

# **EVALUACIÓN Y ESTIMACIÓN DE LA DEMANDA VEHICULAR PARA PROYECTOS DE DIFERENTES USOS DEL SUELO Y ESTRATO SOCIOECONÓMICO EN MEDELLÍN**



JOSÉ DAVID OLARTE CARMONA

MAESTRÍA EN INGENIERÍA

TUTOR: Ing. JUAN PABLO OSPINA

UNIVERSIDAD EAFIT

DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA CIVIL

MEDELLÍN – 2013

## Tabla de contenido

INTRODUCCIÓN.....	1
OBJETIVOS.....	4
Objetivo General: .....	4
Objetivos específicos:.....	4
1.    MARCO TEÓRICO.....	5
2.    PROBLEMÁTICA.....	8
3.    METODOLOGÍA.....	10
4.    DIAGNÓSTICO DE IMPACTO VIAL.....	14
4.1    Generación de viajes en el municipio de Medellín .....	14
4.1.1    Partición modal de los viajes generados en Medellín.....	15
4.1.2    Motivos de viaje en Medellín. ....	16
4.1.3    Generación de viajes por comunas en Medellín en horas pico. ....	17
4.2    Índices de movilidad.....	25
4.2.1    Índices de movilidad vehicular y peatonal .....	25
4.2.2    Índices de preferencia de transporte particular y público.....	27
4.3    Revisión de información secundaria. ....	29
4.3.1    Equipamientos de vivienda. ....	29
4.3.2    Equipamientos de oficinas. ....	32
4.3.3    Equipamientos comerciales. ....	38
4.3.4    Equipamientos de educación. ....	49
4.3.5    Equipamientos de salud (clínicas o consultorios). ....	57
4.4    Relación de viajes generados y atraídos según motivo de viaje .....	63
4.4.1    Viajes Generados.....	63
4.4.2    Viajes atraídos .....	67
5.    DIAGNÓSTICO Y ANÁLISIS DE DEMANDA VEHICULAR REGISTRADA.....	72
5.1    Equipamientos de vivienda .....	72
5.2    Equipamientos de oficinas .....	77
5.3    Equipamientos comerciales .....	78
5.4    Equipamientos de educación .....	81
5.5    Equipamientos de salud .....	83

5.6	Análisis de demanda promedio en los diferentes tipos de equipamientos.....	86
5.7	Tablas Resumen de pronóstico de demanda vehicular según uso de suelo.....	91
CONCLUSIONES .....		93
BIBLIOGRAFÍA.....		97

#### LISTADO DE GRÁFICAS

Gráfica 1:	Distribución horaria de los viajes .....	14
Gráfica 2:	Distribución porcentual horaria de los viajes en Medellín .....	15
Gráfica 3:	Partición modal de viajes en Medellín .....	16
Gráfica 4:	Porcentaje de viajes según motivo.....	17
Gráfica 5:	Viajes originados en las comunas.....	18
Gráfica 6:	Viajes originados en comunas en periodo pico AM.....	20
Gráfica 7:	Viajes originados en comunas en periodo pico PM.....	21
Gráfica 8:	Viajes atraídos a las comunas .....	22
Gráfica 9:	Viajes atraídos a las comunas en periodo pico AM.....	22
Gráfica 10:	Viajes atraídos a las comunas en periodo pico PM .....	23
Gráfica 11:	Índice de movilidad vehicular y peatonal en las comunas de Medellín.....	26
Gráfica 12:	Índice de preferencia modal respecto a viajes en transporte público.....	27
Gráfica 13:	Viajes generados en viviendas en periodo pico AM desde la comuna 11.....	64
Gráfica 14:	Viajes generados en viviendas en periodo pico AM desde la comuna 14.....	65
Gráfica 15:	Viajes generados en viviendas en periodo pico AM desde la comuna 16.....	66
Gráfica 16:	Viajes atraídos a las comunas con mayor uso de vehículo particular. Motivo: Regreso a casa (Vivienda PM).....	67
Gráfica 17:	Comparación de viajes generados en periodo pico AM con viajes de regreso a casa en periodo pico PM.....	68
Gráfica 18:	Viajes atraídos a comunas de mayor influencia en uso de vehículo particular. Motivo: Comercio.....	69
Gráfica 19:	Viajes atraídos a comunas de mayor influencia en uso de vehículo particular. Motivo: Educación.....	70
Gráfica 20:	Viajes atraídos a comunas de mayor influencia en uso de vehículo particular. Motivo: Salud.....	71

#### LISTADO DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1:	Crecimiento del Producto Interno Bruto en Colombia.....	1
Ilustración 2:	División política de las comunas de Medellín.....	18
Ilustración 3:	Localización Edificio Isagén.....	32
Ilustración 4:	Localización Complex de Los Balsos .....	33
Ilustración 5:	Localización edificio Alcalá.....	34
Ilustración 6:	Localización edificio Almagrán .....	35
Ilustración 7:	Localización edificio Bancafé.....	36

Ilustración 8. Localización edificio Block.....	37
Ilustración 9 Localización centro comercial Unicentro.....	38
Ilustración 10. Localización centro comercial Oviedo.....	40
Ilustración 11 Localización centro comercial Los Molinos .....	41
Ilustración 12 Localización centro comercial El Tesoro .....	42
Ilustración 13. Localización del centro comercial Mayorca.....	43
Ilustración 14 Localización del centro comercial Punto Clave .....	44
Ilustración 15. Localización Carrefour La 65.....	46
Ilustración 16. Localización Éxito Laureles .....	47
Ilustración 17. Localización Éxito Envigado .....	48
Ilustración 18. Localización universidad EAFIT .....	49
Ilustración 19. Localización universidad Pontifica Bolivariana .....	50
Ilustración 20. Localización universidad de Antioquia .....	52
Ilustración 21. Localización Colegio Mayor .....	53
Ilustración 22. Localización I.T.M.....	54
Ilustración 23. Localización Instituto Pascual Bravo .....	55
Ilustración 24. Localización Universidad de Antioquia Sede de Robledo. ....	56
Ilustración 25. Localización Clínica Oftalmológica San Diego .....	57
Ilustración 26. Localización Torre Intermédica .....	58
Ilustración 27. Localización Clínica Cardiovascular .....	60
Ilustración 28. Localización clínica UPB .....	61
Ilustración 29. Localización hospital Pablo Tobón Uribe.....	62

#### LISTADO DE TABLAS

Tabla 1. Parámetros de comparación para estimar la demanda vehicular en diferentes equipamientos.....	8
Tabla 2. Ejemplo de tablas de resultados de análisis de demanda vehicular en equipamientos de diferentes usos de suelo.....	12
Tabla 3: Estratificación comunas de Medellín .....	24
Tabla 4. Población proyectada de las comunas de Medellín para el año 2012 .....	25
Tabla 5. Listado de modelos de analogía para proyectos de vivienda.....	29
Tabla 6. Demanda vehicular registrada en los aforos realizados en cada modelo. ....	31
Tabla 7. Obligación de estacionamientos para equipamientos de vivienda. ....	72
Tabla 8. Resumen compilado de registros de demanda vehicular en edificios de vivienda para estrato 3.....	73
Tabla 9. Demanda vehicular promedio en edificios de vivienda para estrato 3 .....	73
Tabla 10. Resumen compilado de registros de demanda vehicular en edificios de vivienda para estrato 4.....	74
Tabla 11. Demanda vehicular promedio en edificios de vivienda para estrato 4.....	74
Tabla 12. Resumen compilado de registros de demanda vehicular en edificios de vivienda para estrato 5.....	75
Tabla 13. Demanda vehicular promedio en edificios de vivienda para estrato 5.....	75

Tabla 14. Resumen compilado de registros de demanda vehicular en edificios de vivienda para estrato 6 .....	76
Tabla 15. Demanda vehicular promedio en edificios de vivienda para estrato 6.....	76
Tabla 16. Obligación de estacionamientos para equipamientos de oficina. ....	77
Tabla 17. Resumen compilado de registros de demanda vehicular en edificios de oficina	77
Tabla 18. Demanda vehicular promedio en edificios de oficina.....	78
Tabla 19. Resumen compilado de registros de demanda vehicular en centros comerciales. ....	79
Tabla 20. Demanda vehicular promedio en equipamientos de centros comerciales .....	79
Tabla 21. Resumen compilado de registros de demanda vehicular en almacenes ancla..	80
Tabla 22. Demanda vehicular promedio en equipamientos de almacenes ancla.....	80
Tabla 23. Resumen compilado de registros de demanda vehicular en instituciones de educación superior. ....	81
Tabla 24. Demanda vehicular promedio en equipamientos de educación superior .....	82
Tabla 25. Obligación de estacionamientos para equipamientos de salud .....	83
Tabla 26. Resumen compilado de registros de demanda vehicular en equipamientos de salud .....	84
Tabla 27. Demanda promedio en equipamientos de vivienda por estrato socioeconómico .....	86
Tabla 28. Demanda promedio en equipamientos de oficinas .....	88
Tabla 29. Demanda promedio en equipamientos de comercio.....	88
Tabla 30. Demanda promedio en equipamientos educativos .....	89
Tabla 31. Demanda promedio en equipamientos de salud .....	90

## ANEXOS

Plano Intensidad de Viajes en Comunas de Medellín

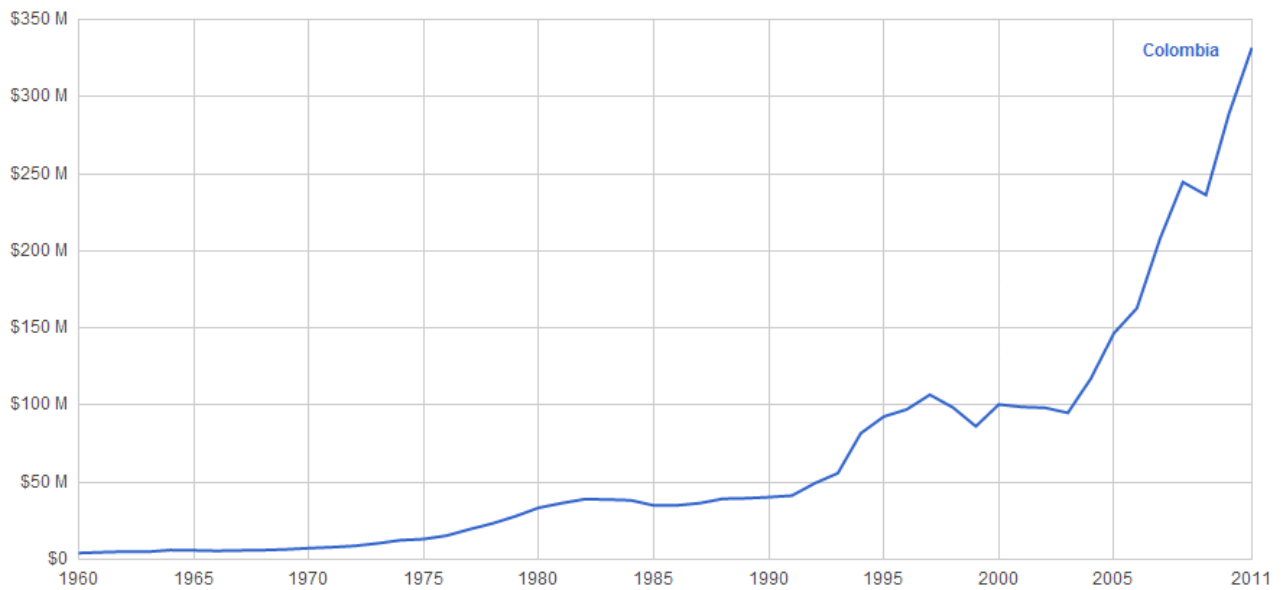
Plano Listado de Modelos

## INTRODUCCIÓN

El desarrollo inmobiliario de la ciudad de Medellín, acompañado del crecimiento de la economía, indica un comportamiento propicio para la industria de la construcción. Y es que después del anterior pico del boom de la construcción en los años 2007 y 2008, desde el año 2011 en Colombia se han incrementado las licencias de construcción (146% para vivienda respecto al 2010 (<http://lanota.com/index.php/CONFIDENCIAS/Se-consolida-boom-de-la-edificacion-urbana-en-Colombia.html>)), lo que indica un ambiente muy dinámico para la ciudad, en la que los proyectos habitacionales (VIP, VIS y convencionales) no son los únicos en los que hay gran oferta y demanda, pues proyectos de comercio e industria han vuelto a resurgir, luego de que se habían desacelerado durante 2009-2010. Los proyectos de oficinas también han empezado nuevamente a mostrar señales de una recuperación.

Esta realidad, a la que se suman cambios socioeconómicos, reflejado en el incremento de ingresos de la clase media, también obedece a factores como el buen comportamiento general de la economía colombiana (ver Ilustración 1) y la reducción de la tasa de interés que ha favorecido la adquisición de créditos y los subsidios otorgados por el Gobierno Nacional.

Ilustración 1. Crecimiento del Producto Interno Bruto en Colombia



\*Expresado en miles de millones de dólares. Fuente: Banco Mundial, a través de imagen de Google

Paralelamente al incremento de compra de propiedad raíz, cada vez aumenta el número de vehículos en las ciudades del país y Medellín no es ajeno a esta situación. El parque automotor aumenta desmesuradamente, tanto es así que cifras de la secretaría de tránsito de Medellín indican que en el año 2010 hubo un aumento de 236.365 vehículos respecto al año 2007; esto es, cerca de 10% anual.

En ese orden de ideas, también es un hecho de que en proyectos inmobiliarios, principalmente de vivienda de estratos altos y en el sector de comercio, la generación de viajes tanto de entrada como de salida, están proporcionando un impacto desfavorable en la movilidad de las vías aledañas al proyecto desarrollado.

Por otra parte, en el desarrollo habitacional se está presentando el siguiente fenómeno: para estratos medios a bajos, hay una gran cantidad de vehículos dejados por fuera de los conjuntos residenciales por ausencia de celdas de parqueo, debido a que como el POT de la ciudad no es tan exigente con el número de parqueaderos para estos estratos, no hay suficiente oferta de estacionamientos al interior del proyecto y sin embargo la alta asequibilidad de adquirir vehículo particular está demandando más estacionamientos. Es el caso de urbanizaciones de estratos bajos, que ofrecen el número mínimo de celdas de estacionamiento, según la norma vigente. Se puede observar en varios puntos de la ciudad, que al no haber una oferta que contrarreste la demanda actual de parqueaderos, las calles, andenes y antejardines están siendo utilizados como parqueadero.

Imagen 1. Vehículos estacionados durante la noche en vía pública. Barrio El Rincón. Comuna 16 Belén.



Fuente: Elaboración propia

Imagen 2. Vehículos estacionados durante la noche en vía pública. San Antonio de Prado.



Fuente: Elaboración propia

Este documento analiza parámetros de juicio para la oferta de parqueaderos, así como la demanda vehicular en horas pico, en proyectos futuros con el fin de establecer una actualización y adecuación a la norma vigente, dadas las condiciones que se han venido presentando durante hace algunos años, en diversos sectores de la ciudad y para diversos tipos de proyectos.

La investigación en el campo de la movilidad es primordial para llegar a proponer soluciones que mitiguen el impacto negativo de la desmesurada motorización en la ciudad y con ello se buscará exponer pautas para ayudar con la planeación urbana, el cambio social y la evaluación de políticas públicas locales.

## OBJETIVOS

### Objetivo General:

Determinar factores de correlación que permitan la estimación de la demanda vehicular para proyectos futuros a construirse, mediante la conformación matricial de modelos de analogía que relacionen las características propias de cada proyecto.

### Objetivos específicos:

- Establecer bases sólidas para la asignación de la demanda vehicular estimada en horas pico en proyectos de uso residencial en función del estrato socioeconómico, proyectos de oficinas, comercial, médico y educativo.
- Proveer a los consultores en materia de movilidad y a la administración municipal, de índices actualizados en cuanto a número de parqueaderos que requiere un proyecto residencial (parqueaderos/vivienda), un edificio de oficinas (parqueaderos/oficina o por m<sup>2</sup>), un centro comercial (parqueaderos/local o por m<sup>2</sup>), de acuerdo a las condiciones socioeconómicas actuales.
- Aportar recomendaciones generales y particulares de acuerdo a la interpretación de los resultados obtenidos, con el fin de brindar una herramienta de consulta como documento anexo a la normatividad de la ciudad, a la administración municipal, firmas privadas consultoras, urbanistas, de arquitectura y para los constructores, ya que proporcionaría índices actualizados a la norma vigente.

## 1. MARCO TEÓRICO

El Departamento Administrativo de Planeación tiene como misión general definir y configurar el modelo de desarrollo integral para el municipio de Medellín en un entorno regional, nacional e internacional, mediante procesos interactivos de prospectiva, basados en un sistema de información que posibilite la planeación social, económica y física, y la toma de decisiones oportunas que conduzcan a lograr una mejor calidad de vida para sus habitantes.

El Departamento cuenta con cuatro Subdirecciones que se encargan, en un esfuerzo mancomunado, de alcanzar los objetivos corporativos a través de las metas específicas de cada una; siendo propio de la Subdirección de Planeación Territorial el de realizar la Evaluación de los impactos actuales en la movilidad para aquellos equipamientos públicos y privados que generen traumatismo en la red vial del Municipio de Medellín y sus corregimientos, así como los diferentes planes y proyectos a través de los cuales se manifiesta la Subdirección

Es sumamente importante pronosticar el comportamiento vehicular en el futuro cercano en que entre en operación algún equipamiento, con el fin de tomar decisiones que ayuden a la movilidad del sector donde se construya dicho equipamiento. Se busca entonces, mediante la evaluación del impacto vial en equipamientos públicos y privados, investigar, analizar y correlacionar los diferentes factores, que conduzcan a un pronóstico cercano, que represente las condiciones futuras de la afluencia vehicular. Para lograr esto, es necesario desarrollar los productos definidos en cada uno de los siguientes temas:

Tema 1: Estudio de impacto vial y de la situación actual de movilidad vehicular para los equipamientos en función de los usos de los mismos.

Tema 2: Evaluación y cálculo de diversos índices para la optimización de los proyectos en el ámbito particular y para la mitigación de los impactos sobre la movilidad que generen los diferentes equipamientos en la ciudad.

Tema 3: Definición de las tablas de correlación, a partir de los análisis de impacto y la evaluación de los índices, que permitan pronosticar la generación de viajes de un proyecto a desarrollarse en el corto y mediano plazo. Igualmente se trabajará en el análisis, evaluación y recomendaciones en función de los resultados.

El desarrollo de los temas mencionados comprende los siguientes ámbitos:

### **Tema1**

En los estudios de impacto vial dentro de un contexto urbano se analizan y proponen medidas de mitigación de los impactos, sobre la movilidad, producidos por un proyecto urbanístico que se ha construido dentro del territorio urbano.

Estos estudios tienen como objetivo identificar el impacto que la demanda generada y atraída por un proyecto urbanístico, sea de vivienda, de oficinas, comercial, educativo o médico, entre otros, pueda generar al sistema vial aledaño y los efectos sobre la operación de la red vial.

En el caso de proyectos nuevos de vivienda, el Departamento Administrativo de Planeación de Medellín exige realizar un estudio y análisis de movilidad cuando el proyecto urbanístico genera un número mayor o igual a 300 celdas de estacionamiento. Este estudio debe plantear la solución de movilidad dentro y fuera del proyecto, la evaluación de los ingresos y salidas de los vehículos, el impacto que genere a la movilidad del sector y las soluciones a ejecutar para una mínima afectación en movilidad.

Para el caso de establecimientos educativos, de salud, equipamientos de oficinas y conglomerados comerciales, el estudio y análisis de movilidad deberá realizarse cuando se presenten 150 celdas de estacionamiento o más.

### **Tema 2**

Para una adecuada planificación de un territorio, la administración municipal fija medidas reglamentarias que deben cumplirse en cualquier desarrollo público o privado, sea de infraestructura o urbanístico y que obedecen a estudios y modelos que han sido aplicados en otras ciudades del mundo y adaptados a las condiciones particulares de nuestra ciudad.

En el caso de desarrollos urbanísticos, el Plan de Ordenamiento Territorial a través del decreto municipal N° 409 establece para cada tipo de desarrollo (vivienda, comercial, salud, comercial, oficinas, entre otros) los índices que deben cumplirse en materia de servicios públicos, zonas verdes, zonas de recreación, áreas comunes, parqueaderos, etc. Más adelante, en el desarrollo de este estudio, se presentan las obligaciones urbanísticas que rigen el establecimiento de nuevos desarrollos urbanos.

Sin embargo, las condiciones socioeconómicas, culturales, organizacionales y de desarrollo en el ámbito nacional y local, están en un continuo cambio, por lo que

se hace necesario replantear los índices que hoy se tienen, para que se adapten a dichos cambios que se presentan hoy en día.

