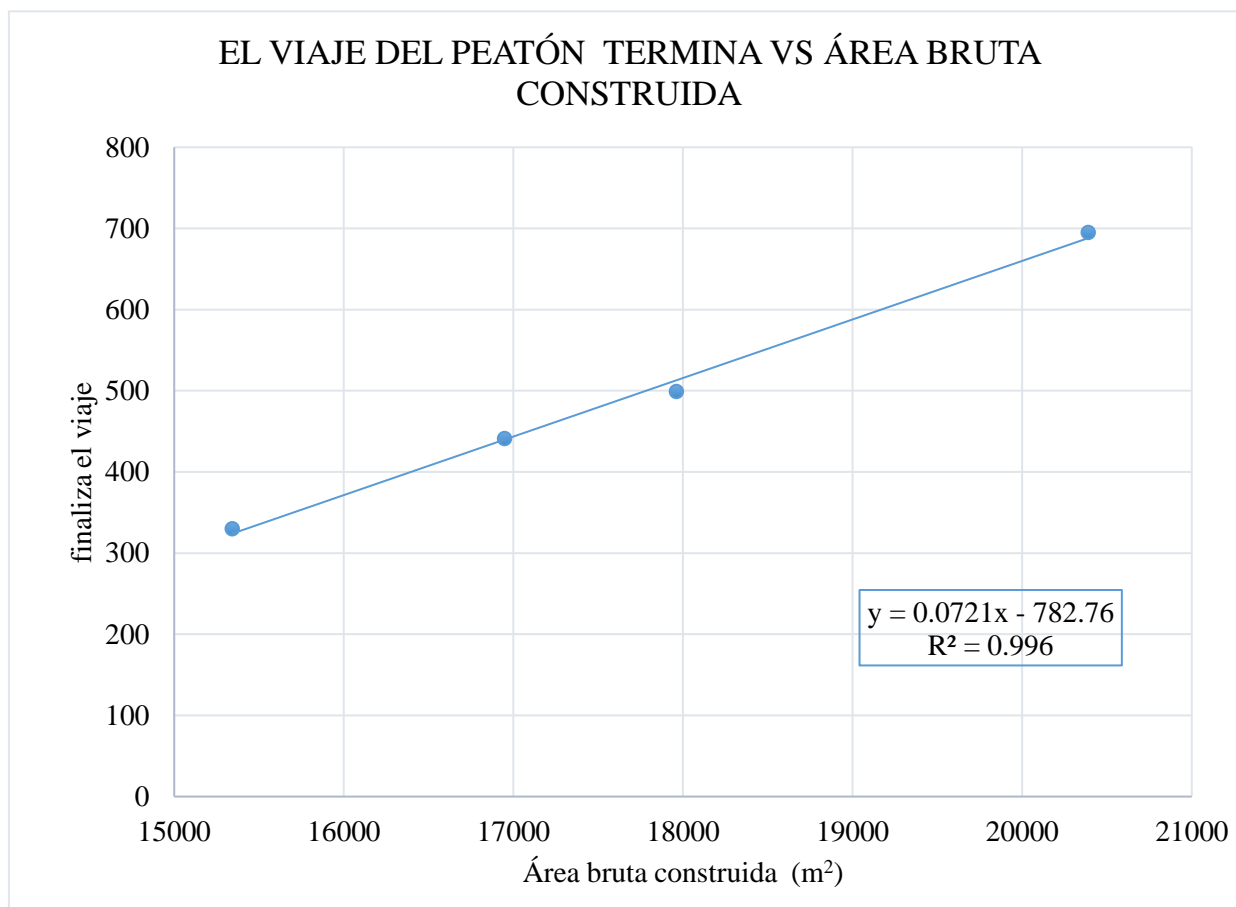
Figura 30. Número de Viajes Vs Área Bruta Construida (Peatones)

USO DEL SUELO RESIDENCIAL

Conjuntos residenciales cerrados		En mes de octubre
El viaje promedio del peatón termina Vs		Área bruta construida
En un:		Día entre semana
Hora pico		Del generador
Una hora entre:		6:00 am : 8:00 pm
Número de estudios:		5
Promedio de áreas		16193 m²
Distribución direccional:		47% Entran 53% Salen
Tasa promedio	rango de tasas	Desviación estándar
0.27	0.022 - 0.034	6

Trazado de datos y ecuación

Gráfico



Sitio de estudio : Sector Pomona, Popayán

Ecuación de la curva ajustada: $y = 0.0721x - 782.76$

R² 0.996

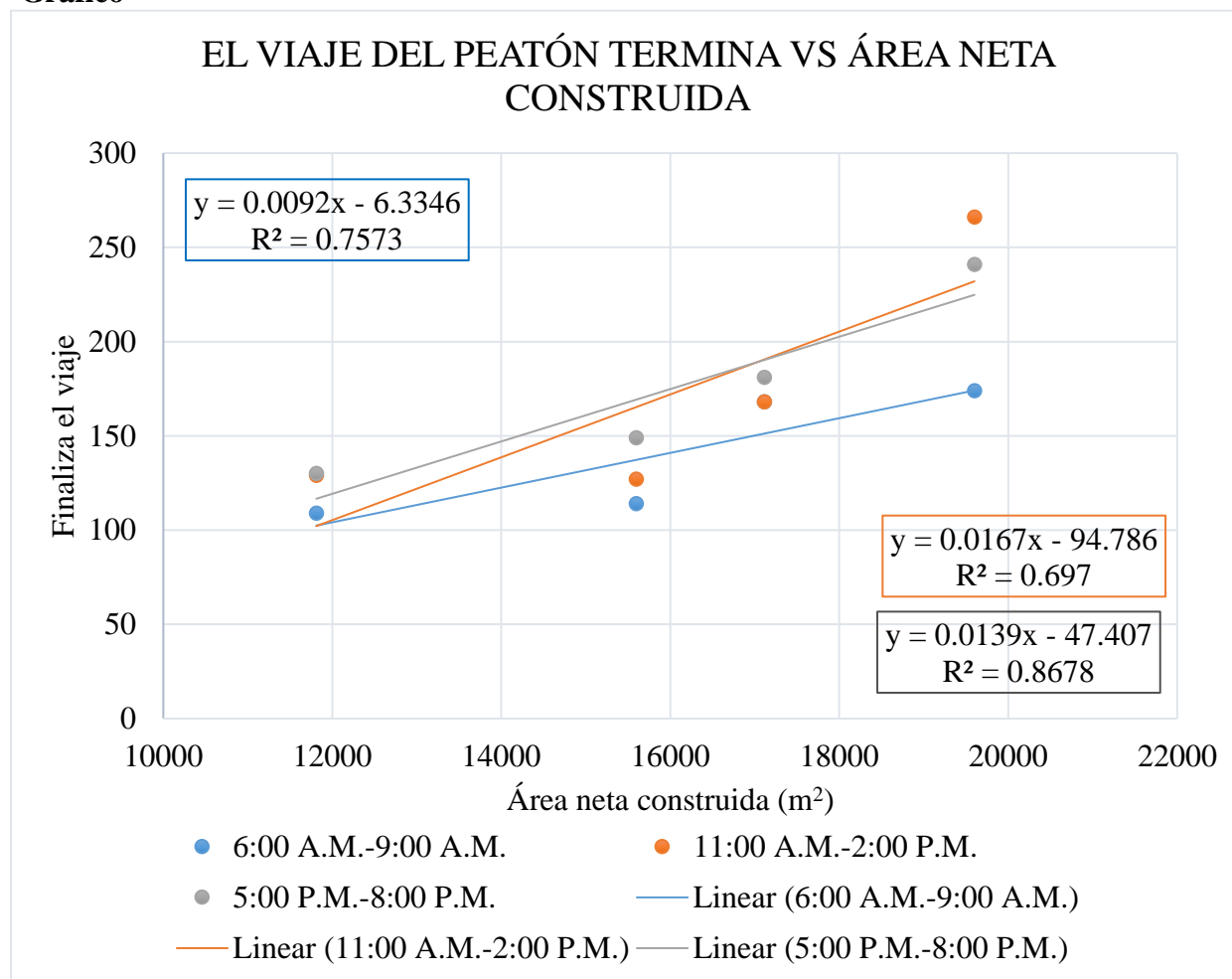
Figura 31. Número de Viajes Vs Área Bruta Construida (6 a.m. - 8 p.m.) Peatones