Los índices que se desarrollarán acá se enfocarán en la movilidad vehicular, así como los que apliquen para el sistema de transporte público.

### **Tema 3**

El pronóstico de generación de viajes es uno de los factores más críticos en la determinación de impactos viales. Para contar con datos estadísticos de generación de viajes, se crea la necesidad de elaborar una base de datos para cada proyecto de los cuales se hayan realizado estudios de pronóstico de demanda.

Para estimar tasas de generación de viajes se recomienda:

- Realizar un estudio de generación de viajes en proyectos con características similares a las del proyecto en cuestión
- Tener en cuenta factores influyentes en el comportamiento del tránsito futuro, como el transporte público colectivo.
- Determinación de los periodos de interés para el proyecto a desarrollar, esto es, las horas pico en las que dependiendo del tipo de proyecto, se generarían los nuevos viajes.

La base de datos que se creará y que será objeto de esta investigación, contemplará las variables anteriormente descritas para la estimación de nuevos viajes en proyectos futuros, con base en la información tomada de la ejecución de los temas 1 y 2, tras un análisis de cada equipamiento al que se le tome información, de acuerdo a sus características particulares.

## 2. PROBLEMÁTICA

Actualmente el análisis de la demanda generada por un futuro desarrollo urbanístico se hace a través del registro del comportamiento vehicular, es decir, del número de vehículos que ingresan y salen en horas pico, de un equipamiento modelo que sirva de analogía al proyecto a desarrollar. Se espera que el nuevo desarrollo urbanístico presente condiciones de operación similares a las que presenta el modelo en el que se registró el comportamiento vehicular. Caso en el cual las condiciones de operación del modelo de analogía sean referencia para las condiciones de operación del nuevo proyecto siempre y cuando este presente características similares en cuanto a localización, estrato socioeconómico, número de parqueaderos por vivienda, oficinas, área comercial, etc., según sea el caso, como se muestra en la Tabla 1.

Tabla 1. Parámetros de comparación para estimar la demanda vehicular en diferentes equipamientos

<b>USO DE SUELO</b>	<b>PARÁMETRO DE COMPARACIÓN PROPIO DEL EQUIPAMIENTO</b>	<b>PARÁMETRO DE COMPARACIÓN COMÚN EN EQUIPAMIENTOS</b>
Vivienda	No. de viviendas	Número de parqueaderos
Oficinas	No. de oficinas o área de oficinas	
Comercial	Área comercial	
Educación	Área utilizada para educación	
Salud	Número de unidades médicas (camas, quirófanos, consultorios)	

Fuente: Decreto 409 de 2007. Municipio de Medellín.

Este proceso debe hacerse mediante modelos de analogía cada vez que se vaya a construir un equipamiento, lo que hace que se incurra en gastos adicionales con la toma de información del modelo de analogía, es decir, a través de aforos (conteos) de los vehículos que ingresan y salen del equipamiento en cada uno de sus accesos en las horas pico de la mañana y de la tarde.

El pronóstico de generación de viajes es uno de los factores más críticos en la determinación de impactos viales. Hasta donde se conoce, en la mayoría de países en desarrollo, no se cuenta con una base de datos que permita deducir índices de generación de viajes de manera confiable, de modo que se crea la necesidad de elaborar un registro de múltiples modelos de diferentes usos de suelo con el fin de contar con datos promedios que aporten con mayor certeza el pronóstico del comportamiento vehicular del proyecto a desarrollar.

La presente propuesta de proyecto de tesis pretende crear información disponible públicamente para el pronóstico de la demanda futura que un proyecto urbanístico genere, de acuerdo a las características particulares del mismo, a través de una base de datos que contenga los parámetros que caractericen dichos proyectos. Todo esto con el fin de satisfacer la necesidad de contar con dicha base de datos que permita pronosticar la generación de viajes en proyectos urbanísticos próximos a desarrollarse, ya que actualmente no se cuenta en la ciudad con este tipo de herramientas.

### 3. METODOLOGÍA

#### Tema 1:

El diagnóstico de impacto vial, se desarrolla con la elaboración de los pasos:

- Revisión de información y elaboración del diagnóstico de viajes generados según motivo y modo de transporte, separada por comunas de acuerdo a la información que proporciona la Encuesta Origen Destino del 2012.
- Revisión de información secundaria respecto a las áreas construidas, número de unidades que comprenden el proyecto. Estudios y aforos realizados anteriormente a efectos de definir los equipamientos a estudiar.
- Recolección y procesamiento de información primaria
- Elaboración del informe de diagnóstico con la información vehicular y referente al análisis y evaluación de la situación actual y la información primaria y secundaria.

#### Tema 2

Los índices a calcular partirán de los resultados obtenidos del tema 1. Para cada comuna se calcularán índices que reflejen mejor la situación actual. Estos índices son:

- Índice de movilidad vehicular: Se define como la relación de viajes generados en un territorio, respecto al número de habitantes del mismo. Este índice se puede expresar para los diferentes modos de transporte. También puede clasificarse por estratos socioeconómicos a fin de comparar el índice dentro del propio territorio. Aunque este índice se presenta en general para todo el día, pueden subdividirse en los periodos pico para conocer las cifras en los casos más desfavorables
- Índice de movilidad peatonal: Paralelamente al índice de movilidad vehicular, este índice se calcula como la relación entre los viajes generados a pie y el número de habitantes en el territorio donde se generan dichos viajes.
- Índice de preferencia de transporte particular y público: Para este índice se muestra más adelante, la relación entre el uso del vehículo particular vs. el uso del transporte público.

### **Tema 3:**

La propuesta de analogías de acuerdo al resultado de la investigación, se realizará tomando información secundaria que reside como documento público en el archivo de Planeación Municipal, la cual consiste estudios realizados en la ciudad, en los cuales se realizaron conteos vehiculares en los accesos de los equipamientos de analogía, de los vehículos particulares, motos (según sea el caso), taxis y vehículos escolares (en el caso de equipamientos de vivienda) que entran y salen del equipamiento y que realizan paradas cortas al exterior del mismo, que luego se transforman en vehículos equivalentes. Los registros de aforos realizados en los estudios investigados se encuentran en las horas de máxima demanda, esto es, entre las 6:00 y 9:00 en la mañana y entre las 17:00 y 20:00 horas en la tarde-noche en un día típico laboral (martes a jueves) para todos los equipamientos excepto para los de tipo comercial, donde la mayor demanda se presenta los fines de semana en las horas de la tarde.

Así mismo, con las características particulares de cada equipamiento, se relacionarán los ingresos y salidas con estas características.

Para los equipamientos de comercio y educativos, se relacionan los ingresos y salidas en hora pico con el número de celdas del equipamiento y con el área vendible (para comercio) o área de uso educativo (para educación), como lo muestra el siguiente cuadro modelo:

Tabla 2. Ejemplo de tablas de resultados de análisis de demanda vehicular en equipamientos de diferentes usos de suelo.

EQUIPAMIENTOS DE COMERCIO		Equip. de comercio 1	Equip. de comercio 2	Equip. de comercio n	Promedio
Localización					
Área de Ventas total	m <sup>2</sup>				
Número de parqueaderos					
Afluencia hora pico	entrada	veh/hora			
		motos/hora			
		taxis/hora			
	salida	veh/hora			
		motos/hora			
		taxis/hora			
m <sup>2</sup> por cada celda de estacionamiento					
Ingreso autos/m <sup>2</sup> en hora pico					
Salidas autos/m <sup>2</sup> en hora pico					
Ingreso autos/celda en hora pico					
Salida autos/celda en hora pico					

EQUIPAMIENTOS EDUCATIVOS		Equip. Educ. 1	Equip. Educ. 2	Equip. Educ. n	Promedio
Localización					
Área educación/cultura/deporte	m <sup>2</sup>				
Número de parqueaderos					
Afluencia hora pico	entrada	veh/hora			
		motos/hora			
		taxis/hora			
	salida	veh/hora			
		motos/hora			
		taxis/hora			
m <sup>2</sup> por cada celda de estacionamiento					
Ingreso autos/m <sup>2</sup> en hora pico					
Salidas autos/m <sup>2</sup> en hora pico					
Ingreso autos/celda en hora pico					
Salida autos/celda en hora pico					

Fuente: Esquema presentado en estudios de movilidad por la empresa Vías y Tránsito

Análogamente, se relacionarán los ingresos y salidas para proyectos de vivienda con el número de viviendas y parqueaderos. En el caso de equipamientos de uso médico y de oficinas, la relación se hará con base en el número de unidades médicas (consultorios, quirófanos, camas) y parqueaderos; y oficinas y parqueaderos respectivamente.

Para cada caso, se tomará el factor más crítico, es decir, el que más generación de viajes presentaría, ya sea comparado con la variable según el uso ( $m^2$  para comercio y educación, # de consultorios/oficinas para uso médico y oficinas o # de viviendas para uso habitacional); o con el número de estacionamientos que ofrece el equipamiento, para pronosticar la demanda generada de un proyecto futuro.

Finalmente el pronóstico de demanda se realiza por relación de analogía de los comportamientos observados en los modelos aforados, así:

$$\begin{aligned} & \textit{Demanda proyecto nuevo} \\ & = \textit{\#de unidades proyecto nuevo} \left( \frac{\textit{Demanda modelo aforado}}{\textit{\# de unidades modelo según uso del suelo}} \right) \end{aligned}$$

Para pronóstico con la variable según el uso del suelo del proyecto

$$\begin{aligned} & \textit{Demanda proyecto nuevo} \\ & = \textit{\#de parqueaderos proyecto nuevo} \left( \frac{\textit{Demanda modelo aforado}}{\textit{\# de parqueaderos modelo}} \right) \end{aligned}$$

Para pronóstico con el número de parqueaderos del proyecto

## 4. DIAGNÓSTICO DE IMPACTO VIAL

### 4.1 Generación de viajes en el municipio de Medellín

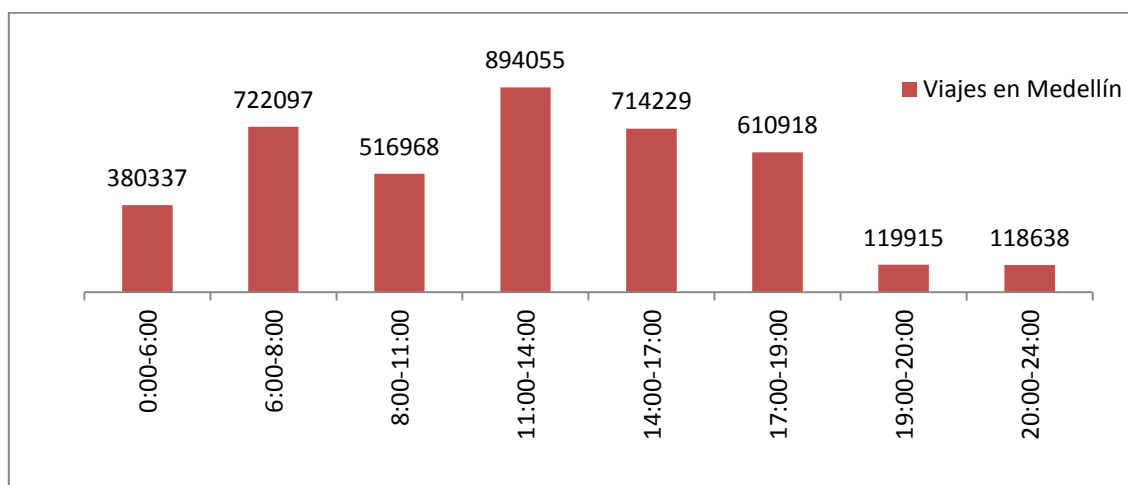
El alcance de la presente tesis debe considerar la dinámica vehicular que se presenta en cada una de las zonas de Medellín con el fin de visualizar el entorno referente a las magnitudes de tránsito y modo de transporte utilizado, según el estrato socioeconómico, así como la incidencia de la cercanía al sistema de transporte masivo Metro. Los índices de motorización por zona y estrato predominante, también son indicadores que ayudan a comprender la relación entre la generación de viajes y la demanda vehicular en proyectos nuevos.

Para comprender la dinámica que existe en torno a la generación de viajes en la ciudad es importante conocer datos estadísticos provenientes de la Encuesta Origen – Destino 2012.

Para comenzar, es importante recordar que la estimación de generación de viajes del presente estudio está comprendida para los periodos de máxima demanda de la mañana y de la tarde-noche.

A continuación se presenta la distribución horaria de los viajes en la ciudad de Medellín:

Gráfica 1: Distribución horaria de los viajes

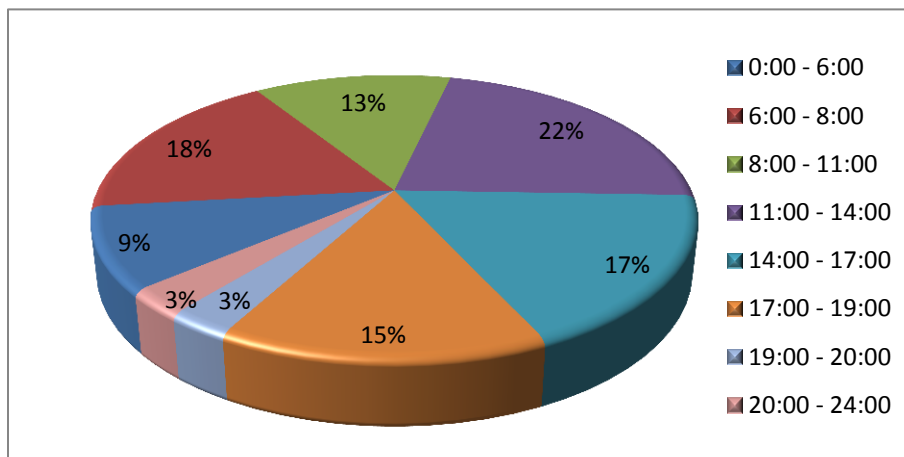


Fuente: Encuesta Origen-Destino 2012 Suministrada por el Área Metropolitana del Valle de Aburrá

La Gráfica 1 ilustra claramente que la mayor cantidad de viajes se genera en el periodo pico del medio día, esto es, en el lapso de las 11:00 y 14:00. Sin embargo esta situación probablemente se presenta debido a que a estas horas no está vigente la medida de pico y placa y el periodo abarca tres horas en las que las personas salen a almorzar, entre otras actividades.

Así mismo se observa que en los periodos pico de la mañana y tarde se producen gran cantidad de viajes propios del inicio y finalización de actividades cotidianas como estudio y trabajo. Es de notar que a pesar de que en estos periodos rige la restricción de circulación de vehículos, la cantidad de viajes es comparable con el pico más alto del día, en este caso el del medio día, significando para el periodo pico de la mañana el 18% del total de viajes de la ciudad y para el periodo pico de la tarde el 15%. Ver Gráfica 2.

Gráfica 2: Distribución porcentual horaria de los viajes en Medellín



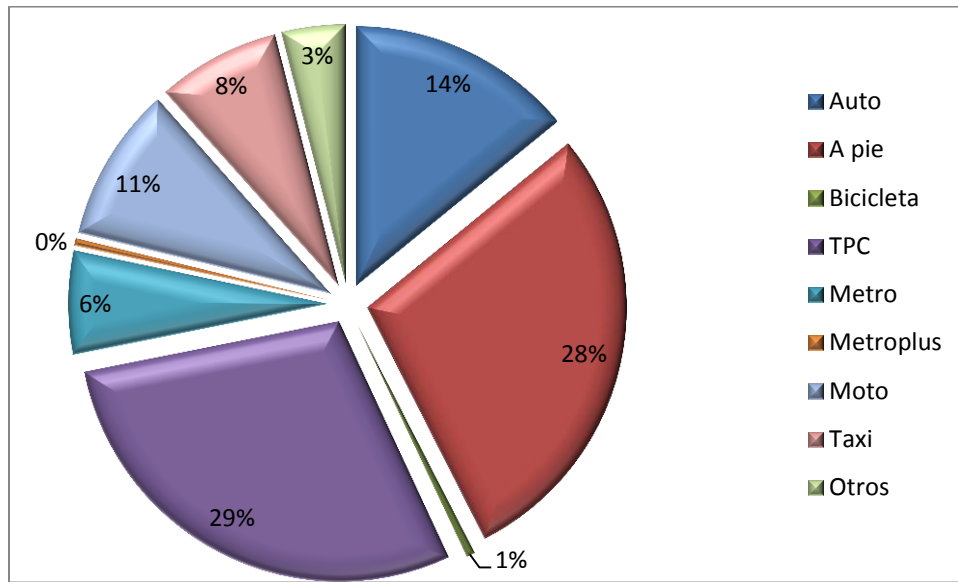
Fuente: Elaboración propia a partir de la Encuesta Origen-Destino 2012 suministrada por el A.M.V.A

#### 4.1.1 Partición modal de los viajes generados en Medellín

En la ciudad de Medellín se presenta una partición modal fuertemente marcada por el transporte público colectivo, pues el 29% de los viajes realizados en la ciudad se realiza en bus o microbús. Por su parte, el modo auto acapara el 14% de los viajes generados y los viajes en moto, el 10%. El 6% para Medellín corresponde a los viajes en Metro.

Se destaca un alto porcentaje de viajes que se realiza en un modo no motorizado, es decir, los viajes a pie ocupan el 28% de los viajes realizados en la ciudad. La partición modal para Medellín se observa en la Gráfica 3

Gráfica 3: Partición modal de viajes en Medellín



Fuente: Elaboración propia a partir de la Encuesta Origen-Destino 2012 suministrada por el A.M.V.A

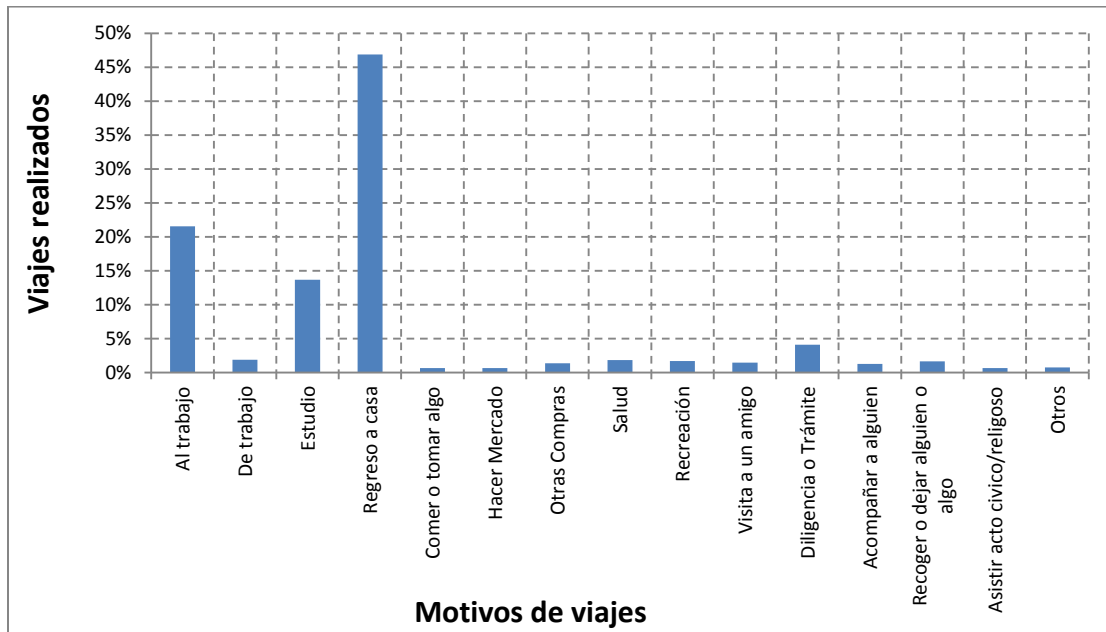
A pesar de que sólo el 14% de los viajes generados corresponde al modo auto, es de alta incidencia en la dinámica vehicular en la ciudad.

Más adelante se analiza el comportamiento por comunas, de los viajes en vehículo particular, como factor estructurante en el desarrollo de la presente tesis.

#### 4.1.2 Motivos de viaje en Medellín.

De la Encuesta Origen-Destino se puede conocer que los viajes no sólo para el municipio de Medellín, sino para los demás municipios que conforman el área metropolitana, se centran principalmente en tres grandes motivos: Trabajo, estudio y regreso a casa. Ver Gráfica 4.

Gráfica 4. Porcentaje de viajes según motivo



Fuente: Encuesta Origen-Destino 2012 Suministrada por el Área Metropolitana del Valle de Aburrá

En la anterior gráfica se puede observar la alta incidencia que tiene el motivo de regreso a casa, con el 47% del total de viajes generados. La generación de viajes por motivo de regreso a casa influye principalmente en el periodo de máxima demanda de la tarde.

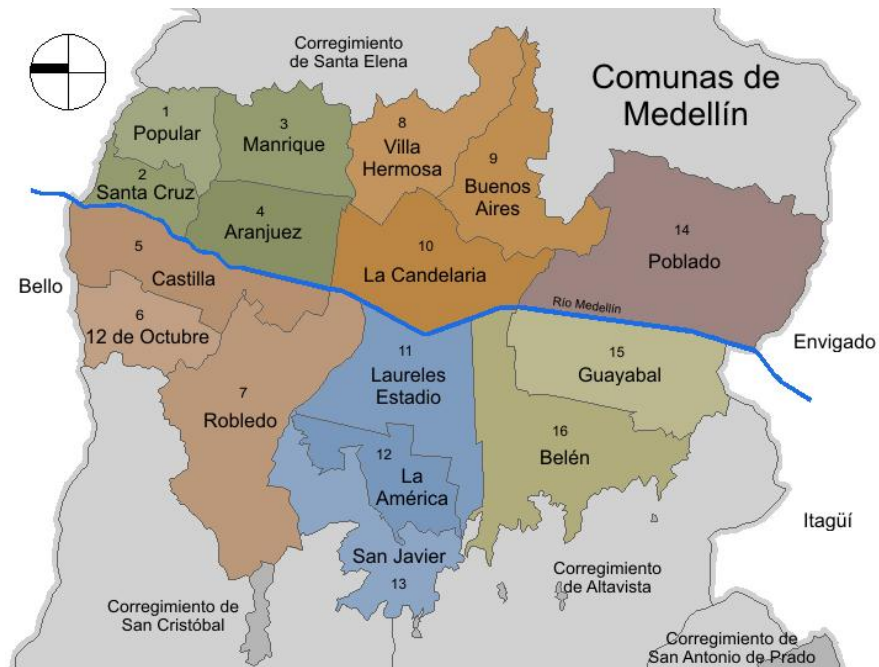
Por su parte, los viajes generados por motivo de trabajo constituyen el 23% de los viajes en el área metropolitana. El motivo de viaje por estudio corresponde al 14% de los viajes que se generan. Este motivo de viaje junto con el del trabajo, se presentan principalmente en el pico de la mañana como motivos de inicio de actividades cotidianas.

#### 4.1.3 Generación de viajes por comunas en Medellín en horas pico.

A continuación se presenta el análisis de viajes durante el conglomerado del día y en las horas pico en las diferentes comunas de la ciudad, con la partición modal por grupos. Este análisis nos permite visualizar las preferencias de modos de viajes de los habitantes de las diferentes comunas.

En la siguiente ilustración se indica la división político administrativa por comunas de la ciudad de Medellín.

Ilustración 2: División política de las comunas de Medellín

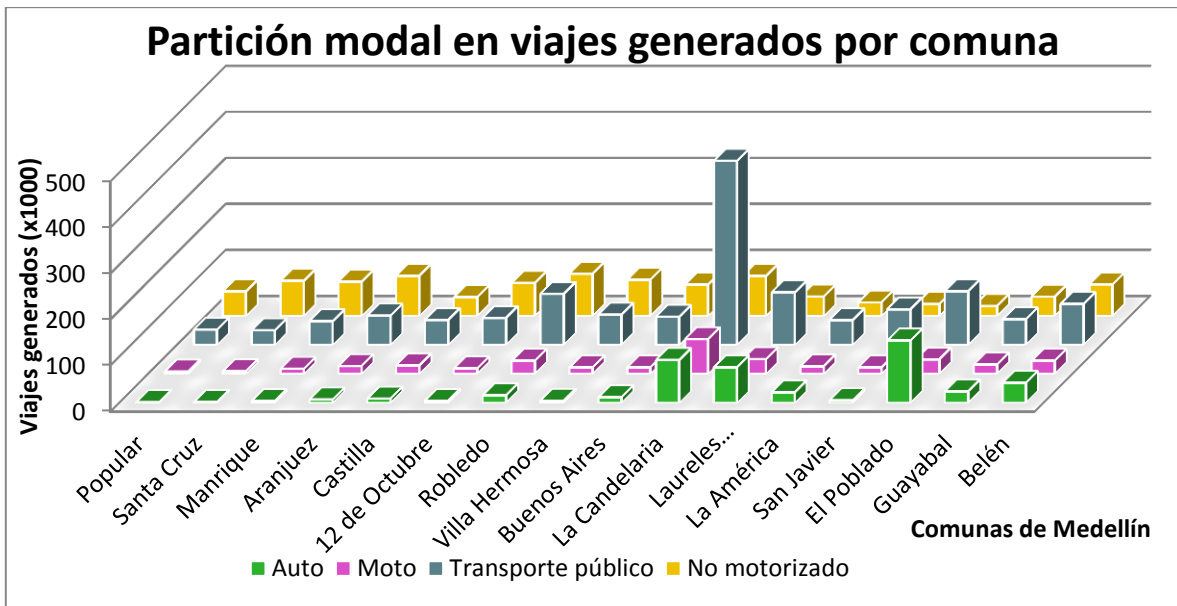


Fuente: <http://en.wikipedia.org>

**Viajes originados en las comunas:**

La gráfica que se muestra a continuación indica la demanda de viajes durante un día típico, que genera cada comuna de la ciudad de Medellín y los principales modos de transporte que atienden dichos viajes.

Gráfica 5: Viajes originados en las comunas



Fuente: Elaboración propia a partir de la Encuesta Origen-Destino 2012 suministrada por el A.M.V.A

La Gráfica 5 demuestra claramente que los viajes no motorizados y en mayor medida los viajes a pie, son ampliamente demandados en la mayoría de las comunas. Se resalta que en la comuna 14, El Poblado, es donde menos viajes a pie se generan en toda la ciudad.

Por su parte, los viajes en transporte público, sea bus, microbús, taxi, metro o metroplús, resaltan en todas las comunas respecto a otros modos de transporte motorizados, sobresaliendo especialmente en las comunas 7 Robledo, 10 La Candelaria, 11 Laureles Estadio y 14 El Poblado.

Aunque es bien sabido el aumento de motos en las calles, los viajes en este modo de transporte no sobresalen respecto a los demás modos, destacándose sólo en la comuna 10 La Candelaria con un mayor número de viajes respecto a las demás comunas.

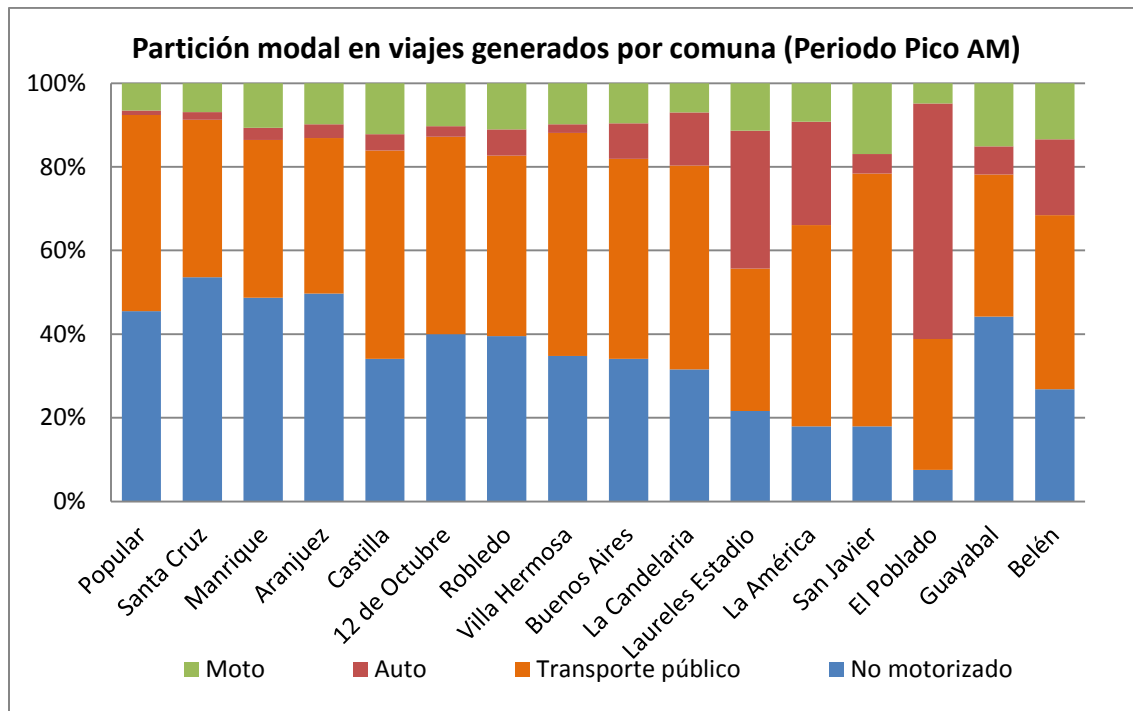
Finalmente, el modo en auto, objeto del presente estudio, tiene alta representación en comunas como Laureles Estadio y El Poblado.

De este análisis se puede concluir que la comuna 10 La Candelaria presenta alta demanda de viajes en moto, auto y muy predominantemente en transporte público, la mayor en toda la ciudad. Esta situación se presenta en la comuna en la que se localiza el centro de la ciudad, por lo cual es de esperarse la gran atracción y generación de viajes y su variedad modal.

Por otro lado, las comunas 11 Laureles Estadio y 14 El Poblado, tienen alta relevancia de viajes tanto en auto como en transporte público, contrario a las demás comunas donde alguno de los modos de transporte sobresale de los demás. Esta realidad se presenta en las dos comunas de mayor estrato socioeconómico, donde se observa la mayor generación de viajes en auto, en la ciudad.

Esta información se muestra ahora a manera de histograma para los periodos picos de la mañana (6:00-8:00) y tarde (17:00-19:00) (según la Encuesta Origen Destino 2012):

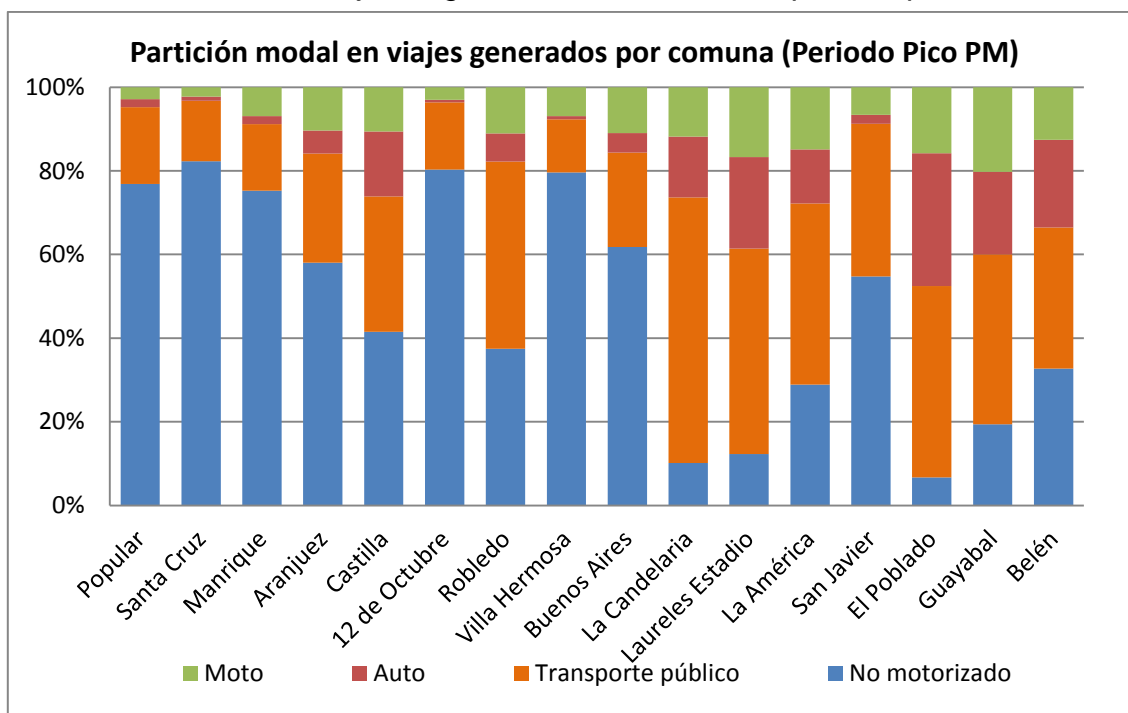
Gráfica 6. Viajes originados en comunas en periodo pico AM



Fuente: Elaboración propia a partir de la Encuesta Origen-Destino 2012 suministrada por el A.M.V.A

En esta gráfica se observa que en el pico de la mañana el transporte público es demandado en igual proporción en casi todas las comunas de Medellín. Es de notar que el uso del auto es muy superior en el Poblado respecto al resto del territorio y es de poca proporción en las comunas donde predominan estratos socioeconómicos bajos.

Gráfica 7. Viajes originados en comunas en periodo pico PM



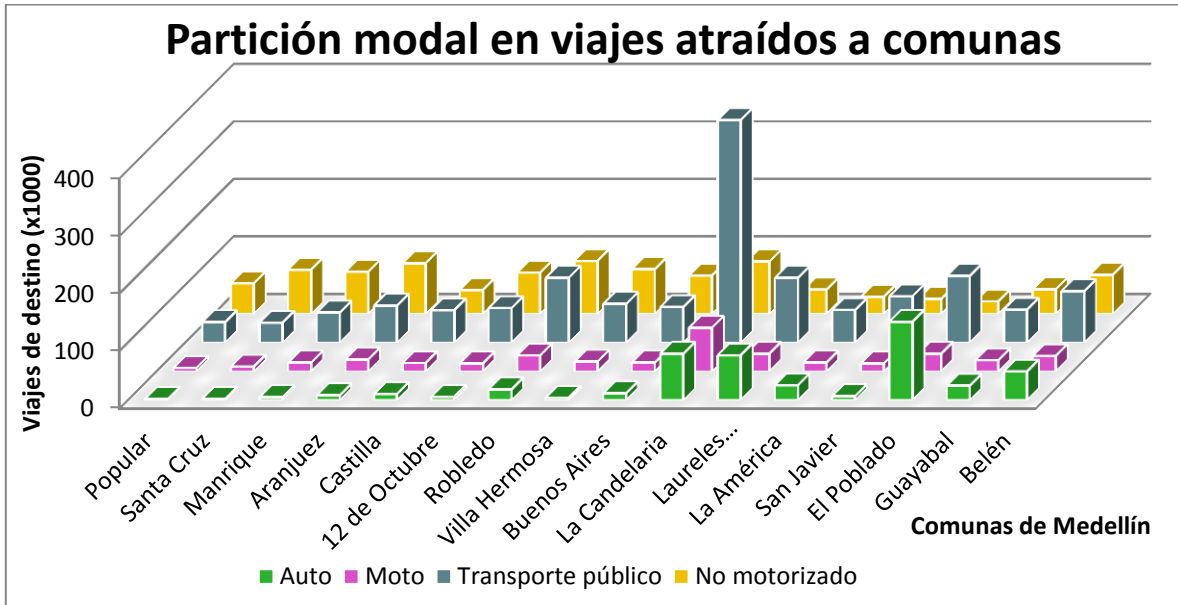
Fuente: Elaboración propia a partir de la Encuesta Origen-Destino 2012 suministrada por el A.M.V.A

En el periodo de la tarde se observan cambios considerables en el comportamiento del transporte en la ciudad. Por ejemplo en la comuna 10 La Candelaria presenta un aumento en el uso del transporte público y reducción de transporte no motorizado. Por el contrario, se observan altos incrementos de viajes no motorizados en comunas de medio y bajo estrato socioeconómico como 12 de Octubre y Villa Hermosa, respecto a otros modos de transporte. También se observa una disminución de viajes generados en auto desde El Poblado.

### Viajes atraídos a las comunas:

La gráfica que se muestra a continuación indica la demanda de viajes atraídos por cada comuna de la ciudad de Medellín y los principales modos de transporte que atienden dichos viajes, en la cual se evidencia la similitud con la generación de viajes en las comunas.

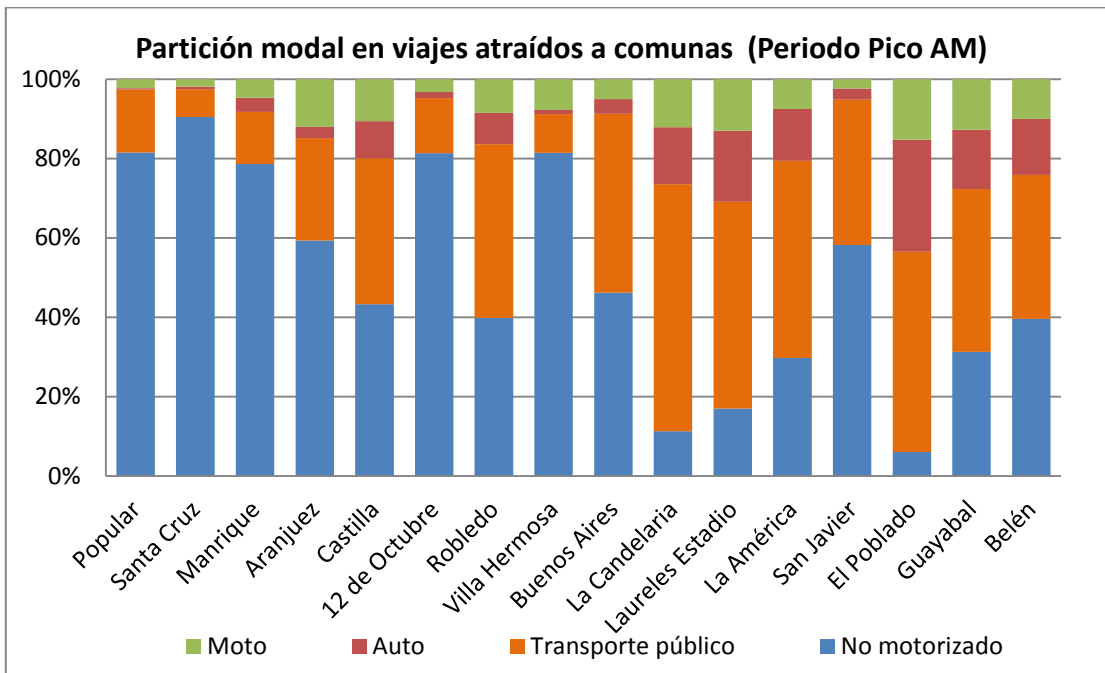
Gráfica 8. Viajes atraídos a las comunas



Fuente: Elaboración propia a partir de la Encuesta Origen-Destino 2012 suministrada por el A.M.V.A

Como se observa en la gráfica anterior, el comportamiento de los viajes atraídos es muy similar al de los generados, con una muy alta demanda de transporte público en la comuna 10 La Candelaria y preferencia por el modo auto principalmente en la comuna 14 El Poblado.

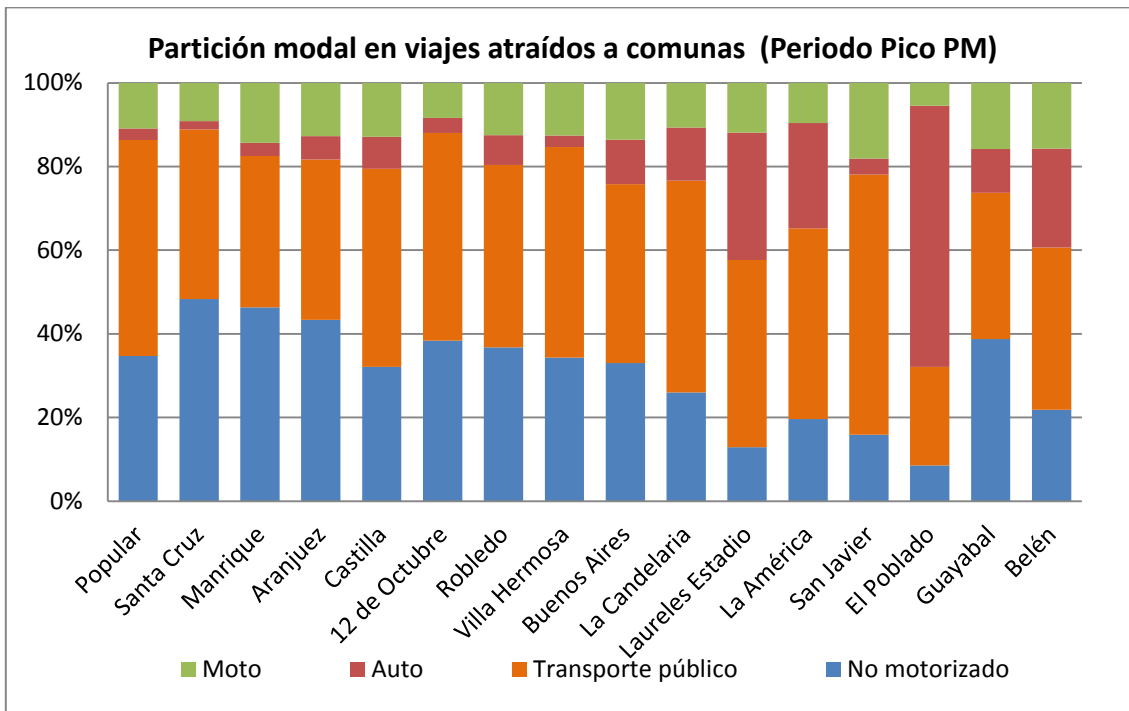
Gráfica 9. Viajes atraídos a las comunas en periodo pico AM



Fuente: Elaboración propia a partir de la Encuesta Origen-Destino 2012 suministrada por el A.M.V.A

La grafica anterior muestra cambios en comparación con los viajes generados en las comunas, pues se observa que llegan en mayor proporción viajes no motorizados a las comunas 1 a 9. En cuanto a transporte público, llegan viajes en menor cantidad de a las comunas 1 a 9 de los que se generan desde estas. Los modos auto y moto no varían significativamente de los viajes generados a los atraídos.