Número de viajes Vs área neta construida

USO DEL SUELO RESIDENCIAL

Conjuntos residenciales cerrados	En mes de octubre
El viaje promedio del peatón termina Vs	Área neta construida
En un:	Día entre semana
Hora pico:	Del generador
Una hora entre:	(6-9) a.m. (11-2) m (5-8) p.m.
Número de estudios:	5
Promedio de áreas	14062 m²

Gráfico



Sitio de estudio:

Sector Pomona, Popayán

	6:00 a.m.- 9:00 a.m.	11:00 a.m. - 2:00 p.m.	5:00 p.m.-8:00 p.m.
Rango de tasas	0.0073 - 0.0098	0.0081 - 0.0136	0.0096 - 0.0123
Tasa promedio	0.0088	0.0106	0.0109
Desviación estándar	2.5	4.3	3.2
Distribución direccional	35% entra-65% sale	54% entra-46% sale	49% entra-51% sale

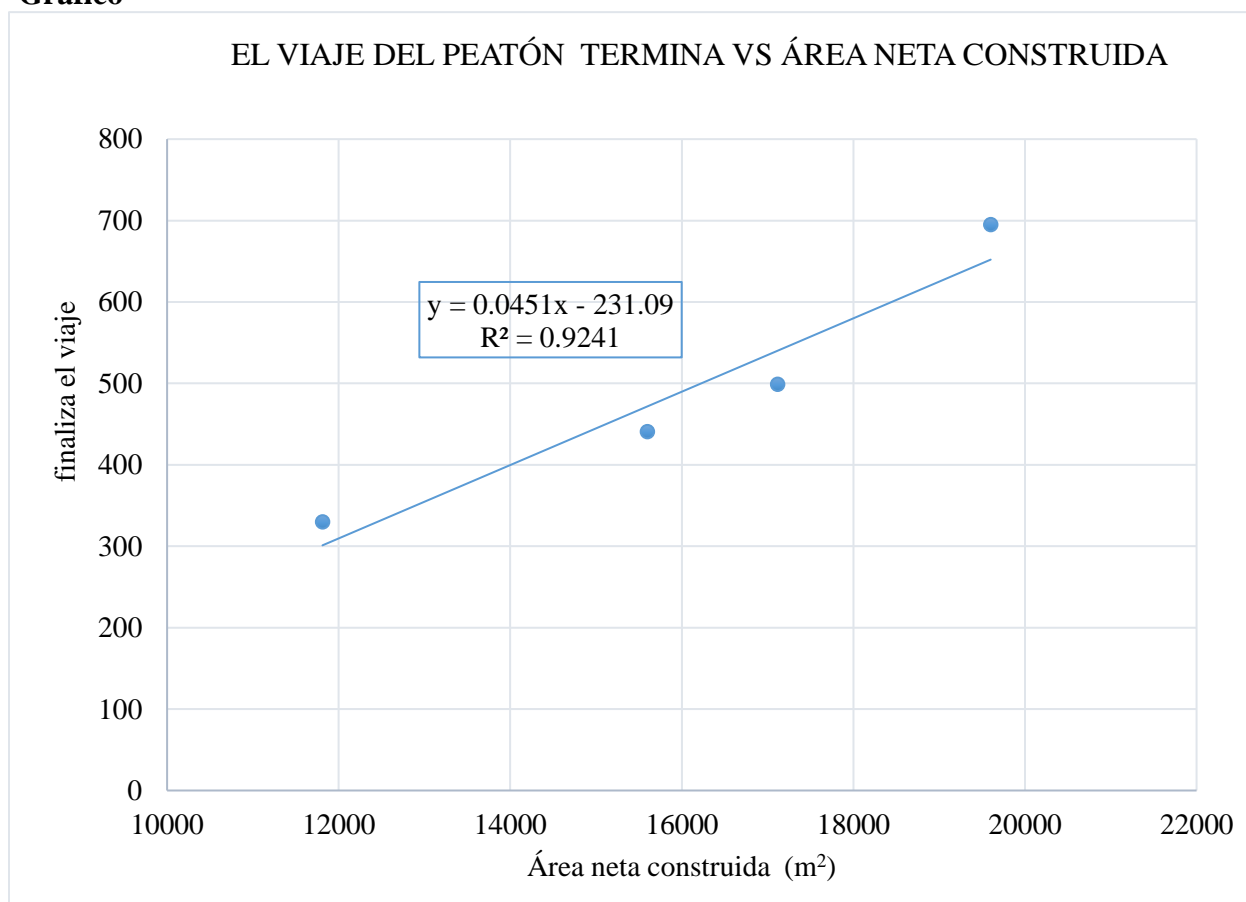
Figura 32. Número de Viajes Vs Área Neta Construida (Peatones)

USO DEL SUELO RESIDENCIAL

Conjuntos residenciales cerrados		En mes de octubre
El viaje promedio del peatón termina Vs		Área neta construida
En un:		Día entre semana
Hora pico		Del generador
Una hora entre:		6:00 am : 8:00 pm
Número de estudios:		5
Promedio de áreas		14062 m²
Distribución direccional:		47% Entran 53% Salen
Tasa promedio	Rango de tasas	Desviación estándar
0.03	0.028 - 0.036	6

Trazado de datos y ecuación

Gráfico



Sitio de estudio :

Sector Pomona, Popayán

Ecuación de la curva ajustada:

$$y = 0.0451x - 231.09$$

R²

0.9241

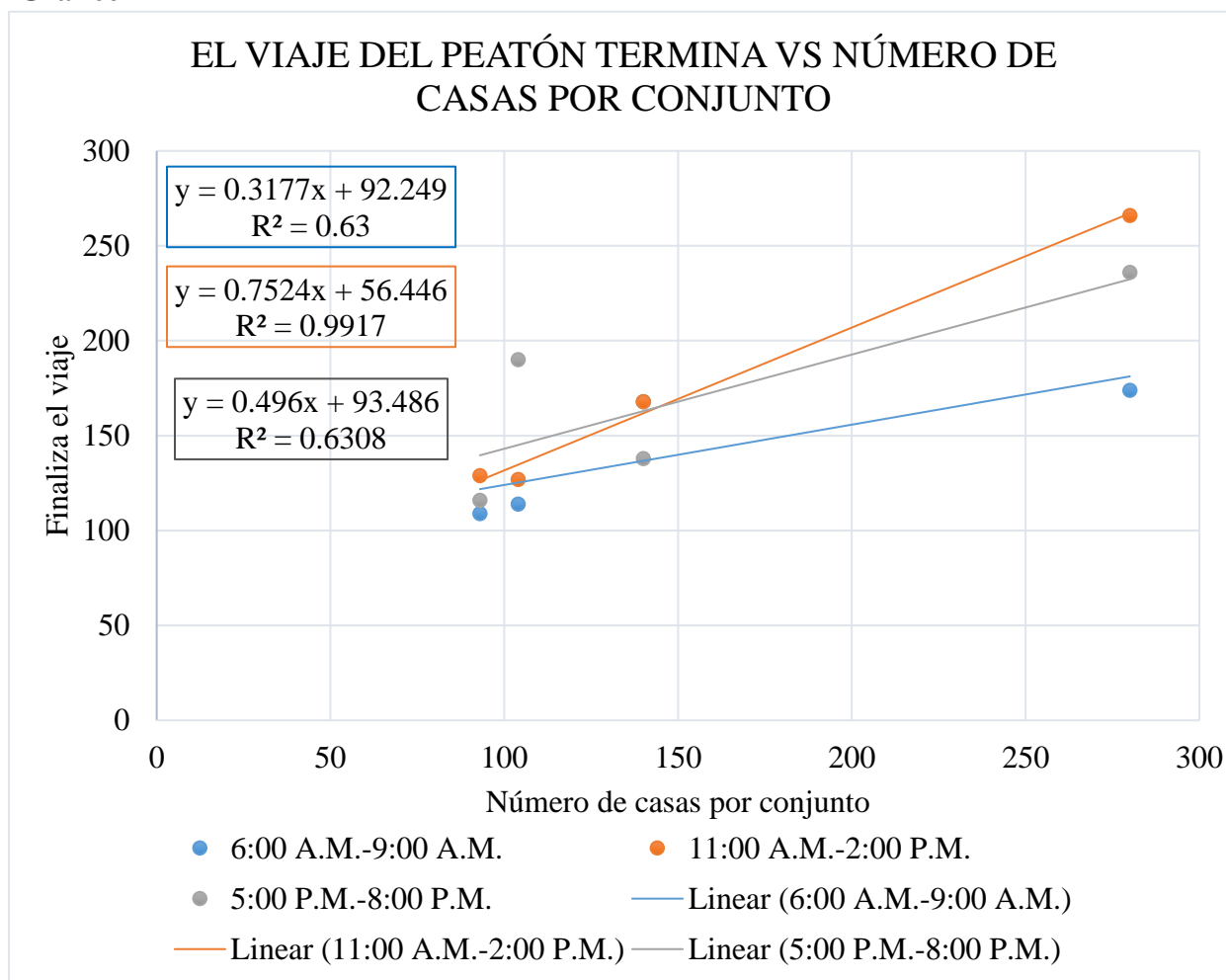
Figura 33. Número de Viajes Vs Área Neta Construida (6 a.m. - 8 p.m.) Peatones

Número de viajes Vs número de casas por conjunto

USO DEL SUELO RESIDENCIAL

Conjuntos residenciales cerrados	En mes de octubre	
El viaje promedio del peatón termina Vs	Número total de casa	
En un:	Día entre semana	
Hora pico:	Del generador	
Una hora entre:	(6-9) a.m. (11-2) m (5-8) p.m.	
Número de estudios:	5	
Promedio de casas	138	Und

Gráfico



Sitio de estudio:

Sector Pomona, Popayán

	6:00 a.m.- 9:00 a.m.	11:00 a.m. - 2:00 p.m.	5:00 p.m.-8:00 p.m.
Rango de tasas	0.62 - 1.2	0.95 - 1.39	0.84 - 1.83
Tasa promedio	1.02	1.19	1.23
Desviación estándar	2.51	4.3	3.6
Distribución direccional	35% entra-65% sale	54% entra-46% sale	50% entra-50% sale

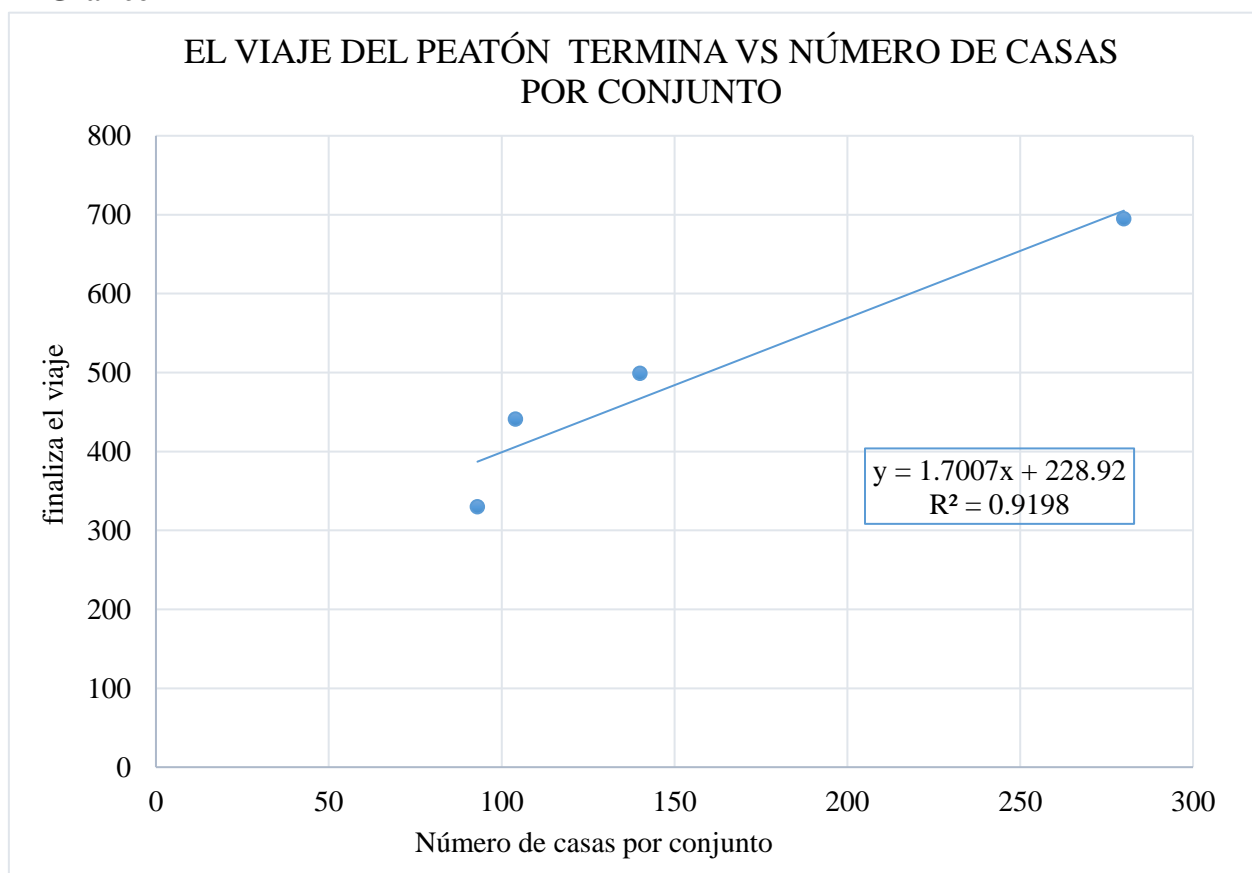
Figura 34. Número de Viajes Vs Número de Casa por Conjunto (Peatones)