Gráfica 10. Viajes atraídos a las comunas en periodo pico PM



Fuente: Elaboración propia a partir de la Encuesta Origen-Destino 2012 suministrada por el A.M.V.A

Para el periodo de la tarde se observa que a las comunas llegan los viajes del transporte público en proporciones similares entre ellas. Se destaca el significativo porcentaje de viajes en auto que llegan a la comuna El Poblado. Los viajes en moto se conservan similarmente a los viajes generados en las comunas.

Como conclusión se observa que el comportamiento de la partición modal del pico AM en viajes generados (Gráfica 6) es el mismo para el periodo pico PM de los viajes atraídos (Gráfica 10). Así mismo, el comportamiento de la partición modal del pico PM en viajes generados (Gráfica 7) es el mismo para el periodo pico AM de los viajes atraídos (Gráfica 9). Esto conserva la lógica de que los viajes que se originan en una comuna en la mañana, regresan a la misma en la tarde.

Por otra parte también se concluye que el modo auto es preferencialmente usado en las comunas 11 Laureles-Estadio, 14 El Poblado y 16 Belén.

Para establecer la relación de los viajes atraídos y generados en la ciudad, en el contexto socioeconómico, se presenta continuación la siguiente tabla:

Tabla 3: Estratificación comunas de Medellín

Comuna	Estrato predominante	Preferencia modal (motorizada)		
		TPC	Auto	Moto
1 Popular	2	82%	4%	14%
2 Santa Cruz	2	78%	4%	18%
3 Manrique	2	72%	7%	21%
4 Aranjuez	3	69%	9%	22%
5 Castilla	3	69%	13%	18%
6 12 de Octubre	2	75%	7%	17%
7 Robledo	2	71%	12%	18%
8 Villa Hermosa	2	76%	5%	19%
9 Buenos Aires	3	70%	13%	17%
10 La Candelaria	4	71%	15%	14%
11 Laureles Estadio	5	51%	35%	14%
12 La América	4	58%	26%	16%
13 San Javier	2	80%	7%	14%
14 El Poblado	6	41%	48%	11%
15 Guayabal	3	56%	24%	19%
16 Belén	3	54%	30%	16%

Fuente: Viviendas residenciales estratificadas por comuna y barrio, según estrato  
Alcaldía de Medellín y Encuesta Origen – Destino 2012 suministrada por el A.M.V.A

Con el análisis anterior de generación y atracción de viajes, se perfilan claramente las zonas de la ciudad que generan y atraen mayor cantidad de viajes en auto, información fundamental para el análisis de estimación de demanda vehicular objeto de la presente tesis.

En el plano Intensidad de Viajes en Comunas de Medellín, se ilustra gráficamente el número de viajes generados en vehículo particular en las comunas de la ciudad, así como el porcentaje de aquellas comunas cuyos hogares poseen por lo menos un vehículo particular. En este plano se aprecia las comunas representativas en este aspecto, las comunas 10 La Candelaria, 11 Laureles-Estadio, 14 El Poblado y 16 Belén. (Fuente: EOD 2012 y BIO 2030 - Encuesta calidad de vida 2009)

## 4.2 Índices de movilidad.

A continuación se presentan los índices que hacen parte del tema 2, descritos en el capítulo 3, Metodología.

### 4.2.1 Índices de movilidad vehicular y peatonal

Definidos como la relación de viajes generados en un territorio, respecto al número de habitantes del mismo, a continuación se muestra la población de la ciudad por comuna y los índices expresados para transporte en auto y en transporte público como índices de movilidad vehicular comparados con el índice de movilidad peatonal.

Según el DANE, la población de las comunas de la ciudad, proyectada al año 2012 es:

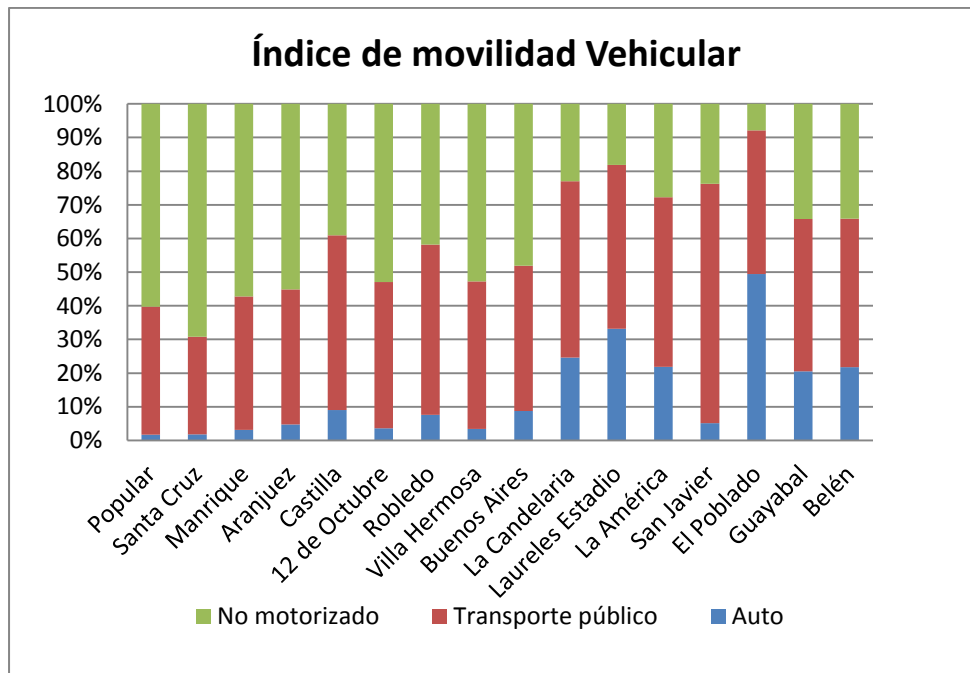
Tabla 4. Población proyectada de las comunas de Medellín para el año 2012

	<b>COMUNA</b>	<b>POBLACIÓN</b>
1	Popular	128,447
2	Santa Cruz	109,481
3	Manrique	157,106
4	Aranjuez	161,057
5	Castilla	147,832
6	12 de Octubre	191,677
7	Robledo	167,003
8	Villa Hermosa	135,173
9	Buenos Aires	135,804
10	La Candelaria	85,221
11	Laureles Estadio	121,358
12	La América	95,104
13	San Javier	135,885
14	El Poblado	124,210
15	Guayabal	92,661
16	Belén	194,921
	<b>TOTAL</b>	<b>2,282,940</b>

Fuente: DANE y municipio de Medellín

Con la población proyectada al año 2012, del que se tienen datos de viajes de la Encuesta Origen Destino, los índices de movilidad vehicular y peatonal en las comunas de la ciudad son:

Gráfica 11. Índice de movilidad vehicular y peatonal en las comunas de Medellín



Fuente: Elaboración propia a partir de la Encuesta Origen-Destino 2012 suministrada por el A.M.V.A

La gráfica anterior indica varias cosas, por ejemplo, que en las comunas de estratos bajos se evidencian índices de movilidad en auto bastante bajos, en comparación con comunas de mayor estrato socioeconómico como Laureles-Estadio o El Poblado, donde los índices de movilidad en auto superan los índices de movilidad peatonal. De hecho se aprecia que la comuna El Poblado es aquella que mayor índice de movilidad en auto presenta, donde por cada habitante se originan más de 100 viajes en este modo de transporte, confirmando la preferencia modal del auto. Seguidamente la comuna de La Candelaria indica este índice muy similar al de El Poblado.

Por su parte, el índice de movilidad en transporte público presenta altos valores en general en toda la ciudad, donde particularmente La Candelaria muestra el mayor índice, que supera los 200 viajes en transporte público por habitante de la propia comuna. Esto obedece a que La Candelaria es la comuna donde se encuentra el centro de la ciudad, por lo cual se presenta una alta dinámica de viajes y como se observa en la gráfica anterior, especialmente una alta dinámica de viajes en transporte público.

También se destacan las comunas de estratos más altos como Laureles-Estadio y El Poblado, donde tienen un alto índice de movilidad vehicular en transporte

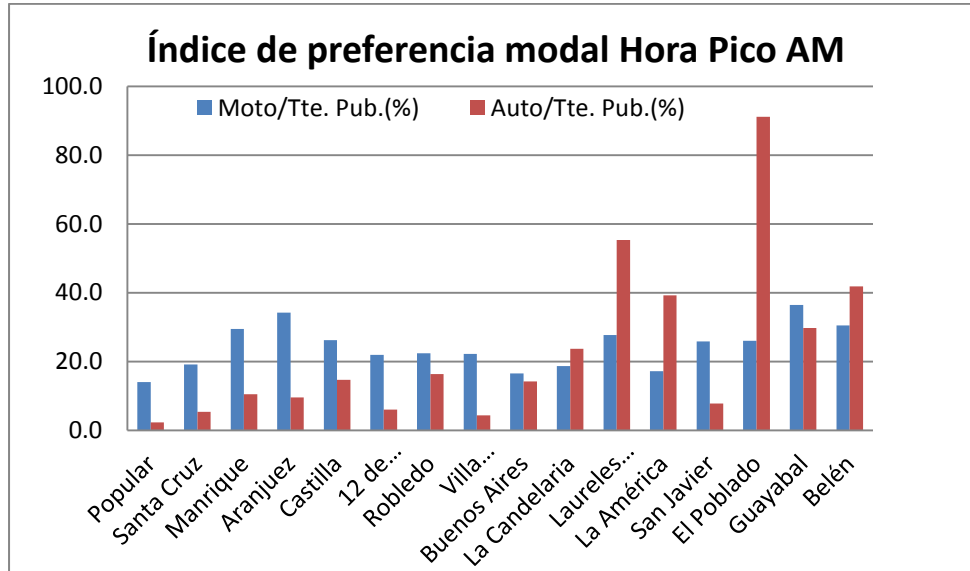
público, índices que superan los de las demás comunas, donde el modo de transporte más utilizado es el público.

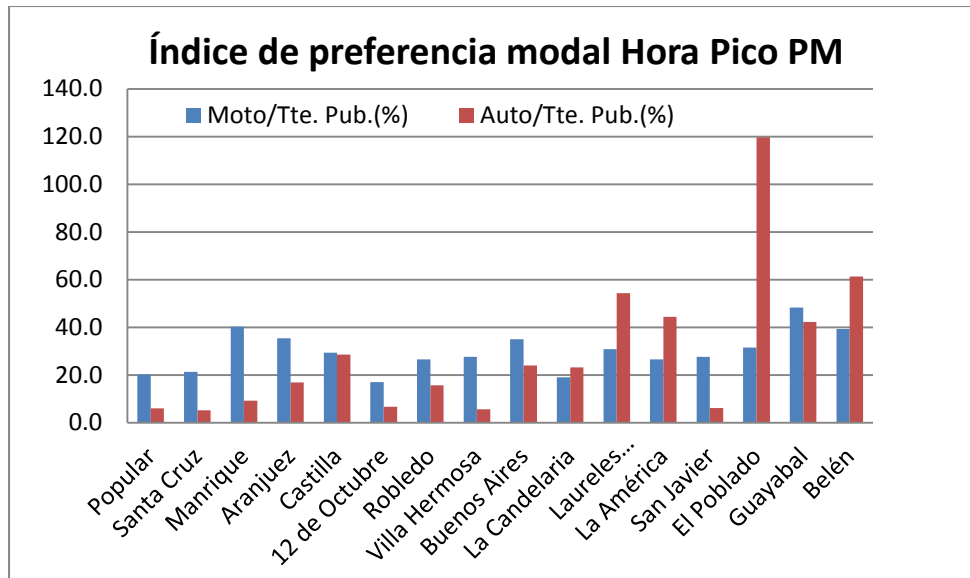
Por último, se observa que el índice de movilidad peatonal tiene alta relevancia en comunas de estratos bajos como Santa Cruz, Aranjuez y Villa Hermosa, donde supera los índices de movilidad vehicular. Por el contrario, en comunas de estratos medios a altos, este índice es inferior que el vehicular tanto para auto como para transporte público.

#### 4.2.2 Índices de preferencia de transporte particular y público.

Como ya se mostró anteriormente, cada comuna de la ciudad tiene preferencias modales, principalmente en transporte público. A continuación se presentan los índices de preferencia modal con base en los viajes que se generan en transporte particular (auto y moto) respecto a los viajes generados en transporte público durante todo el día.

Gráficas 12A y Gráficas 12B. Índice de preferencia modal respecto a viajes en transporte público en horarios de máxima demanda AM y PM





Fuente: Elaboración propia a partir de la Encuesta Origen-Destino 2012 suministrada por el A.M.V.A

En esta gráfica se observa que el índice de viajes en moto respecto a viajes en transporte público en comunas de estratos bajos, superan al índice para autos, ya que en aquellas comunas es más asequible este tipo de transporte que un auto. Así mismo se observa que en ninguna comuna el índice de moto supera el 40%, lo que indica que hay mayor número de viajes en transporte público que en moto. Por su parte, el índice para auto muestra que sólo en las comunas de estratos medios-altos son superiores al índice para motos y que únicamente en la comuna El Poblado existe una preferencia modal en auto mayor que en transporte público, pues el índice en auto para esta comuna supera el 100% en el periodo pico de la tarde, indicando mayor número de viajes en auto que en transporte público, aunque ambas cantidades de viajes son cercanas.

### 4.3 Revisión de información secundaria.

Se realizó una extensa investigación en el archivo de la unidad de vías, transporte y movilidad de planeación de Medellín acerca de los estudios de tránsito realizados en los últimos años, con énfasis en los tipos de proyectos relacionados con el objeto de esta tesis. A continuación se hace una descripción de cada uno de los modelos de analogía utilizados en estudios examinados y se presentan las demandas vehiculares en los periodos picos representativos para cada tipo de equipamiento:

#### 4.3.1 Equipamientos de vivienda.

La información para las unidades y conjuntos residenciales, se obtuvo de varios estudios de accesibilidad y de tránsito para proyectos de vivienda que residen en el archivo de la unidad de Vías, Transporte y Movilidad del Municipio de Medellín, y que se localizan en diferentes comunas de Medellín. A continuación se describen los modelos, agrupados por estrato socioeconómico, debido a que presentan las mismas características en cuanto a comportamiento de ingresos y salidas de vehículos, así como características socioeconómicas y requerimientos y obligaciones según la normatividad vigente:

Tabla 5. Listado de modelos de analogía para proyectos de vivienda

Estudio examinado	Fuente	Modelo de Analogía					
		Nombre	Barrio	Comuna	Estrato Socio-económico	No. Viviendas	No. Parquederos
Autofull	Dvías	Sendero Verde	Municipio de Envigado	-	-	128	-
Toscana	Vías y Tránsito	Palmar del Viento	Altamira	7 Robledo	3	264	332
Toscana	Vías y Tránsito	Senderos del Palmar 1	Altamira	7 Robledo		400	396
Venezia	Dvías	Ciudadela San Michel	El Salado	13 San Javier		450	-
Las Palmeras	Mario Damato	Rayo de Sol	La Hondonada	16 Belén		192	95
Sol Naciente	Vías y Tránsito	Recinto de la Arboleda	Santa Rosa de Lima	12 La América		100	-
Sol Creciente	Vías y Tránsito	Campo Verde	Santa Rosa de	12 La América		100	-

Estudio examinado	Fuente	Modelo de Analogía						
		Nombre	Barrio	Comuna	Estrato Socio-económico	No. Viviendas	No. Parquederos	
			Lima					
Guayacanes de San Diego	Vías y Tránsito	Reserva de San Diego	Asomadera No. 1	9 Buenos Aires	4	204	245	
Valbuena	Álvaro Vélez	Ciudadela Aliadas	La gloria	16 Belén		150	178	
Entrepalmas de san diego	Álvaro Vélez	Acuarelas de San Diego	Asomadera No. 1	9 Buenos Aires		192	155	
Atavanza	Álvaro Vélez	Sol del Rodeo	Las Playas	16 Belén		240	180	
La 76	Vías y Tránsito	Cercanías de la Mota	La Mota	16 Belén		146	175	
Plan Parcial Ivatex	Vías y Tránsito	Torres del Estadio	Cuarta Brigada	11 Laureles-Estadio		246	230	
Ciudadela El Rincón	Vías y Tránsito	Plazuelas del Rodeo	La Mota	16 Belén		5	92	-
Río Campestre	Vías y Tránsito	Plaza Campestre	Santa Teresita	12 La América	261		318	
Valbuena	Álvaro Vélez	San Miguel	Loma de los Bernal	16 Belén	280		336	
Finito	Vías y Tránsito	Trigales	Castropol	14 El Poblado	140		217	
Finito	Vías y Tránsito	Guadual	Castropol	14 El Poblado	120		161	
Yerbabuena	Vías y Tránsito	Entrepinos	El Tesoro	14 El Poblado	6		90	-
Yerbabuena	Vías y Tránsito	Balcones de la Calera	El Tesoro	14 El Poblado			80	-
Sorrento	Álvaro Vélez	Camino del Este	El Tesoro	14 El Poblado		144	301	
Font	Vías y Tránsito	Providencia	Castropol	14 El Poblado		256	319	
San Michel	Vías y Tránsito	Plaza de Alejandría	La Florida	14 El Poblado		144	228	

Fuente: Elaboración propia a partir de información secundaria proveniente de Planeación Medellín

La demanda vehicular de cada uno de los modelos se indica en la siguiente tabla (incluye paradas de corta duración):

Tabla 6. Demanda vehicular registrada en los aforos realizados en cada modelo.

Modelo	Afluencia en hora pico AM		Afluencia en hora pico PM	
	Entrada (Veh/h)	Salida (Veh/h)	Entrada (Veh/h)	Salida (Veh/h)
Sendero Verde	1	50	21	10
Palmar del Viento	68	135	70	47
Senderos del Palmar 1	80	160	84	56
Ciudadela San Michel	33	52	85	39
Rayo de Sol	33	10	26	9
Recinto de la Arboleda	18	32	20	16
Campo Verde	27	50	42	29
Reserva de San Diego	13	28	29	16
Ciudadela Aliadas	18	27	29	23
Acuarelas de San Diego	24	39	37	15
Sol del Rodeo	13	55	40	13
Cercanías de la Mota	15	49	40	34
Torres del Estadio	66	86	88	51
Plazuelas del Rodeo	15	40	38	16
Plaza Campestre	92	141	109	61
San Miguel	49	82	69	53
Trigales	22	45	37	24
Guadual	16	34	27	17
Entrepinos	57	95	60	41
Balcones de la Calera	35	61	48	39
Camino del Este	31	54	38	23
Providencia	46	99	72	40
Plaza de Alejandría	46	87	47	34

Fuente: Elaboración propia a partir de información secundaria proveniente de Planeación Medellín

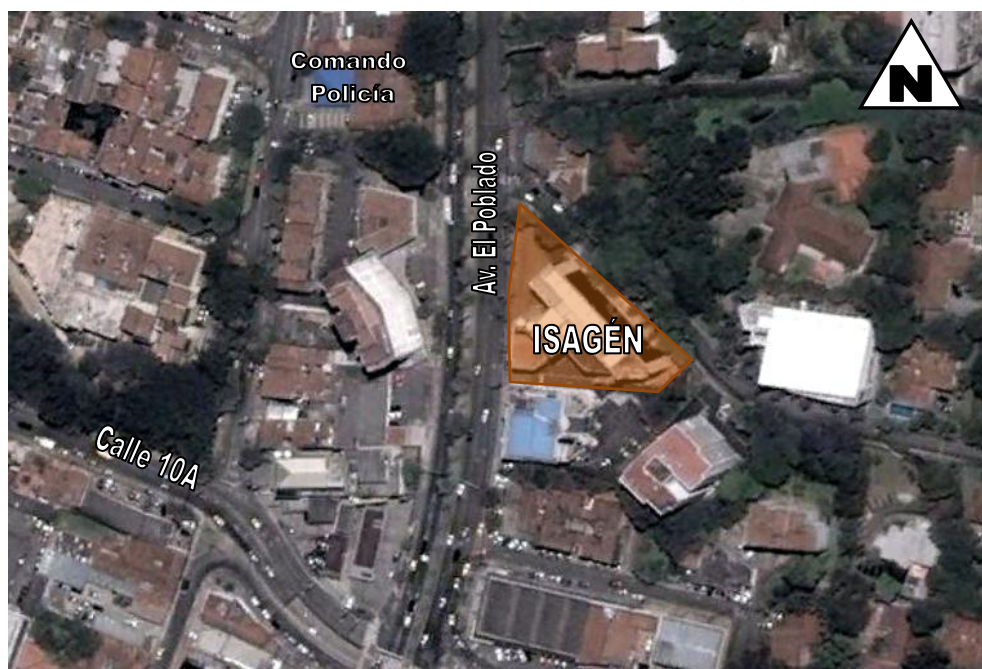
En el plano de equipamientos se indica la localización de cada uno de los edificios de vivienda.