USO DEL SUELO RESIDENCIAL

Conjuntos residenciales cerrados		En mes de octubre	
El viaje promedio del peatón termina Vs		Número total de casas	
En un:		Día entre semana	
Hora pico		Del generador	
Una hora entre:		6:00 am : 8:00 pm	
Número de estudios:		5	
Promedio de casas		138	Und
Distribución direccional:		47% Entran	53% Salen
Tasa promedio	Rango de tasas	Desviación estándar	
3.46	2.48 - 4.24	6	

Trazado de datos y ecuación

Gráfico



Sitio de estudio :

Sector Pomona, Popayán

Ecuación de la curva ajustada:

$y = 1.7007x + 228.92$

R²

0.9198

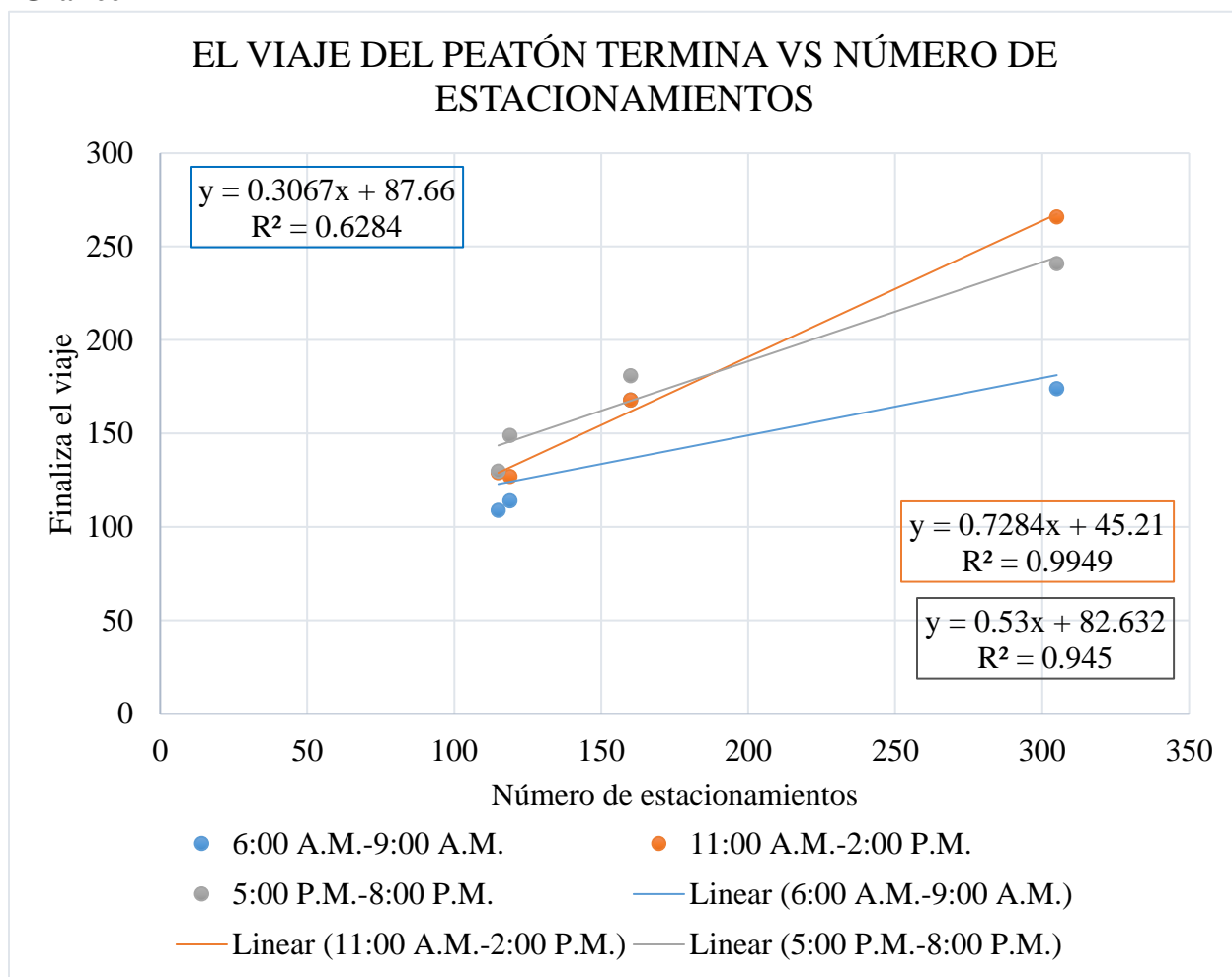
Figura 35. Número de Viajes Vs Número de Casas (6 a.m. - 8 p.m.) Peatones

Número de viajes Vs número de estacionamientos

USO DEL SUELO RESIDENCIAL

Conjuntos residenciales cerrados	En mes de octubre
El viaje promedio del peatón termina Vs	Número de estacionamientos
En un:	Día entre semana
Hora pico:	Del generador
Una hora entre:	(6-9) a.m. (11-2) m (5-8) p.m.
Número de estudios:	5
Promedio estacionamientos	156 Und

Gráfico



Sitio de estudio:

Sector Pomona, Popayán

	6:00 a.m.- 9:00 a.m.	11:00 a.m. - 2:00 p.m.	5:00 p.m.-8:00 p.m.
Rango de tasas	0.57 - 1.05	0.87 - 1.12	0.79 - 1.25
Tasa promedio	0.88	1.03	1.08
Desviación estándar	2.5	4.3	3.2
Distribución direccional	35% entra-65% sale	54% entra-46% sale	49% entra-61% sale

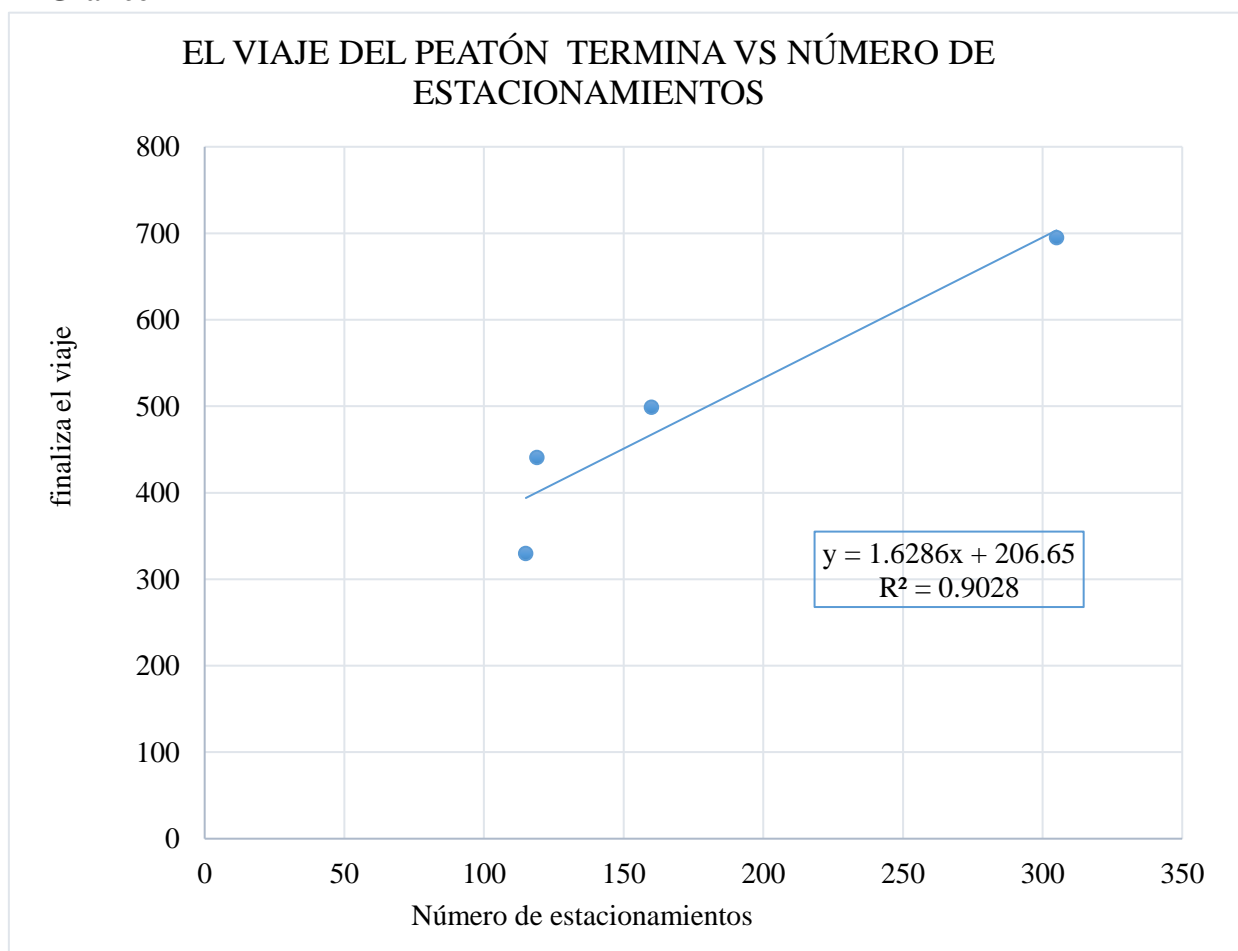
Figura 36. Número de Viajes Vs Número de Estacionamientos (Peatonos)

USO DEL SUELO RESIDENCIAL

Conjuntos residenciales cerrados		En mes de octubre	
El viaje promedio del peatón termina Vs		Estacionamientos	
En un:		Día entre semana	
Hora pico		Del generador	
Una hora entre:		6:00 am : 8:00 pm	
Número de estudios:		5	
Promedio de estacionamientos		156	und
Distribución direccional:		47% Entran	53% Salen
Tasa promedio	Rango de tasas	Desviación estándar	
3	2.28 - 3.71	6	

Trazado de datos y ecuación

Gráfico



Sitio de estudio :

sector Pomona, Popayán

Ecuación de la curva ajustada:

$$y = 1.6286x + 206.65$$

R²

0.9028

Figura 37. Número de Viajes Vs Estacionamientos (6 a.m. - 8 p.m.) Peatones

Número de viajes Vs densidad

USO DEL SUELO RESIDENCIAL

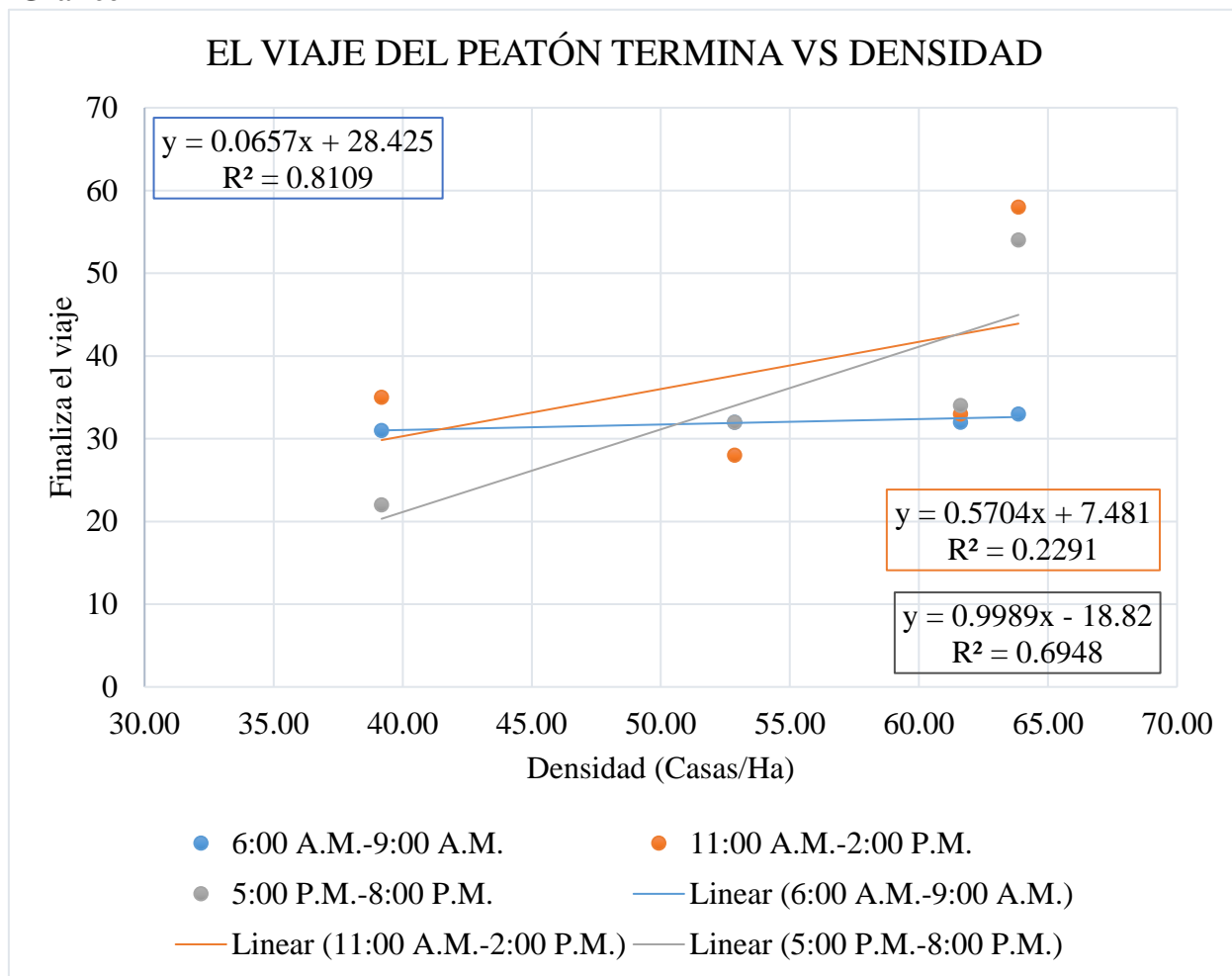
Conjuntos residenciales cerrados
El viaje promedio del peatón termina Vs

En mes de octubre
Densidad
Día entre semana
Del generador
(6-9) a.m. (11-2) m (5-8) p.m.

En un:
Hora pico:
Una hora entre:
Número de estudios:
Densidad promedio

60.72 Casas/Ha

Gráfico



Sitio de estudio:

Sector Pomona, Popayán

	6:00 a.m.- 9:00 a.m.	11:00 a.m. - 2:00 p.m.	5:00 p.m.-8:00 p.m.
Rango de tasas	0.52 - 0.79	0.53 - 0.91	0.55 - 0.85
Tasa promedio	0.61	0.72	0.64
Desviación estándar	0.13	1.86	1.95
Distribución direccional	34% entra-66% sale	54% entra-46% sale	49% entra-51% sale

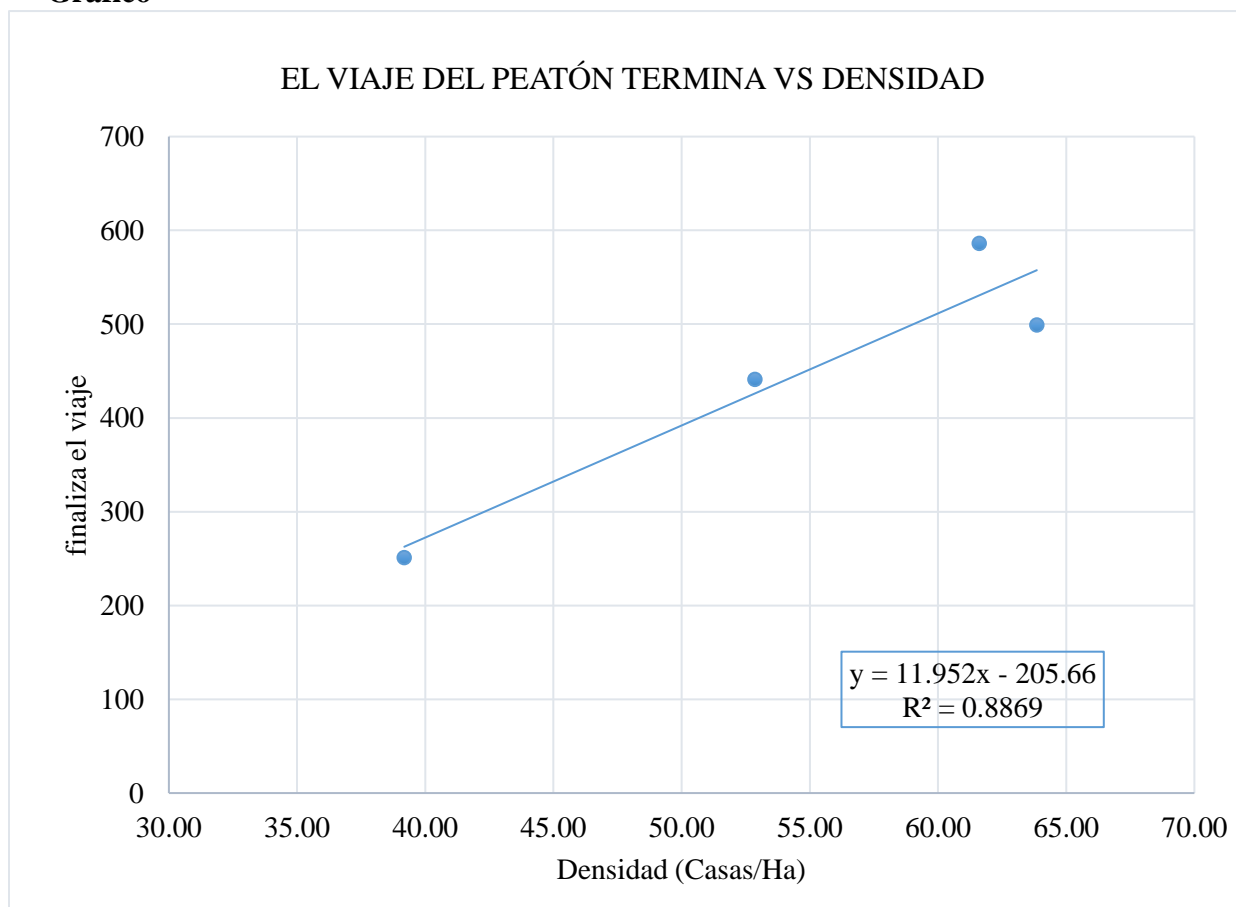
Figura 38. Número de Viajes Vs Densidad (Peatones)

USO DEL SUELO RESIDENCIAL

Conjuntos residenciales cerrados		En mes de octubre	
El viaje promedio del peatón termina Vs		Densidad	
En un:		Día entre semana	
Hora pico		Del generador	
Una hora entre:		6:00 am : 8:00 pm	
Número de estudios:		5	
Promedio		60.72	casas/ha
Distribución direccional:		47% Entran	53% Salen
Tasa promedio	Rango de tasas	Desviación estándar	
8.02	6.41 - 9.50	5.8	