### 4.3.2 Equipamientos de oficinas.

En equipamientos de oficinas los requerimientos para su implementación y construcción se basan en el número de oficinas para la definición del número de parqueaderos a solicitar. En los modelos que se describen a continuación, localizados en la comuna 14 El Poblado, donde se localizan la mayor cantidad de edificios destinados para este uso de suelo, se indica la demanda vehicular registrada, además del número de oficinas y parqueaderos de cada uno de los modelos.

Estudio examinado: Palacio de Justicia de Antioquia (Fuente: Unidad de Vías Planeación Municipal, estudio elaborado por la firma Vías y Tránsito). En este estudio se tomó como modelo el edificio **Isagén**, en el que al momento del aforo (septiembre de 2010) trabajaban 679 personas y que ofrece 156 celdas de parqueo. La localización del edificio de Isagén en la avenida El Poblado con calle 11A se indica en la Ilustración 3.

Ilustración 3. Localización Edificio Isagén.



Fuente: Elaboración propia a partir de imágenes de Google Earth

La afluencia vehicular registrada en el aforo realizado se presenta a continuación:

PERIODO PICO AM		PERIODO PICO PM	
ENTRAN (veh)	SALEN (veh)	ENTRAN (veh)	SALEN (veh)
126	62	33	119

Estudio examinado: Palmar del Poblado (Fuente: Unidad de Vías Planeación Municipal, estudio elaborado por el ingeniero consultor Álvaro Vélez). Para este estudio se tomó como modelo de analogía el edificio **Complex de Los Balsos** ubicado en la Loma de Los Balsos con la transversal superior, que aparte de ofrecer locales comerciales, contiene aparta oficinas. La localización detallada se presenta en la Ilustración 4.

Ilustración 4. Localización Complex de Los Balsos



Fuente: Elaboración propia a partir de imágenes de Google Earth

Este mall comercial y de oficinas, ofrece 80 locales de oficinas, incluyendo algunos pocos locales comerciales. La oferta de parqueaderos es de 243 celdas para autos. La demanda vehicular registrada se indica a continuación:

PERIODO PICO AM		PERIODO PICO PM	
ENTRAN (veh)	SALEN (veh)	ENTRAN (veh)	SALEN (veh)
103	60	168	167

Estudio examinado: One Plaza (Fuente: Unidad de Vías Planeación Municipal, estudio elaborado por la firma Vías y Tránsito). Este estudio contempla para el pronóstico de la demanda vehicular, el promedio de 4 modelos de oficinas, los cuales se describen a continuación:

- **Alcalá:** Localizado en la carrera 43B con calle 14, en el barrio Manila, este edificio de oficinas ofrece un total de 84 oficinas y 160 celdas de parqueo. La localización se indica en la siguiente ilustración:

Ilustración 5. Localización edificio Alcalá



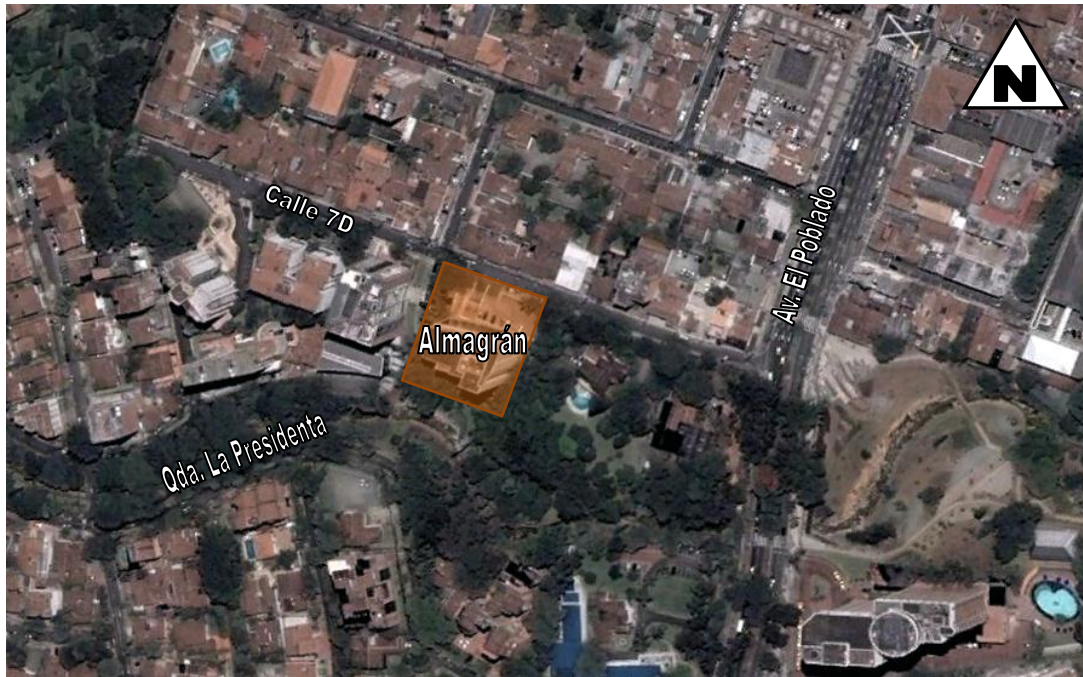
Fuente: Elaboración propia a partir de imágenes de Google Earth

El comportamiento de ingresos y salidas, registrados en los aforos realizados, presentan las siguientes cifras:

PERIODO PICO AM		PERIODO PICO PM	
ENTRAN (veh)	SALEN (veh)	ENTRAN (veh)	SALEN (veh)
73	29	36	61

- **Almagrán:** Localizado en la calle 7D con carrera 43A, en el barrio Astorga (ver Ilustración 6), es un importante y reconocido centro de negocios, por lo tanto es un modelo bastante adecuado para el presente estudio.

Ilustración 6. Localización edificio Almagrán



Fuente: Elaboración propia a partir de imágenes de Google Earth

El Edificio Almagrán cuenta con 127 oficinas y 243 parqueaderos entre privados y visitantes. El registro vehicular de un día típico laboral se presenta en el siguiente cuadro:

PERIODO PICO AM		PERIODO PICO PM	
ENTRAN (veh)	SALEN (veh)	ENTRAN (veh)	SALEN (veh)
69	39	38	70

- **Bancafé:** Este edificio se localiza en la llamada *Milla de Oro* sobre la avenida El Poblado con calle 1 sur, en el barrio Alejandría, como se muestra en la siguiente ilustración:

Ilustración 7. Localización edificio Bancafé



Fuente: Elaboración propia a partir de imágenes de Google Earth

Este edificio ofrece un total de 100 oficinas y 193 parqueaderos entre privados y de visitantes. El comportamiento vehicular registrado en los aforos realizados para el estudio examinado es el siguiente:

PERIODO PICO AM		PERIODO PICO PM	
ENTRAN (veh)	SALEN (veh)	ENTRAN (veh)	SALEN (veh)
112	46	16	46

- **Block:** Este edificio, localizado en la avenida El Poblado con calle 19, en el barrio Villa Carlota, presenta un total de 121 oficinas y 405 parqueaderos entre privados y de visitantes. La localización de este edificio de oficinas se muestra en la siguiente ilustración:

Ilustración 8. Localización edificio Block



Fuente: Elaboración propia a partir de imágenes de Google Earth

La afluencia vehicular registrada en aforos de un día típico laboral presenta el siguiente comportamiento para las horas pico de la mañana y tarde:

PERIODO PICO AM		PERIODO PICO PM	
ENTRAN (veh)	SALEN (veh)	ENTRAN (veh)	SALEN (veh)
81	56	41	49

### 4.3.3 Equipamientos comerciales.

#### 4.3.3.1 Centros comerciales

Para este tipo de equipamientos se indica el número de celdas y el área comercial (entiéndase como área comercial aquella que se puede vender, sin comprender áreas de circulación peatonal ni vehicular, celdas de parqueo, entre otros). También se presenta información de ingresos y salidas de vehículos en la hora pico de un día sábado que es el día de más alta demanda vehicular, esto es, entre las 16:00 horas y las 19:00 horas.

Estudio de tránsito examinado: Bosque Plaza (Fuente: Unidad de Vías Planeación Municipal, estudio elaborado por la firma Vías y Tránsito). En el estudio elaborado para este proyecto comercial, se toman como modelos los siguientes centros comerciales:

- **Unicentro:** Centro comercial localizado en la comuna 11 Laureles-Estadio cuyo estrato socioeconómico predominante es 5. En la siguiente ilustración se indica la localización de este centro comercial.

Ilustración 9 Localización centro comercial Unicentro



Fuente: Elaboración propia a partir de imágenes de Google Earth

El centro comercial atiende directamente los siguientes barrios: Laureles, Conquistadores, La América, La Castellana, El Estadio, Calasanz, La Floresta y Belén, entre otros. Las vías más importantes de acceso son la avenida 33, avenida Bolivariana y la carrera 65.

Este tradicional centro comercial está conformado por 47,449m<sup>2</sup> de área comercial y 1,128 unidades de parqueo para vehículos livianos

La afluencia vehicular registrada en hora pico de un sábado muestra el siguiente comportamiento:

ENTRAN		SALEN	
Autos	Motos	Autos	Motos
619	116	551	116

- **Oviedo:** Centro comercial localizado en la comuna 14 El Poblado, sobre la avenida El Poblado (Ver Ilustración 10. Localización centro comercial Oviedo).

Ilustración 10. Localización centro comercial Oviedo



Fuente: Elaboración propia a partir de imágenes de Google Earth

Rodeado por los barrios La Aguacatala, Los Balsos, Santa María de los Ángeles y El Castillo, este gran conglomerado consta de 33,945m<sup>2</sup> de área comercial. Las vías de acceso directo son la avenida El Poblado y la recién mejorada loma de Los Balsos. Es de anotar que aunque cerca a este centro comercial se hallan otros dos centros comerciales, estos son, Río Sur y Santafé, la demanda vehicular que atiende Oviedo es bastante alta. La oferta actual de parqueaderos es de 1,316 celdas. La demanda vehicular en la hora pico de un día sábado es:

ENTRAN		SALEN	
Autos	Motos	Autos	Motos
818	77	794	63

- **Los Molinos:** Es el centro comercial más periférico del costado occidental de la ciudad, ubicado en la comuna 16 Belén. Recientemente remodelado, este centro comercial es de gran acogida por los residentes y transitorios del sector.

En la siguiente ilustración se indica su ubicación:

Ilustración 11 Localización centro comercial Los Molinos



Fuente: Elaboración propia a partir de imágenes de Google Earth

El centro comercial cuenta con 23,844m<sup>2</sup> de área comercial y 912 celdas de parqueo. Una de las particularidades de este centro comercial es la gran cantidad de motos que ingresan, en comparación con otros centros comerciales. La afluencia vehicular en la hora pico de un sábado es:

ENTRAN		SALEN	
Autos	Motos	Autos	Motos
640	145	581	144

- **El Tesoro:** Centro comercial localizado en la periferia oriental de la ciudad, en la comuna 14 El Poblado, visitado en su mayoría por personas de estratos altos.

En la Ilustración 12 se indica la ubicación de este centro comercial

Ilustración 12 Localización centro comercial El Tesoro



Fuente: Elaboración propia a partir de imágenes de Google Earth

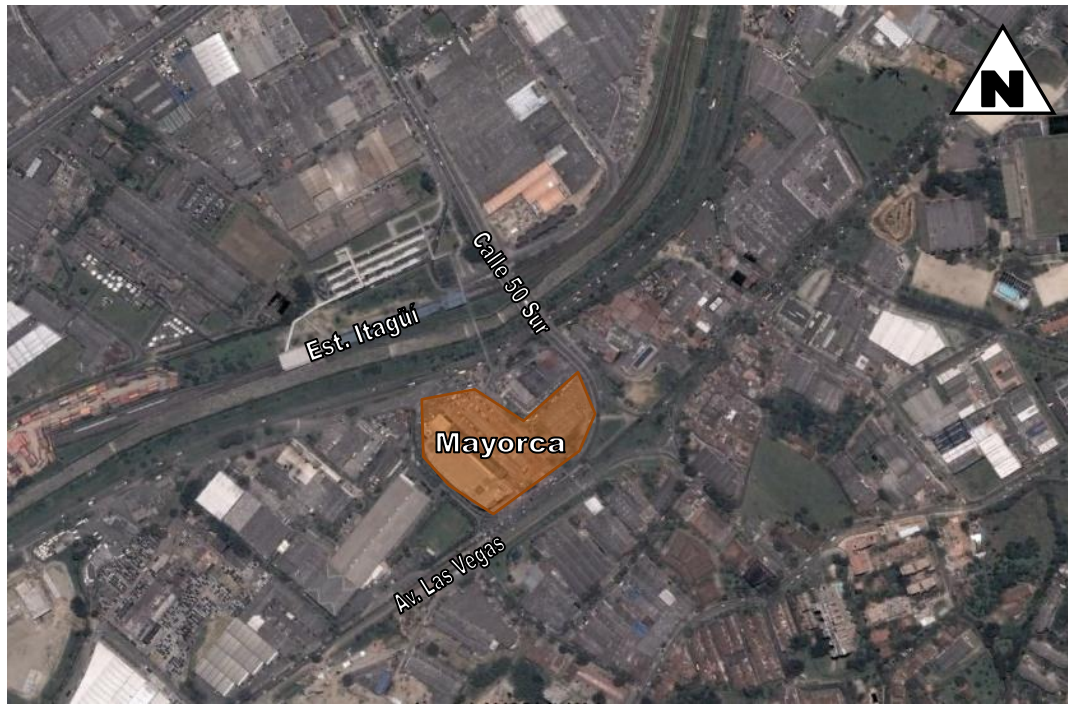
Tiene un área comercial de 46,504 m<sup>2</sup> y 1,716 celdas de parqueo. En el corazón del barrio El Tesoro, este centro comercial se ha consolidado como uno de los más exclusivos de la ciudad.

El comportamiento vehicular en hora pico de un sábado típico es:

ENTRAN		SALEN	
Autos	Motos	Autos	Motos
796	46	657	46

- Mayorca:** Conocido como el “outlet de las grandes marcas”, es uno de los centros comerciales más concurridos en el Valle de Aburrá. Localizado en el municipio de Sabaneta, este centro comercial es de alta importancia debido a que se encuentra contiguo a la estación Itagüí del Metro, lo que nos permite apreciar la incidencia del sistema de transporte público masivo en el comportamiento de la demanda vehicular en el centro comercial. A continuación se presenta la localización de este conglomerado comercial.

Ilustración 13. Localización del centro comercial Mayorca



Fuente: Elaboración propia a partir de imágenes de Google Earth

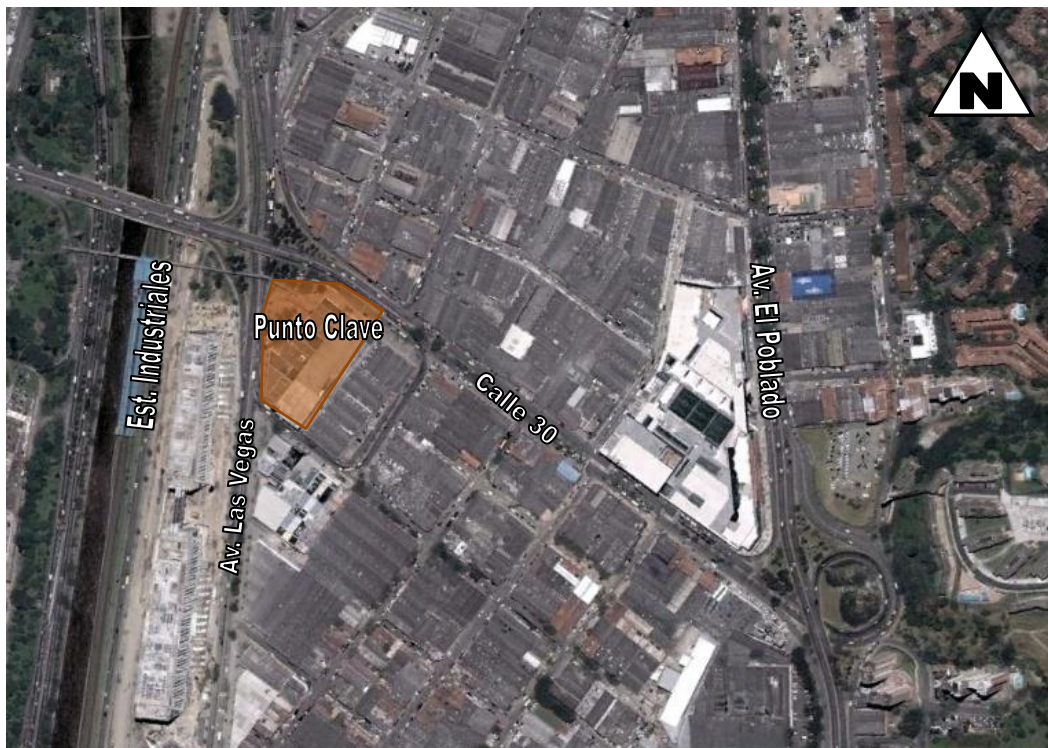
Este centro comercial comprende un área comercial de 22,909m<sup>2</sup> y un total de 790 celdas. El comportamiento registrado en la hora pico de un día sábado es:

ENTRAN		SALEN	
Autos	Motos	Autos	Motos
346	66	337	68

Adicionalmente se pudo acceder a la información de otros dos centros comerciales, gracias a la colaboración y gestión realizada por las administraciones de los mismos y que se enuncian a continuación:

- **Punto Clave:** Centro comercial contiguo a la estación Industriales del Metro. Este centro comercial localizado en la calle 30 con carrera 48, sirve a los barrios Colombia, Trinidad y Tenche, principalmente.

Ilustración 14 Localización del centro comercial Punto Clave



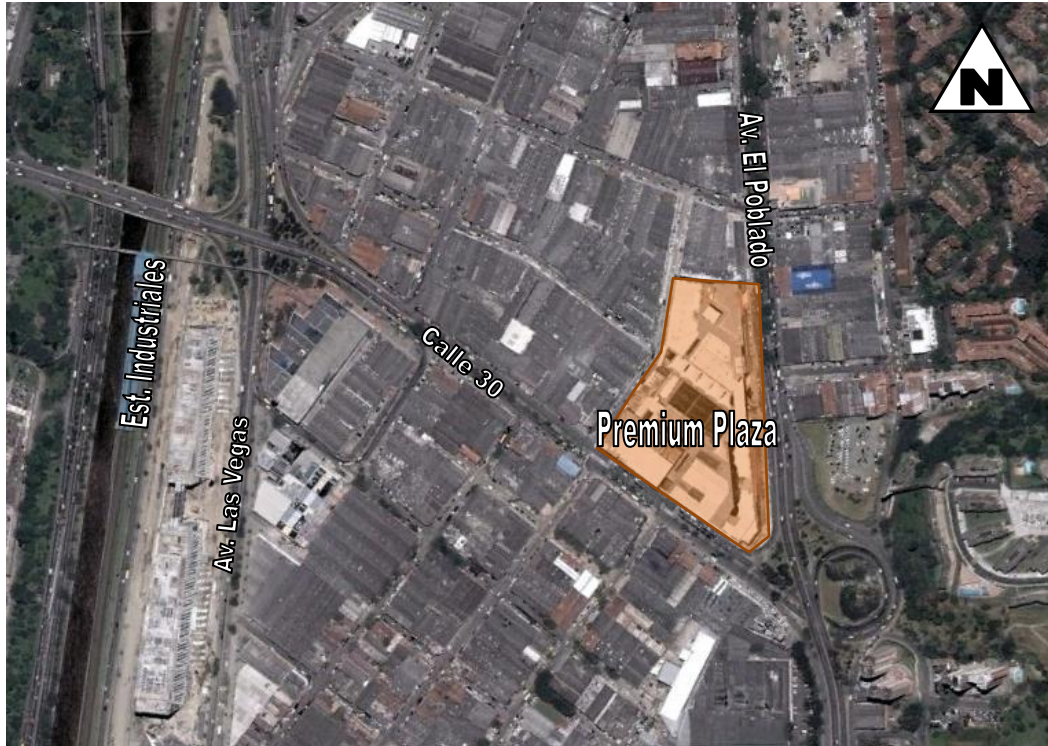
Fuente: Elaboración propia a partir de imágenes de Google Earth

Punto Clave cuenta con un área comercial de 14,307m<sup>2</sup> y 620 celdas de parqueadero. A simple vista, este centro comercial no presenta tanta afluencia vehicular en un fin de semana en comparación con los demás centros comerciales, tal y como se indica en el siguiente cuadro de ingresos y salidas en la hora pico de un sábado típico:

ENTRAN		SALEN	
Autos	Motos	Autos	Motos
72	35	73	36

Fuente: centro comercial Punto Clave

- **Premium Plaza:** Centro comercial localizado cerca a la estación Industriales del Metro, en la calle 30 con la avenida El Poblado, sirve a los barrios Colombia, San Diego y Castropol directamente.