Trazado de datos y ecuación

Gráfico



Sitio de estudio :

Sector Pomona, Popayán

Ecuación de la curva ajustada:

$y = 11.952x - 205.66$

R²

0.8869

Figura 39. Número de Viajes Vs Densidad (Casas/Ha) (6 a.m. - 8 p.m.) Peatones

Como análisis final se tienen las gráficas para peatones, para las cuales se presenta un resumen en la Tabla 15, en la cual se muestra como las variables se ajunta al modelo propuesto por la investigación:

VARIABLE INDEPENDIENTE	R² PROMEDIO
Área bruta del lote	0.6198
Área bruta construida	0.9038
Área neta construida	0.8116
Área de cada casa promedio	XXXX
Número de casas por conjunto	0.7931
Número de estacionamientos	0.8678
Densidad	0.6554

Tabla 15. Resumen del Valor de (R²) Para Cada Variable Independiente Peatones

En el análisis para la variable “área bruta del lote”, (Figura 28 y Figura 29) estas presentan tasas promedio que varían entre (0.002 – 0.0072), desviaciones estándar entre (2.5 – 6.0), una tendencia lineal y un coeficiente de determinación promedio de 0.6198, que según la clasificación de la Tabla 8 es “bueno”; se debe tener en cuenta que en esta cambiante, se presenta un R² de 0.3617 en el primer momento analizado (6:00 a.m. – 9:00 a.m.), el cual se tiene en cuenta porque su tendencia es igual al de los momentos analizados sobrantes (lineal).

Para “área bruta construida” (Figura 30 y Figura 31), se presenta una tendencia lineal, para los cuatro momentos analizados (mañana, medio día, la noche y para un día de la semana), con tasas promedio que varían entre 0.0079 y 0.27, las desviaciones estándar fluctúan entre (2.5 – 6.0) y presentan R² promedio de 0.9038, que se clasifica como “muy bueno”; este comportamiento se repite en la cambiante “área neta construida”(Figura 32 y Figura 33), con valores tasa promedio y desviación estándar promedio que están entre (0.0088- 0.03) y (2.5 – 6.0), respectivamente, y con valor de coeficiente de determinación promedio de 0.8116.

Para “área promedio de cada casa”, no se tienen en cuenta, ya que generan líneas con pendiente negativa.

En “número de casa por conjunto” y “número de estacionamientos por conjunto”, el comportamiento presentado es similar en los momentos analizados, gráficas con tendencia lineal y coeficiente de correlación promedio de 0.7931 y 0.8678, respectivamente, las tasas de variación promedio están entre (1.02 – 3.46) para número de casa por conjunto y (0.88 – 3.71) para número de estacionamientos, se generan desviaciones estándar promedio de (2.5 -6.0) para ambas variables independientes.

Por último, se analiza la cambiante “densidad” (Figura 38 y Figura 39), la cual presenta tasas promedio entre (0.61 – 8.02), desviaciones estándar entre (0.13 - 5.8), coeficiente de determinación promedio 0.6554 y tendencia lineal, se genera un R^2 de 0.2291, en el momento analizado número dos (11:00 a.m. – 2:00 p.m.), que se tiene en cuenta, debido a que su tendencia es lineal al igual al de los tres momentos analizados sobrantes de la cambiante.

Capítulo 5. Conclusiones y recomendaciones

Este capítulo dispone de una serie de conclusiones a partir de los análisis antes realizados, brinda recomendaciones para que el trabajo sea más eficiente y pueda generar impacto positivo en la sociedad.

5.1 Conclusiones

- Se puede concluir que la hipótesis es correcta, el modelo de estimación de generación y atracción de viajes para uso de suelo habitacional de manual de generación del ITE, no es aplicable a la ciudad de Popayán, debido a que en la comparación para la cambiante “número de casas por conjunto promedio”, las pendientes para los viajes en Popayán son mayores.
- Se tiene que las variables independientes que mejor se ajustan al modelo presentado por esta investigación son:
 - Área bruta construida, área neta construida, número de casas por conjunto y número de estacionamientos para vehículos.
 - Área bruta construida, número de casas por conjunto y número de estacionamientos para motocicletas.
 - Área bruta construida, área neta construida y número de estacionamientos para peatones.
- Para autos, se puede concluir que en las variables “área neta construida” uno de los momentos tiene un coeficiente de determinación menor a 0.5 y que a pesar de esto, se tiene en cuenta porque presenta la tendencia de los momentos analizados sobrantes, este análisis se hace para esta misma cambiante en motocicletas en el momento analizado tres y peatones momento analizado uno, esto con el supuesto de que; “ en caso de

aumentar la base de datos este coeficiente de determinación aumente o la línea de tendencia cambie”.

- Para la variable densidad, en el análisis para motocicletas y peatones momento analizado dos, también se presentan R^2 menores a 0.5, los cuales se tienen en cuenta por la misma razón y bajo los mismos supuestos del punto anterior.
- Se puede establecer que para esta investigación la tendencia de las gráficas es lineal, mientras que en el manual son lineales y ecuaciones transformadas con logaritmos neperianos, se hace de esta manera para lineal-izar las curvas y así hacer más cómoda la toma de valores usando la curva.
- Se concluye que se debe aumentar el número de desarrollos estudiados, con el fin de disminuir la variabilidad en los datos y con estos aminorar la desviación estándar.
- El trabajo presentado es de utilidad en los desarrollos existentes y de construcción futura en la ciudad, para la estimación de viajes generados y atraídos que cuenten con características socio-económicas similares a las analizadas, a partir de estos se pueden tomar medidas para adecuar las entradas y salidas de dichos desarrollos, con esto se busca disminuir los embotellamientos en las respectivas horas pico, ayudar a que el tránsito no se desestabilice y que las personas reduzcan el estrés al manejar sus vehículos o al desarrollar una caminata.
- Como conclusión final se observa que los valores de R^2 promedio tanto para autos, motocicletas y peatones, se pueden clasificar:
 - Según Rojo, 2007 (Tabla 8) como “bueno” y “muy bueno”.
 - Mientras que para Laguna, 2012 (Tabla 9) están entre “moderada” y “alta”.

5.2 Recomendaciones

- La información recolectada para el uso de suelo correspondiente a “residencial” es el inicio de una base de datos para que en el futuro no se utilice la que aporta el ITE, dado que, como se notó hay una variación considerable en cuanto a los valores de tasa promedio, rango de tasas y ecuaciones que mejor se ajustan para la ciudad de Popayán en relación con los propuestos por Estados Unidos.
- Con la ayuda del manual de generación elaborar un modelo que sea aplicable al país, y con esto aportar para que el tránsito en las vías adyacentes a los desarrollos mejore.
- Elaborar tasas de generación y atracción de viajes con un número mayor de estudios, para que la desviación estándar disminuya y los resultados sean aún más confiables.
- Extender estos modelos a diferentes usos del suelo como lo son, industria, deporte, educación, el turismo, entre otros. Para que la movilidad sea sostenible en el tiempo.
- Generar conciencia en los estudiantes desde el inicio de la carrera sobre la importancia que tienen las tasas de generación de viajes, los estudios de impacto vial y los Planes de Ordenamiento Territorial, cuando se habla de inversiones sostenibles en las ciudades, y lo importantes que son en el desarrollo del país.