Fuente: Elaboración propia a partir de imágenes de Google Earth

Cuenta con un área comercial de 37,188m<sup>2</sup> y 1,140 celdas de parqueadero. El comportamiento vehicular suministrado y que fue reportado para el periodo pico de un sábado típico se muestra a continuación:

ENTRAN		SALEN	
Autos	Motos	Autos	Motos
72	35	73	36

Fuente: centro comercial Premium Plaza

Con estos registros se indica más adelante el análisis de pronóstico de demanda vehicular para centros comerciales.

4.3.3.2 Almacenes “Ancla”: Son aquellos almacenes de cadena o de grandes superficies cuya área comercial contempla toda el área de ventas del almacén. Se analizó este tipo de comercio en aquellos equipamientos desligados a centros

comerciales, con el fin de identificar con mayor certeza la demanda vehicular que estos generan.

Estudio de tránsito examinado: Centro comercial La 65 (Fuente: Unidad de Vías Planeación Municipal, estudio elaborado por la firma Vías y Tránsito). En el estudio elaborado para este proyecto comercial, se toma como modelo:

- **Carrefour La 65:** Este almacén de cadena se localiza en la carrera 65 entre las calles 46B y 47D, contiguo a la estación Suramericana del Metro. En la Ilustración 15 se indica la posición de este almacén en la ciudad.

Ilustración 15. Localización Carrefour La 65



Fuente: Elaboración propia a partir de imágenes de Google Earth

Se tiene para este almacén un área comercial de 15,908m<sup>2</sup> y 1,263 celdas de parqueadero. La afluencia vehicular en la hora pico se muestra en el siguiente cuadro:

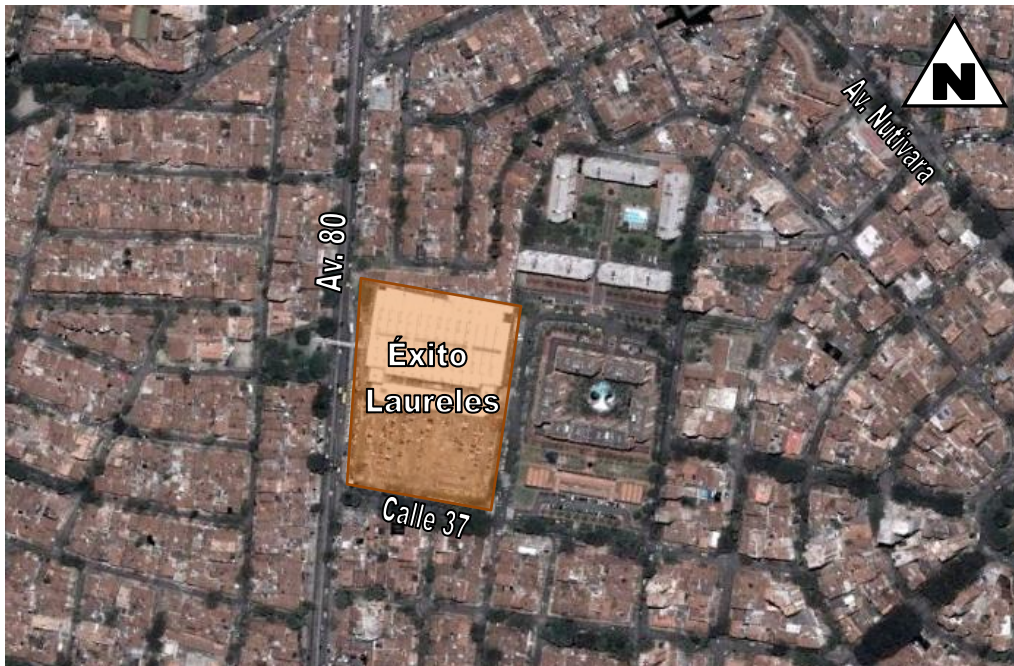
ENTRAN		SALEN	
Autos	Motos	Autos	Motos
412	145	445	126

Estudio de tránsito examinado: Centro comercial Viva Laureles (Fuente: Unidad de Vías Planeación Municipal, estudio elaborado por la firma Vías y Tránsito). En el estudio elaborado para este proyecto comercial, se toma como modelo:

- **Éxito de Laureles:** Este almacén de cadena se localiza en la avenida 80 con calle 37.

En la Ilustración 16 se indica la posición de este almacén en la ciudad.

Ilustración 16. Localización Éxito Laureles



Fuente: Elaboración propia a partir de imágenes de Google Earth

Este almacén con 7,114m<sup>2</sup> y 575 celdas de parqueadero, presenta una demanda vehicular en la hora pico de un día sábado como se muestra a continuación:

ENTRAN		SALEN	
Autos	Motos	Autos	Motos
476	28	313	34

Estudio de tránsito examinado: Centro comercial Viva Envigado (Fuente: Planeación Envigado, estudio elaborado por la firma Vías y Tránsito). En el estudio elaborado para este proyecto comercial, se toma como modelo:

- **Éxito de Envigado:** Este almacén de cadena se localiza en la avenida Las Vegas, entre las calles 32 sur y 37 sur, como se indica en la siguiente ilustración:

Ilustración 17. Localización Éxito Envigado



Fuente: Elaboración propia a partir de imágenes de Google Earth

Este gran conglomerado cuenta con un área comercial de 9,870m<sup>2</sup> y 993 celdas vehiculares. El registro vehicular en la hora pico se presenta en el siguiente cuadro:

ENTRAN		SALEN	
Autos	Motos	Autos	Motos
534	65	461	72

Más adelante se indica el análisis de pronóstico de demanda vehicular para almacenes ancla con estos registros.

#### 4.3.4 Equipamientos de educación.

A continuación se describen las instituciones de educación superior examinadas en estudios de movilidad investigados en el archivo de planeación de Medellín y en otras fuentes que se enunciarán, donde reposa información primaria para el análisis de pronóstico de demanda vehicular objeto de esta tesis, como área destinada para educación, número de parqueaderos de motos y autos, número de aulas, talleres y laboratorios, número de estudiantes y empleados, así como los registros de ingresos y salidas en los periodos pico de la mañana y tarde de un día típico laboral.

Estudio de movilidad examinado: **Plan Maestro de Planta Física de la Universidad EAFIT** (Fuente: Universidad EAFIT).

A continuación se describe brevemente este equipamiento educativo, modelo fundamental del presente estudio.

La universidad EAFIT, localizada entre las carreras 48 y 50 (Sistema vial del río y avenida Las Vegas respectivamente) y entre las calles 4 sur y 10 sur (ver Ilustración 18) y cercana a la estación Aguacatala del Metro, tiene registrados los ingresos y salidas de vehículos, en donde se infiere según su estudio que el día de mayor demanda vehicular es un día miércoles.

Ilustración 18. Localización universidad EAFIT



Fuente: Elaboración propia a partir de imágenes de Google Earth

En este importante estudio realizado en septiembre del presente año, se indican datos clave para este proyecto. La universidad cuenta con 284 aulas y talleres y 124 laboratorios que suman 24,322 m<sup>2</sup> para actividades académicas. Por otra parte, ofrece un total de 979 celdas de parqueo de autos y 316 espacios para el estacionamiento de motos. Al año 2,012 se registraron 11,716 estudiantes y 1583 empleados. A continuación se presenta la afluencia registrada para los periodos de máxima demanda en la mañana y tarde de un día miércoles típico.

PERIODO PICO AM				PERIODO PICO PM			
ENTRAN		SALEN		ENTRAN		SALEN	
Autos	Motos	Autos	Motos	Autos	Motos	Autos	Motos
301	172	20	81	191	91	152	81

Estudio de movilidad examinado: **Plan de Movilidad Universidad Pontificia Bolivariana.** (Fuente Unidad de Vías Planeación Municipal, estudio elaborado por la firma Grupo Movilidad). A continuación se describe brevemente este equipamiento educativo, como otro de los modelos pilares de esta tesis.

La UPB se localiza en la comuna 11 Laureles estadio, entre la circular 1°, la avenida Nutivara y la avenida Bolivariana. La localización de la universidad se presenta en la siguiente ilustración:

Ilustración 19. Localización universidad Pontificia Bolivariana



Fuente: Elaboración propia a partir de imágenes de Google Earth

Este recinto universitario ofrece 284 aulas y 68 talleres para actividades académicas. Además tiene la capacidad actual de albergar 807 vehículos y ofrece 68 parqueaderos oficiales de motos. Para el año 2,008 en el que se realizó este estudio, se hallaban registrados 10,693 estudiantes y 1600 empleados. En este estudio de movilidad se reportaron las siguientes demandas vehiculares de un día típico laboral:

PERIODO PICO AM				PERIODO PICO PM			
ENTRAN		SALEN		ENTRAN		SALEN	
Autos	Motos	Autos	Motos	Autos	Motos	Autos	Motos
396	60	175	32	420	68	308	53

Estudio examinado: **Plan de Movilidad Universidad de Antioquia**. (Fuente Unidad de Vías Planeación Municipal, estudio elaborado por la firma Vías y Tránsito).

En este Plan de Movilidad se aforaron los accesos de la universidad de Antioquia, por lo que nos es útil como modelo para el presente estudio.

La universidad de Antioquia se localiza entre el sistema vial del río y carrera 53 y entre la calle 67 Barranquilla y el Parque Norte, tal como se observa en la siguiente ilustración.

Ilustración 20. Localización universidad de Antioquia



Fuente: Elaboración propia a partir de imágenes de Google Earth

El Alma Máter ofrece en su sede principal un total de 85,600m<sup>2</sup> para labores académicas, 941 celdas de parqueo de autos y 140 celdas para motos aproximadamente. Para el año 2,011 se reportó un total de 37,032 estudiantes y 1853 empleados. En el estudio realizado se reporta la siguiente afluencia vehicular en un día típico laboral:

PERIODO PICO AM				PERIODO PICO PM			
ENTRAN		SALEN		ENTRAN		SALEN	
Autos	Motos	Autos	Motos	Autos	Motos	Autos	Motos
185	103	42	40	90	87	125	87

Estudio examinado: **Estudio de Movilidad para el Polígono Z2-API-48** (Fuente Unidad de Vías Planeación Municipal, estudio elaborado por la firma Vías y Tránsito). En este estudio se analizó la incidencia de la ejecución de los proyectos viales previstos alledaño a las instituciones educativas de la Comuna 7 Robledo. Para esto se aforaron varias instituciones que se describen a continuación:

- **Colegio Mayor:** Esta institución universitaria, se localiza en la calle 65 x transversal 73, como se observa en la siguiente ilustración:

Ilustración 21. Localización Colegio Mayor



Fuente: Elaboración propia a partir de imágenes de Google Earth

El Colegio Mayor cuenta actualmente con una planta física que comprende 42 aulas que suman 2,555m<sup>2</sup> de área destinada para la academia entre salones y talleres. Así mismo, ofrece 54 celdas de parqueadero para autos y 50 celdas para motos. El número de estudiantes y empleados reportados en el año 2,009 es de 1,850 y 275 respectivamente. La demanda vehicular registrada en un día típico laboral se presenta a continuación:

PERIODO PICO AM				PERIODO PICO PM			
ENTRAN		SALEN		ENTRAN		SALEN	
Autos	Motos	Autos	Motos	Autos	Motos	Autos	Motos
40	40	8	7	27	8	26	17

- **Instituto Tecnológico Metropolitano:** Localizado en la comuna 7 Robledo sobre la transversal 73 junto a otras instituciones de educación superior, como el Colegio Mayor, se observa en la Ilustración 22

Ilustración 22. Localización I.T.M



Fuente: Elaboración propia a partir de imágenes de Google Earth

Actualmente el I.T.M cuenta con una infraestructura destinada para la academia de 5,523m<sup>2</sup>, en los que se encuentran 85 espacios entre aulas y talleres. Por su parte, la institución cuenta con 160 celdas de parqueo para autos y 330 celdas para motos. En el año 2,009 se registró un total de 11,483 estudiantes y 669 empleados. El ingreso y salida de vehículos en hora pico, registrado en un día típico laboral se relaciona a continuación:

PERIODO PICO AM				PERIODO PICO PM			
ENTRAN		SALEN		ENTRAN		SALEN	
Autos	Motos	Autos	Motos	Autos	Motos	Autos	Motos
105	284	1	1	146	682	116	207

- **Pascual Bravo:** Esta institución educativa hace parte del conjunto de instituciones localizadas en la transversal 73 del barrio Cerro El Volador, en la comuna 7 Robledo, tal como se muestra en la siguiente ilustración:

Ilustración 23. Localización Instituto Pascual Bravo



Fuente: Elaboración propia a partir de imágenes de Google Earth

El Instituto Pascual Bravo cuenta con una planta conformada por 115 unidades entre aulas y talleres, que suman un área de 9,153m<sup>2</sup> destinada para actividades académicas. La oferta de parqueaderos se resume en 96 celdas para autos y 100 celdas para motos. El registro de estudiantes y empleados en el 2,009 es de 6,500 y 435 respectivamente. La afluencia vehicular registrada para un día típico laboral, se muestra en el siguiente cuadro:

PERIODO PICO AM				PERIODO PICO PM			
ENTRAN		SALEN		ENTRAN		SALEN	
Autos	Motos	Autos	Motos	Autos	Motos	Autos	Motos
45	62	4	1	32	234	23	46

- Universidad de Antioquia Sede Robledo:** Esta sede de la universidad de Antioquia comprende la facultad de Veterinaria y Zootecnia. Localizada en el barrio San Germán de la comuna 7 Robledo (ver Ilustración 24), está conformada por 34 espacios entre aulas, talleres y laboratorios, que suman un área de 8,999m<sup>2</sup> para actividades académicas. El número de celdas que

ofrece esta sede es de 176 celdas para vehículos. Se reportaron para el año 2,009 un total de 2,610 estudiantes y 504 empleados.

Ilustración 24. Localización Universidad de Antioquia Sede de Robledo.



Fuente: Elaboración propia a partir de imágenes de Google Earth

La demanda vehicular aforada en un día típico laboral, se registro con las siguientes cifras de ingreso y salida:

PERIODO PICO AM				PERIODO PICO PM			
ENTRAN		SALEN		ENTRAN		SALEN	
Autos	Motos	Autos	Motos	Autos	Motos	Autos	Motos
48	67	11	20	18	8	46	51

Luego de analizar las instituciones educativas, el pronóstico de la demanda se presenta más adelante, junto con el de los demás equipamientos y usos de suelo.

#### 4.3.5 Equipamientos de salud (clínicas o consultorios).

Por último se analizan y describen uno a uno los equipamientos salud investigados en estudios de movilidad realizados en la ciudad de Medellín que reposan en el archivo de Planeación Municipal. La información contenida proporciona datos clave para la consecución de la presente tesis de grado. Esta información comprende número de consultorios, salas de cirugías y su equivalencia en área; número de parqueaderos que ofrece este tipo de equipamientos y el registro de entradas y salidas de autos y motos en las horas pico de un día típico laboral, que para este tipo de equipamientos se adiciona periodo pico del medio día de los que hay información disponible. Esto se debe a que no necesariamente se acude a un centro de salud temprano en la mañana o al finalizar la tarde, sino a cualquier hora del día hay afluencia hacia y desde un hospital o clínica.

Estudio examinado: **Clínica Oftalmológica San Diego** (Fuente Unidad de Vías Planeación Municipal, estudio elaborado por la firma Vías y Tránsito). Esta clínica se localiza en la carrera 43 con calle 30 en el sector de San Diego. (Ver Ilustración 25).

Ilustración 25. Localización Clínica Oftalmológica San Diego



Fuente: Elaboración propia a partir de imágenes de Google Earth

Actualmente, aunque se está construyendo una nueva sede de la clínica, lo registrado hoy en día, indica que la clínica cuenta con un área de 2,388m<sup>2</sup> repartidos en 40 consultorios, 1 quirófano y un local comercial. El número de celdas de parqueo es de 49. En los aforos realizados en un día típico laboral, se observa el siguiente comportamiento en materia de movilidad:

PERIODO PICO AM				PERIODO PICO PM			
ENTRAN		SALEN		ENTRAN		SALEN	
Autos	Motos	Autos	Motos	Autos	Motos	Autos	Motos
56	4	26	3	26	2	33	9

Estudio examinado: **MEDICAL** (Fuente Unidad de Vías Planeación Municipal, estudio elaborado por la firma Vías y Tránsito). Este estudio que comprende una torre de consultorios y otros servicios relacionados con la salud, toma como modelo el edificio que se describe a continuación:

**Torre Intermédica.** Esta torre de servicios médicos se localiza en la carrera 43A con calle 7 en el sector del Poblado, tal como lo indica la siguiente ilustración:

Ilustración 26. Localización Torre Intermédica



Fuente: Elaboración propia a partir de imágenes de Google Earth

La torre Intermédica ofrece 180 unidades médicas que se dividen en 170 consultorios, 4 quirófanos y 6 locales, que suman un área de 14,175m<sup>2</sup>. También cuenta con una oferta de 412 parqueaderos. La afluencia vehicular registrada en los aforos realizados en un día típico laboral se presenta en el siguiente cuadro:

PERIODO PICO AM				PERIODO PICO PM			
ENTRAN		SALEN		ENTRAN		SALEN	
Autos	Motos	Autos	Motos	Autos	Motos	Autos	Motos
101	10	69	1	88	22	117	12

Estudio examinado: **Estudio de Movilidad Para la Zona Hospitalaria del Noroccidente de la Ciudad de Medellín** (Fuente Unidad de Vías Planeación Municipal, estudio elaborado por la firma Vías y Tránsito). En este estudio se analizó la movilidad del sector donde se encuentran las clínicas de la comuna 7 Robledo y que a continuación se describe su conformación y comportamiento vehicular:

- **Clínica Cardiovascular Santa María:** Este importante centro médico se localiza en el barrio Bosques de San Pablo, en la calle 78B con carrera 75. Recientemente remodelada, la clínica Cardiovascular es una de las clínicas más importantes de la ciudad por la calidad de los servicios que presta y del recurso humano de que dispone.

La localización de la clínica se presenta en la siguiente ilustración:

Ilustración 27. Localización Clínica Cardiovascular



Fuente: Elaboración propia a partir de imágenes de Google Earth

La clínica actualmente cuenta con 8 consultorios, 40 quirófanos y 230 camas para atención de urgencias, cuidados intensivos y hospitalizaciones, en un área de 18,950m<sup>2</sup>. A continuación se muestra el registro de ingresos y salidas a la clínica:

PERIODO PICO AM				PERIODO PICO PM			
ENTRAN		SALEN		ENTRAN		SALEN	
Autos	Motos	Autos	Motos	Autos	Motos	Autos	Motos
173	32	86	9	53	10	92	26

- Clínica de la Universidad Pontificia Bolivariana:** Localizada en la calle 78B con carrera 73, esta clínica se encuentra junto con la clínica Cardiovascular, en la zona hospitalaria de la comuna 7 Robledo. En la ilustración que se indica a continuación se muestra la localización de la clínica UPB.

Ilustración 28. Localización clínica UPB



Fuente: Elaboración propia a partir de imágenes de Google Earth

Este recinto de salud cuenta con 11,391m<sup>2</sup> comprendidos en 28 consultorios, 12 quirófanos y 162 camas para la atención de los usuarios. El registro de ingresos y salidas de vehículos, encontrado en el estudio realizado, se muestra a continuación:

PERIODO PICO AM				PERIODO PICO PM			
ENTRAN		SALEN		ENTRAN		SALEN	
Autos	Motos	Autos	Motos	Autos	Motos	Autos	Motos
157	26	79	15	34	41	63	24

- **Hospital Pablo Tobón Uribe:** Dentro de la zona hospitalaria de Robledo, este es el más grande centro de salud, localizado entre las calles 78B y 79 y las calles 69 y 73, como se indica en la Ilustración 29

El hospital está en proceso de remodelación, pero actualmente cuenta con 104 consultorios, 11 quirófanos y 344 camas para urgencias, cuidados intensivos y hospitalización. La suma total de área de servicios alcanza 44,910m<sup>2</sup>.

Ilustración 29. Localización hospital Pablo Tobón Uribe



Fuente: Elaboración propia a partir de imágenes de Google Earth

El comportamiento vehicular observado en un día típico se muestra a continuación:

PERIODO PICO AM				PERIODO PICO PM			
ENTRAN		SALEN		ENTRAN		SALEN	
Autos	Motos	Autos	Motos	Autos	Motos	Autos	Motos
459	71	335	38	348	61	394	88

Todos estos registros de equipamientos médicos y las condiciones y características particulares de cada equipamiento, se analizarán más adelante con el fin de obtener la base de datos para el pronóstico de la demanda vehicular.

#### 4.4 Relación de viajes generados y atraídos según motivo de viaje

Ahora se realiza un análisis enfocado en el modo auto y en las intenciones de viaje de los habitantes de la ciudad, especialmente en las comunas más representativas al uso de transporte particular, con base en los destinos referentes a los equipamientos registrados en este capítulo y en los periodos pico de la mañana (6:00 a 9:00) y en la tarde (17:00 a 20:00) para los equipamientos analizados, excepto para los comerciales cuyo pico analizado es entre las 16:00 y 19:00 horas. Esto se realiza con el fin de establecer tendencias y proyecciones de viajes en sitios alusivos a los usos de suelos abarcados en el presente estudio.

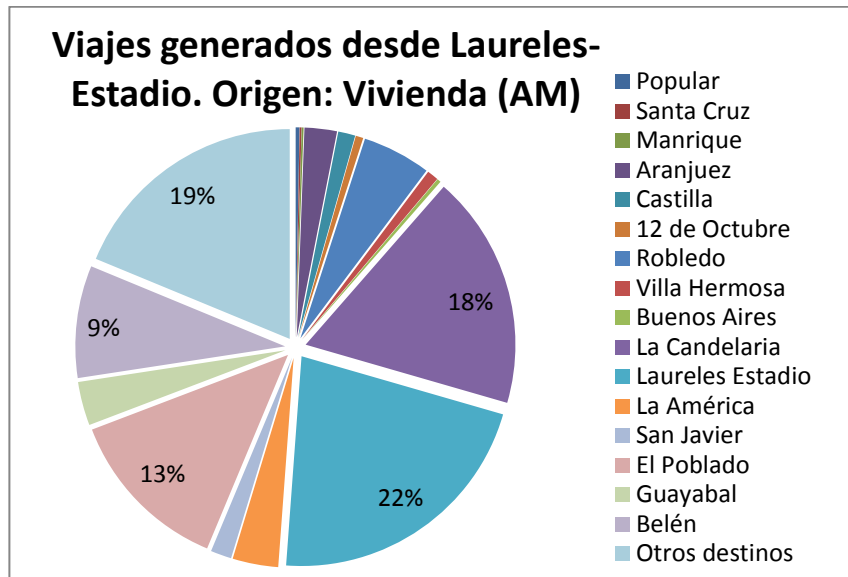
Se aclara que el análisis que se presenta a continuación, se realiza sobre la Encuesta Origen-Destino del año 2005, ya que no se dispone de la información de motivos de viaje a nivel de detalle, de la EOD de 2012. Sin embargo se considera que las tendencias de motivos de viajes no han cambiado mucho y la oferta de equipamientos de salud, educativo y comercial tampoco ha cambiado sustancialmente a la fecha.

##### 4.4.1 Viajes Generados

Los viajes generados que se analizan a continuación toman como origen los equipamientos de vivienda en la mañana y como destino en la tarde (motivo: regreso a casa). Los demás equipamientos se analizan más adelante en los viajes atraídos, toda vez que se relacionan con el motivo de viaje.

- **Vivienda:** El siguiente análisis considera que en el periodo pico de la mañana los viajes generados desde los diferentes orígenes parten desde las viviendas, hacia diferentes destinos y con diversos motivos. Para las horas pico de la tarde se toman los viajes generados desde las comunas con motivo regreso a casa. A continuación se indican las proporciones en las comunas con mayor uso de vehículo particular que generan estos viajes. Estas comunas son 11 Laureles-Estadio, 14 El Poblado y 16 Belén:

Gráfica 13. Viajes generados en viviendas en periodo pico AM desde la comuna 11.

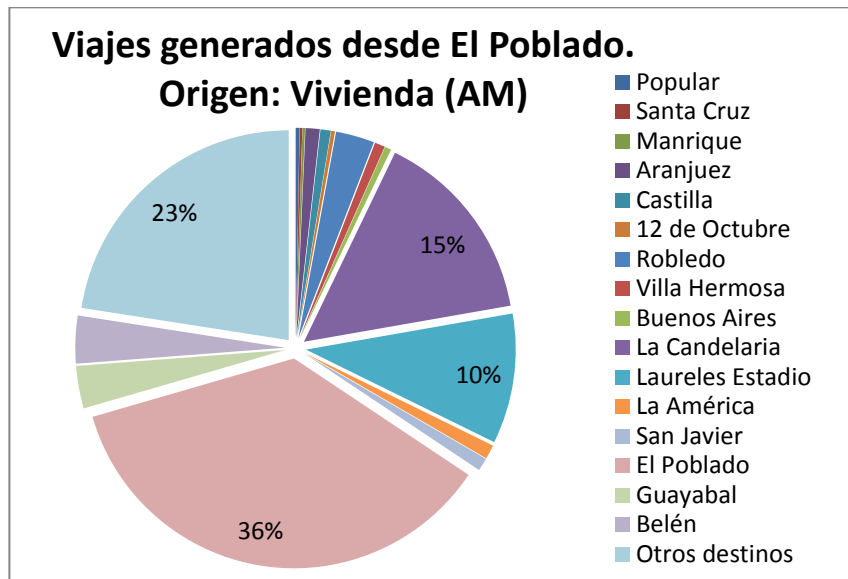


Fuente: Elaboración propia a partir de la Encuesta Origen-Destino de 2005

En esta gráfica se aprecia que en las horas pico de la mañana, desde la comuna 11 se generan viajes que se supone inician desde las viviendas y que se dirigen con mayor frecuencia hacia las comunas Laureles-Estadio, El Poblado, La Candelaria y Belén, lo que suma el 53% de los viajes que se generan desde esta comuna en el periodo mencionado.

En el periodo pico de la tarde, con motivo de regreso a casa, se genera desde la comuna 11 hacia el interior de esta misma comuna, un 18% de los viajes. El 82% restante se reparte a otros destinos fuera de esta comuna.

Gráfica 14. Viajes generados en viviendas en periodo pico AM desde la comuna 14.

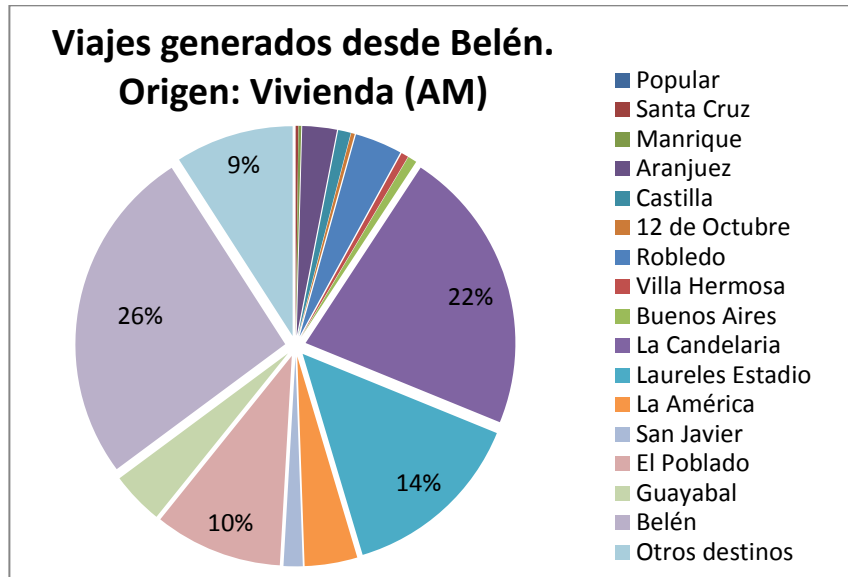


Fuente: Elaboración propia a partir de la Encuesta Origen-Destino de 2005

Para el caso de la comuna 14 El Poblado, se encuentra que los viajes que se generan en las horas pico de la mañana, suponiendo que parten desde las viviendas, se dirigen principalmente hacia las comunas El Poblado con un 36%, La Candelaria con el 15% y hacia Laureles-Estadio con un 10%, lo que significa que el 61% de estos viajes tienen como destino estas comunas.

En el periodo pico de la tarde, con motivo de regreso a casa, se genera desde la comuna 14 hacia el interior de la misma, un 9% de los viajes. El 91% restante se reparte a otros destinos fuera de esta comuna.

Gráfica 15. Viajes generados en viviendas en periodo pico AM desde la comuna 16.



Fuente: Elaboración propia a partir de la Encuesta Origen-Destino de 2005

Por último, en la comuna 16 Belén se generan viajes con el supuesto origen desde las viviendas, en el periodo pico de la mañana, principalmente hacia las comunas Belén, La Candelaria, Laureles-Estadio y El Poblado. Esto resume que el 72% de estos viajes se concentran en 4 comunas de la ciudad.

Para el periodo pico de la tarde se tiene que con motivo de regreso a casa, desde Belén se generan viajes que constituyen el 36% hacia el interior de la misma comuna y el 64% restante se dirige hacia otros destinos.

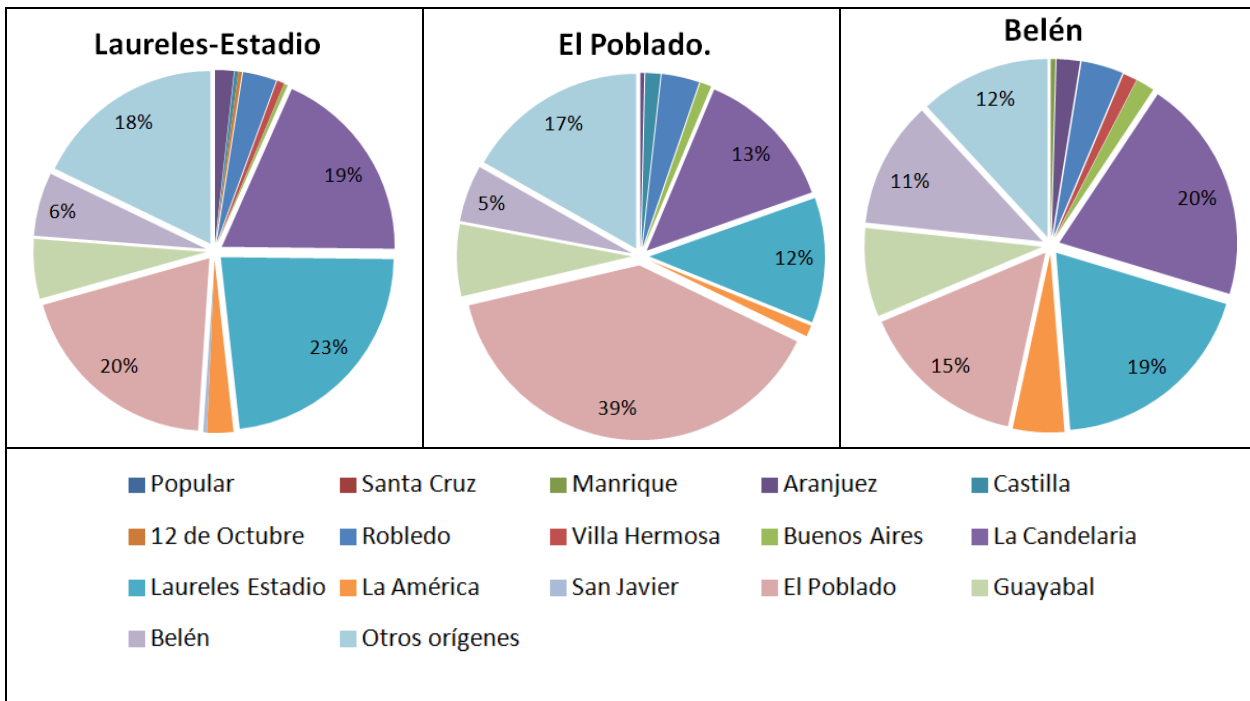
De este análisis se concluye que en la ciudad la mayoría de los viajes realizados en vehículo particular tienen como origen y destino las comunas La Candelaria (donde está el centro de Medellín), Laureles-Estadio, El Poblado y Belén, comunas donde predominan estratos de la clase media-alta y alta.

#### 4.4.2 Viajes atraídos

Los viajes atraídos, para los diferentes tipos de equipamientos, dependen del motivo de viaje. El siguiente análisis ilustra los diferentes escenarios:

- **Vivienda:** Para el periodo pico de la mañana según la EOD 2005 no se registran muchos viajes atraídos hacia las comunas de mayor uso de auto, por lo tanto no se indica acá. Para el periodo de la tarde, cuando la gente regresa a sus casas, se indica el siguiente registro:

Gráfica 16. Viajes atraídos a las comunas con mayor uso de vehículo particular.  
Motivo: Regreso a casa (Vivienda PM)

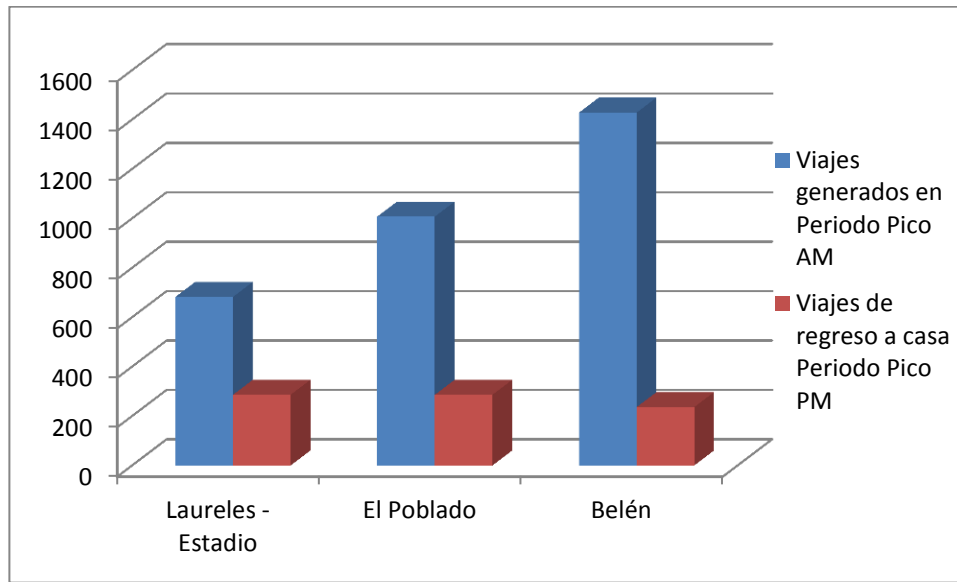


Fuente: Elaboración propia a partir de la Encuesta Origen-Destino de 2005

Como se observa en la gráfica anterior, en el periodo pico de la tarde, las comunas de mayor influencia de vehículo particular, atraen un porcentaje muy similar de vehículos desde las mismas comunas en las que se generan. (Ver gráficas numeral 4.4.1 Viajes Generados).

En cuanto al porcentaje de viajes en auto, que en el periodo pico de la tarde tienen como motivo el regreso a casa, respecto a los viajes generados en el periodo pico de la mañana, se tiene lo siguiente:

Gráfica 17. Comparación de viajes generados en periodo pico AM con viajes de regreso a casa en periodo pico PM

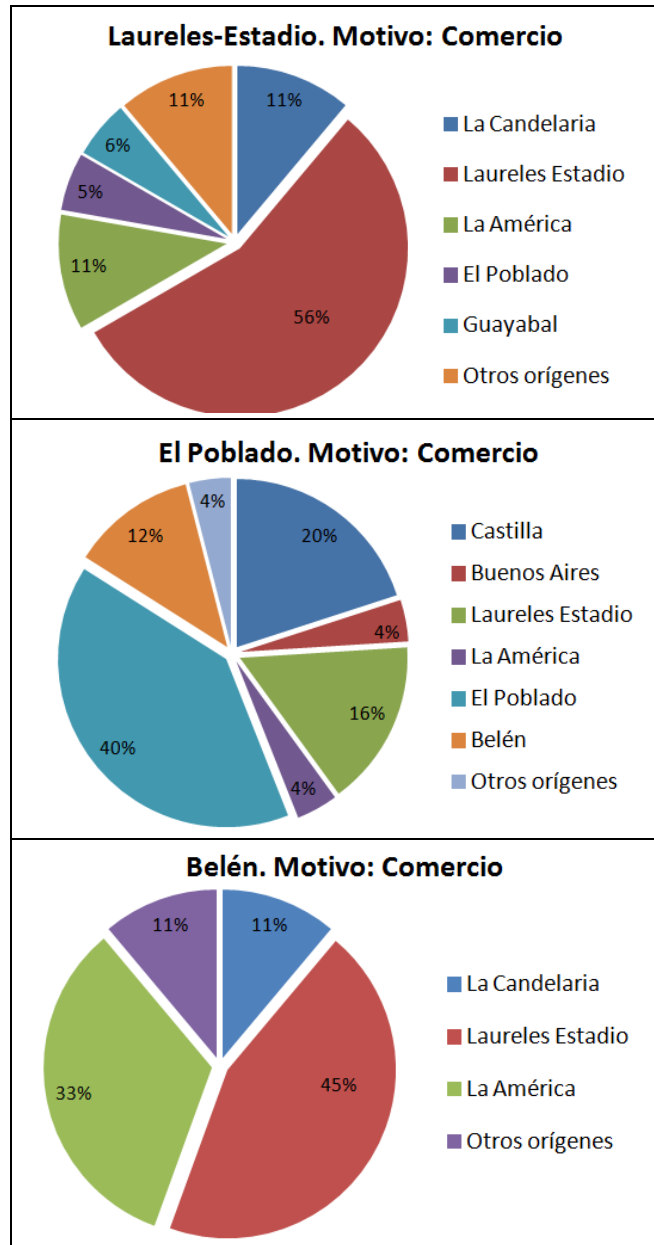


Fuente: Elaboración propia a partir de la Encuesta Origen-Destino de 2005

De la gráfica anterior se concluye que los viajes con motivo de regreso a casa en el periodo pico PM, no constituyen gran parte de los viajes generados en auto en el periodo pico de la mañana, en las comunas de mayor influencia de uso de vehículo particular. Pues para Laureles-Estadio corresponde al 42% y para El Poblado y Belén corresponden al 28% y 17%, respectivamente.

- **Oficinas y Comercio:** El análisis que se presenta a continuación indica por motivo de comercio, compras y trabajo, que tan atractivos son las comunas 11, 14 y 16 siendo estas las de mayor influencia en el uso de vehículo particular. Este análisis se ilustra para el periodo pico de la tarde, en el cual se halla la mayor demanda vehicular para este motivo de viaje.

Gráfica 18. Viajes atraídos a comunas de mayor influencia en uso de vehículo particular. Motivo: Comercio.