5.3 Trabajo futuro

- Tesis de maestría de Diana Marcela Legarda Daza, la cual desarrolla un modelo para usos de suelo comercial.
- Se pueden establecer modelos para diferentes usos del suelo, como lo son; puertos, aeropuertos, terminales de cargas, de autobús, áreas industriales, áreas residenciales, de hoteles, recreacionales, institucionales, hospitalarias o de clínicas, de oficinas, entre otras.

Bibliografía

Arguenta, D. S. (2010). Determinación del índice de generación de viajes para supermercados en el departamento de Guatemala, República de Guatemala. 128.

Barreno, E., Cabrera, E., & Millones, R. (2008). Metodología de modelamiento de un sistema de transporte urbano. 69. Retrieved from http://repositorio.utp.edu.pe/bitstream/UTP/908/6/Raul_Vilcarromero_Ruiz_Gestion_de_la_produccion.pdf

Bohórquez, M., Calvo, L., & Hernández, C. (2018). Cifras para Cauca.

Castillo, M. A. (2013). Determinación de tasas de generación de viajes para centros de actividad comercial ubicados en ejes de transporte masivo del área metropolitana de Caracas. 122.

Colombia. (1991). Constitución Política De Colombia. *Journal of Chemical Information and Modeling*, 53, 160. <https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>

Galarraga, J. J., & Bordese, L. (2017). Generación de viajes de emprendimientos residenciales: estudio de casos en la ciudad de Córdoba, Argentina. *Transportes*, 25(1), 21. <https://doi.org/10.14295/transportes.v25i1.1105>

Galton, F. (2006). Regresión y correlación. *Contrastes de Hipótesis*, 352–441.

García, M., & Muñiz, I. (2007). Policentrismo o dispersión? Una aproximación desde la nueva economía urbana. *Investigaciones Regionales*, (11), 25–43.

Girardotti, L. (2001). demanda de transporte dirigida a redes. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 356(1408), 421–435. <https://doi.org/10.1098/rstb.2000.0775>

Gobernación del Cauca. (2012). Plan de Ordenamiento con el Plan de Desarrollo Municipal. Plan de Ordenamiento Territorial - Municipio de Popayán, 95.

Gobernación del Cauca. (2016). Informe de coyuntura económica regional. 106.

González, C. (2008). Modelación de la distribución de viajes en el Valle de Aburrá utilizando el modelo gravitatorio. 199–208.

González, C., & Ordosgoitia, I. (2012). Análisis de la modelación de la distribución de viajes para diferentes categorías socioeconómicas en el Valle de Aburrá. *Revista Facultad de Ingeniería*, (64), 115–125.

González, J. (2017). Propuesta de una Metodología para la Elaboración de Estudios de Impacto Vial (EIV) para la Ciudad de México.

Gonzalez, J., Moreno, J., & Cañon, J. (2012). Dispersión urbana y oferta hídrica. (2), 59–74.

Iglesias, P., Godoy, F., Ivelic, A., & Ortúzar, J. (2007). Un modelo de generación-distribución y partición modal para viajes interurbanos. Congreso Chileno de Ingeniería de Transporte, 13, 30–35.

Lavado, J. C. (2008). Estimación de tasa de generación de viajes para actividades comerciales. 191. <https://doi.org/10.1007/s00103-010-1194-9>

Márquez, L., Días, M., & Ortiz, D. (2016). Transferibilidad geográfica de modelos de generación de viajes urbanos : comparación de modelos de regresión y tasas de viajes para algunas ciudades colombianas Geographic transferability of urban travel generation models : Comparison of regression models. *Ingeniería y Desarrollo*, 34(1), 225–247.

Ministerio de ambiente, Ministerio de Vivienda, D. T. (2004). Guia No 1. Revisión y Ajuste de Planes de Ordenamiento Territorial. Serie Planes de Ordenamiento Territorial Guía, 1, 12. Retrieved from <http://www.minvivienda.gov.co/POTPresentacionesGuias/Guía Formulación Planes Ordenamiento.pdf>

Molina, G., & Rodrigo, M. (2013). Estadística descriptiva. 157–187. <https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>

Mulino R., E. J. (2013). Propuesta metodológica para Estudios de Impacto Vial. *Journal of Experimental Psychology: General*, 136(1), 23–42.

Ortúzar, Juan. (1994). Modelos de Demanda de Transporte. In Alfaomega, Ediciones UC, Pontificia Universidad Católica de Chile. Retrieved from <http://www.alfaomega.com.co/modelos-de-demanda-de-transporte-5714.html>

Ortuzar, J., & Willumsen, L. (2008). Modelos de transporte (vol. 91).

Quintero, Á., Angulo, C., & Guerrero, J. (2011). Determinación de tasas de generación de viajes para conjuntos residenciales ubicados en la ciudad de Mérida , Venezuela. *Revista Ciencia e Ingeniería*, 32(1), 45–54.

Quintero, Á., Palmar, M., Andueza, P., Casanova, L., & Díaz, M. (2008). Evaluación de la experiencia obtenida en los Estudios de Impacto Vial y propuestas para su ejecución e implementación. 29(3), 243–248.

Trip Generation Manual, I. of T. E. (2010). Trip Generation Manual 2010 (Vol. 2).

Velasco, J. B. (2017). Los estudios de impacto vial y el tráfico generado en la ciudad de Lima (Tesis de Licenciatura). Retrieved from <http://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/handle/123456789/9407>

Vozzi, L. M., Acquaviva, L. A., Möller, O., Signorelli, J. W., Storti, M. A., & Rosario, A. (2011). Modelización Del Sistema De Transporte De Rosario. *Mecánica Computacional*, XXX, 2891–2903. Retrieved from <http://www.etr.gov.ar><http://www.etr.gov.ar://www.amcaonline.org.ar>

<https://igac.gov.co/noticias/mejoro-el-comportamiento-de-la-dinamica-inmobiliaria-en-popayan-durante-2016>

I. M. Sóbol. Métodos de Montecarlo. Lecciones populares de Matemáticas. Editorial Mir (1976).

B. P. Demidowitsch. I. A. Maron, E. S. Schuwalowa. Métodos numéricos de análisis. Editorial Paraninfo (1980).

Anexo A. Datos del aforo en los conjuntos residenciales

Anexo B. Gráficas para autos

Anexo C. Gráficas para motos

Anexo D. Gráficas para Peatones