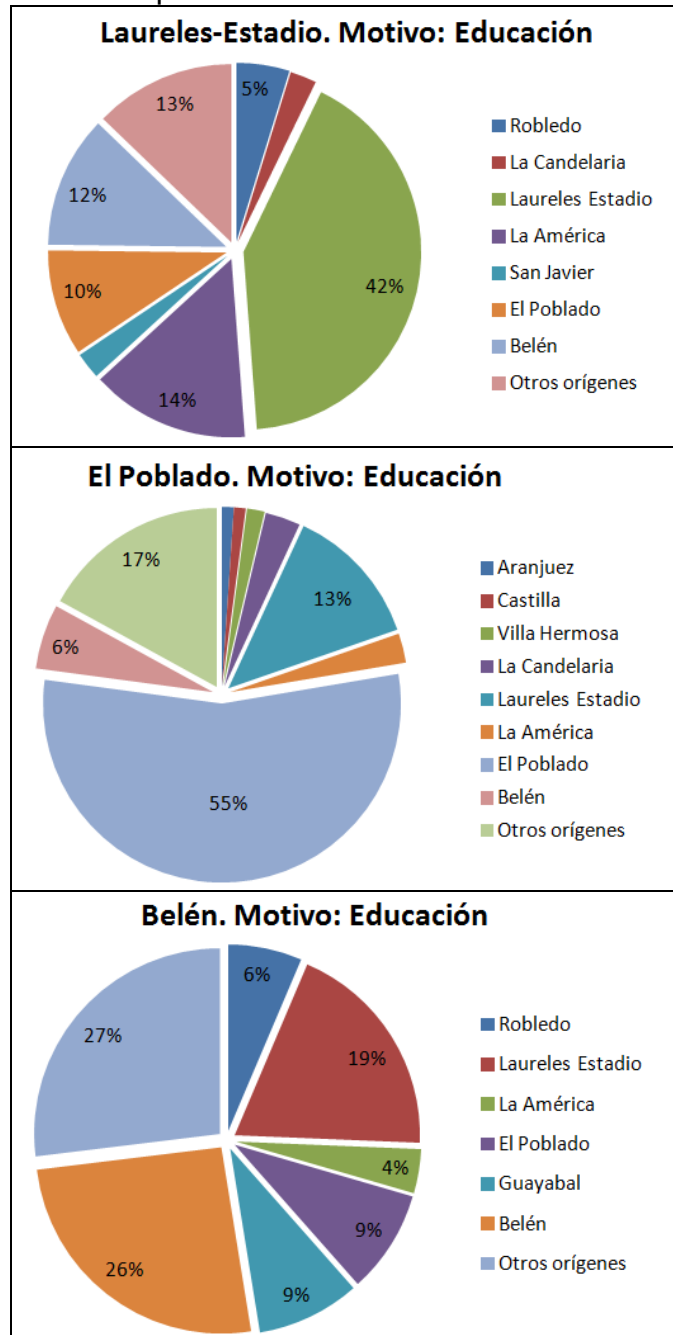


Fuente: Elaboración propia a partir de la Encuesta Origen-Destino de 2005

Aunque no son tantos viajes los registrados, se puede concluir que con las condiciones descritas anteriormente, las comunas 11, 14 y 16 reciben en mayor medida, viajes provenientes de sus mismas comunas.

- **Educación:** Las comunas 11, 14 y 16 atraen viajes con motivo de estudio en las proporciones que se indican a continuación, durante el día:

Gráfica 19. Viajes atraídos a comunas de mayor influencia en uso de vehículo particular. Motivo: Educación.

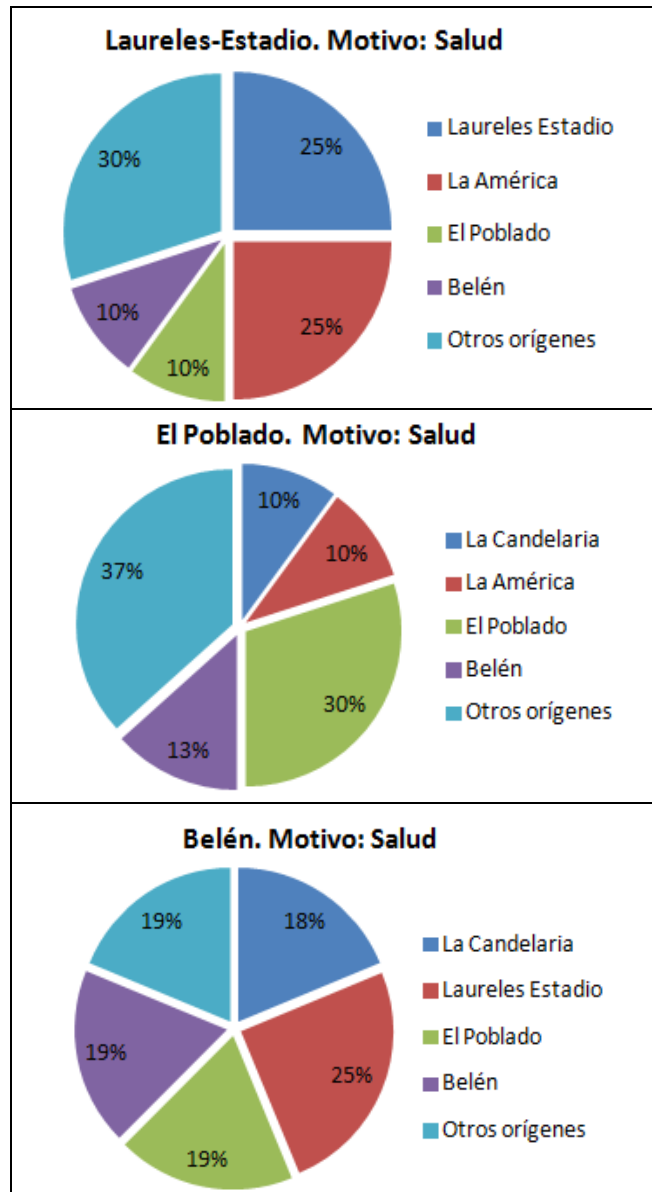


Fuente: Elaboración propia a partir de la Encuesta Origen-Destino de 2005

De este análisis se concluye que los viajes que más atraen las 3 comunas analizadas, provienen de ellas mismas, así como un porcentaje considerable de viajes proviene de comunas contiguas a la comuna examinada.

- **Salud:** Aunque en la EOD 2005 se registran pocos viajes en auto con este motivo hacia las comunas 11, 14 y 16, la atracción de viajes se indican, durante el día así:

Gráfica 20. Viajes atraídos a comunas de mayor influencia en uso de vehículo particular. Motivo: Salud.



Fuente: Elaboración propia a partir de la Encuesta Origen-Destino de 2005

La gráfica anterior indica que los viajes que atraen las comunas analizadas provienen en mayor medida de la misma comuna y de comunas adyacentes a las éstas, tal como ocurre en los viajes atraídos con motivo educación.

## 5. DIAGNÓSTICO Y ANÁLISIS DE DEMANDA VEHICULAR REGISTRADA

Después de observar y analizar la información obtenida de diferentes estudios realizados por varias firmas consultoras en la ciudad, a continuación se analizan los resultados por grupos según el tipo de equipamiento examinado y se comparan dichos resultados con la normativa vigente.

### 5.1 Equipamientos de vivienda

Según el anexo 1 del decreto 1521 de 2008, las obligaciones de parqueaderos en áreas residenciales (celda/vivienda) son las que se indican en la siguiente tabla:

Tabla 7. Obligación de estacionamientos para equipamientos de vivienda.

ESTRATO	PRIVADOS	VISITANTES		
	Vehículo	Motos	Vehículo	Motos
1	-	-	1/10	1/4 (min)
2	-	-	1/6	1/4 (min)
3	1/3 (min)	1/6 (min)	1/6	1/5 (min)
4	1/3 (min) - 1/1 (max)	Opcional	1/5	Opcional
5	1/2 (min) - 2/1 (max)	Opcional	1/4	Opcional
6	1/1 (min) - 4/1 (max)	Opcional	1/4	Opcional

Fuente: Decreto 1521 de 2008. Municipio de Medellín.

Según los estudios examinados, en las siguientes tablas se tienen las relaciones celdas/viviendas, así como la relación entre la demanda vehicular registrada y el número de viviendas y parqueaderos, de cada uno de los modelos separados por estrato socioeconómico. Los valores promedio serán los que se adopten en un nuevo proyecto de vivienda, para el cual según sus características, se tomará el índice más crítico para el pronóstico de la demanda en la hora pico AM y PM.

Tabla 8. Resumen compilado de registros de demanda vehicular en edificios de vivienda para estrato 3

EQUIPAMIENTOS DE VIVIENDA (Estrato socioeconómico 3)			Palmar del Viento	Senderos del Palmar 1	Ciudadela San Michel	Rayo de Sol	Recinto de la Arboleda	Campo Verde
Localización (comuna)			Cl 79 x Cra 72B (C7)	Cl 79 x Cra 72B (C7)	Cl 42 x Cr 108 (C13)	Cl 9A Sur x Cr 79A (C16)	Cl 49DD x Cr 83 (C12)	Cl 49DD x Cr 83 (C12)
Número de viviendas	und		264	400	450	192	100	100
Número total de parqueaderos	und		332	396	-	95	-	-
Afluencia hora pico AM	entrada	veh/hora	68	80	33	33	18	27
	salida	veh/hora	135	160	52	10	32	50
Afluencia hora pico PM	entrada	veh/hora	70	84	85	26	20	42
	salida	veh/hora	47	56	39	9	16	29
Viviendas por cada celda de estacionamiento			0.80	1.01	-	2.02	-	-
Hora pico AM	Ingreso autos/vivienda en hora pico		0.258	0.200	0.073	0.172	0.180	0.270
	Salidas autos/vivienda en hora pico		0.511	0.400	0.116	0.052	0.320	0.500
	Ingreso autos/celda en hora pico		0.20	0.20	-	0.35	-	-
	Salida autos/celda en hora pico		0.41	0.40	-	0.11	-	-
Hora pico PM	Ingreso autos/vivienda en hora pico		0.265	0.210	0.189	0.135	0.200	0.420
	Salidas autos/vivienda en hora pico		0.178	0.140	0.087	0.047	0.160	0.290
	Ingreso autos/celda en hora pico		0.21	0.21	-	0.27	-	-
	Salida autos/celda en hora pico		0.14	0.14	-	0.09	-	-

Fuente: Elaboración propia a partir de información secundaria.

Con el fin de establecer promedios, de la tabla anterior se retira el conjunto residencial San Michel, por presentar resultados muy diferentes a los demás conjuntos. Así mismo se descartan los valores de los demás conjuntos que discrepan del promedio, resultando en la siguiente tabla:

Tabla 9. Demanda vehicular promedio en edificios de vivienda para estrato 3

EQUIPAMIENTOS DE VIVIENDA (Estrato socioeconómico 3)			Palmar del Viento	Senderos del Palmar 1	Rayo de Sol	Recinto de la Arboleda	Campo Verde	PROMEDIO
Localización (comuna)			Cl 79 x Cra 72B (C7)	Cl 79 x Cra 72B (C7)	Cl 9A Sur x Cr 79A (C16)	Cl 49DD x Cr 83 (C12)	Cl 49DD x Cr 83 (C12)	
Número de viviendas	und		264	400	192	100	100	
Número total de parqueaderos	und		332	396	95	-	-	
Afluencia hora pico AM	entrada	veh/hora	68	80	33	18	27	
	salida	veh/hora	135	160	10	32	50	
Afluencia hora pico PM	entrada	veh/hora	70	84	26	20	42	
	salida	veh/hora	47	56	9	16	29	
Viviendas por cada celda de estacionamiento			0.80	1.01	2.02	-	-	<b>1.275</b>
Hora pico AM	Ingreso autos/vivienda en hora pico		0.258	0.200	0.172	0.180	0.270	<b>0.216</b>
	Salidas autos/vivienda en hora pico		0.511	0.400	-	0.320	0.500	<b>0.433</b>
	Ingreso autos/celda en hora pico		0.20	0.20	0.35	-	-	<b>0.251</b>
	Salida autos/celda en hora pico		0.41	0.40	0.11	-	-	<b>0.305</b>
Hora pico PM	Ingreso autos/vivienda en hora pico		0.265	0.210	0.135	0.200	0.420	<b>0.246</b>
	Salidas autos/vivienda en hora pico		0.178	0.140	-	0.160	0.290	<b>0.192</b>
	Ingreso autos/celda en hora pico		0.21	0.21	0.27	-	-	<b>0.232</b>
	Salida autos/celda en hora pico		0.14	0.14	0.09	-	-	<b>0.126</b>

Fuente: Elaboración propia a partir de información secundaria.

Tabla 10. Resumen compilado de registros de demanda vehicular en edificios de vivienda para estrato 4

EQUIPAMIENTOS DE VIVIENDA (Estrato socioeconómico 4)			Reserva de San Diego	Ciudadela Aliadas	Acuarelas de San Diego	Sol del Rodeo	Cercanías de la Mota	Torres del Estadio
Localización (comuna)			Cr 28 x Cl 29 (C9)	Cl 18 x Cr 83 (C16)	Cl 29C x Cr 35 (C9)	Cl 9 Sur x Cr 79A (C16)	Cl 9 x Cr 73 (C16)	Cr 74 x Cl 53 (C11)
Número de viviendas		und	204	150	192	240	146	246
Número total de parqueaderos		und	245	178	155	180	175	230
Afluencia hora pico AM	entrada	veh/hora	13	18	24	13	15	66
	salida	veh/hora	28	27	39	55	49	86
Afluencia hora pico PM	entrada	veh/hora	29	29	37	40	40	88
	salida	veh/hora	16	23	15	13	34	51
Viviendas por cada celda de estacionamiento			0.83	0.84	1.24	1.33	0.83	1.07
Hora pico AM	Ingreso autos/vivienda en hora pico		0.064	0.120	0.125	0.054	0.103	0.268
	Salidas autos/vivienda en hora pico		0.137	0.180	0.203	0.229	0.336	0.350
	Ingreso autos/celda en hora pico		0.05	0.10	0.15	0.07	0.09	0.29
	Salida autos/celda en hora pico		0.11	0.15	0.25	0.31	0.28	0.37
Hora pico PM	Ingreso autos/vivienda en hora pico		0.142	0.193	0.193	0.167	0.274	0.358
	Salidas autos/vivienda en hora pico		0.078	0.153	0.078	0.054	0.233	0.207
	Ingreso autos/celda en hora pico		0.12	0.16	0.24	0.22	0.23	0.38
	Salida autos/celda en hora pico		0.07	0.13	0.10	0.07	0.19	0.22

Fuente: Elaboración propia a partir de información secundaria.

Para las viviendas registradas de estrato 4 se retira el registro de Cercanías de la Mota, por tener valores mucho más elevados al promedio., de modo que la tabla con los valores promedios es la que se muestra a continuación:

Tabla 11. Demanda vehicular promedio en edificios de vivienda para estrato 4

EQUIPAMIENTOS DE VIVIENDA (Estrato socioeconómico 4)			Reserva de San Diego	Ciudadela Aliadas	Acuarelas de San Diego	Sol del Rodeo	Cercanías de la Mota	PROMEDIO
Localización (comuna)			Cr 28 x Cl 29 (C9)	Cl 18 x Cr 83 (C16)	Cl 29C x Cr 35 (C9)	Cl 9 Sur x Cr 79A (C16)	Cl 9 x Cr 73 (C16)	
Número de viviendas		und	204	150	192	240	146	
Número total de parqueaderos		und	245	178	155	180	175	
Afluencia hora pico AM	entrada	veh/hora	13	18	24	13	15	
	salida	veh/hora	28	27	39	55	49	
Afluencia hora pico PM	entrada	veh/hora	29	29	37	40	40	
	salida	veh/hora	16	23	15	13	34	
Viviendas por cada celda de estacionamiento			0.83	0.84	1.24	1.33	0.83	<b>1.016</b>
Hora pico AM	Ingreso autos/vivienda en hora pico		0.064	0.120	0.125	0.054	0.103	<b>0.093</b>
	Salidas autos/vivienda en hora pico		0.137	0.180	0.203	0.229	0.336	<b>0.217</b>
	Ingreso autos/celda en hora pico		0.05	0.10	0.15	0.07	0.09	<b>0.093</b>
	Salida autos/celda en hora pico		0.11	0.15	0.25	0.31	0.28	<b>0.221</b>
Hora pico PM	Ingreso autos/vivienda en hora pico		0.142	0.193	0.193	0.167	0.274	<b>0.194</b>
	Salidas autos/vivienda en hora pico		0.078	0.153	0.078	0.054	0.233	<b>0.119</b>
	Ingreso autos/celda en hora pico		0.12	0.16	0.24	0.22	0.23	<b>0.194</b>
	Salida autos/celda en hora pico		0.07	0.13	0.10	0.07	0.19	<b>0.112</b>

Fuente: Elaboración propia a partir de información secundaria.

Tabla 12. Resumen compilado de registros de demanda vehicular en edificios de vivienda para estrato 5

EQUIPAMIENTOS DE VIVIENDA (Estrato socioeconómico 5)			Plazuelas del Rodeo	Plaza Campestre	San Miguel	Trigales	Guadual
Localización (comuna)			Cl 1Sur x Cr 75A (C16)	Cl 34C x Cr 88B (C12)	Cl 7 x Cr 81 (C16)	Cl 23 x Cr 42 (C14)	Cl 23 x Cr 42 (C14)
Número de viviendas	und		92	261	280	140	120
Número total de parqueaderos	und		-	318	336	217	161
Afluencia hora pico AM	entrada	veh/hora	15	92	49	22	16
	salida	veh/hora	40	141	82	45	34
Afluencia hora pico PM	entrada	veh/hora	38	109	69	37	27
	salida	veh/hora	16	61	53	24	17
Viviendas por cada celda de estacionamiento			-	0.82	0.83	0.65	0.75
Hora pico AM	Ingreso autos/vivienda en hora pico		0.163	0.352	0.175	0.157	0.133
	Salidas autos/vivienda en hora pico		0.435	0.540	0.293	0.321	0.283
	Ingreso autos/celda en hora pico		-	0.29	0.15	0.10	0.10
	Salida autos/celda en hora pico		-	0.44	0.24	0.21	0.21
Hora pico PM	Ingreso autos/vivienda en hora pico		0.413	0.418	0.246	0.264	0.225
	Salidas autos/vivienda en hora pico		0.174	0.234	0.189	0.171	0.142
	Ingreso autos/celda en hora pico		-	0.34	0.21	0.17	0.17
	Salida autos/celda en hora pico		-	0.19	0.16	0.11	0.11

Fuente: Elaboración propia a partir de información secundaria.

El conjunto residencial Plaza Campestre se retira de la tabla promedio, nivelándola como se muestra a continuación:

Tabla 13. Demanda vehicular promedio en edificios de vivienda para estrato 5

EQUIPAMIENTOS DE VIVIENDA (Estrato socioeconómico 5)			Plazuelas del Rodeo	San Miguel	Trigales	Guadual	PROMEDIO
Localización (comuna)			Cl 1Sur x Cr 75A (C16)	Cl 7 x Cr 81 (C16)	Cl 23 x Cr 42 (C14)	Cl 23 x Cr 42 (C14)	
Número de viviendas	und		92	280	140	120	
Número total de parqueaderos	und		-	336	217	161	
Afluencia hora pico AM	entrada	veh/hora	15	49	22	16	
	salida	veh/hora	40	82	45	34	
Afluencia hora pico PM	entrada	veh/hora	38	69	37	27	
	salida	veh/hora	16	53	24	17	
Viviendas por cada celda de estacionamiento			-	0.83	0.65	0.75	<b>0.741</b>
Hora pico AM	Ingreso autos/vivienda en hora pico		0.163	0.175	0.157	0.133	<b>0.157</b>
	Salidas autos/vivienda en hora pico		0.435	0.293	0.321	0.283	<b>0.333</b>
	Ingreso autos/celda en hora pico		-	0.15	0.10	0.10	<b>0.116</b>
	Salida autos/celda en hora pico		-	0.24	0.21	0.21	<b>0.221</b>
Hora pico PM	Ingreso autos/vivienda en hora pico		0.413	0.246	0.264	0.225	<b>0.287</b>
	Salidas autos/vivienda en hora pico		0.174	0.189	0.171	0.142	<b>0.169</b>
	Ingreso autos/celda en hora pico		-	0.21	0.17	0.17	<b>0.181</b>
	Salida autos/celda en hora pico		-	0.16	0.11	0.11	<b>0.125</b>

Fuente: Elaboración propia a partir de información secundaria.

Tabla 14. Resumen compilado de registros de demanda vehicular en edificios de vivienda para estrato 6

EQUIPAMIENTOS DE VIVIENDA (Estrato socioeconómico 6)			Entrepinos	Balcones de la Calera	Camino del Este	Providencia	Plaza de Alejandría
Localización (comuna)			CI 4 x Tr Superior (C14)	CI 4 x Tr Superior (C14)	CI 5 x Cr 29D (C14)	CI 17 x Cr 37A (C14)	CI 3Sur x Cr 38 (C14)
Número de viviendas	und		90	80	144	256	144
Número total de parqueaderos	und		-	-	301	319	228
Afluencia hora pico AM	entrada	veh/hora	57	35	31	46	46
	salida	veh/hora	95	61	54	99	87
Afluencia hora pico PM	entrada	veh/hora	60	48	38	72	47
	salida	veh/hora	41	39	23	40	34
Viviendas por cada celda de estacionamiento			-	-	0.48	0.80	0.63
Hora pico AM	Ingreso autos/vivienda en hora pico		0.633	0.438	0.215	0.180	0.319
	Salidas autos/vivienda en hora pico		1.056	0.763	0.375	0.387	0.604
	Ingreso autos/celda en hora pico		-	-	0.10	0.14	0.20
	Salida autos/celda en hora pico		-	-	0.18	0.31	0.38
Hora pico PM	Ingreso autos/vivienda en hora pico		0.667	0.600	0.264	0.281	0.326
	Salidas autos/vivienda en hora pico		0.456	0.488	0.160	0.156	0.236
	Ingreso autos/celda en hora pico		-	-	0.13	0.23	0.21
	Salida autos/celda en hora pico		-	-	0.08	0.13	0.15

Fuente: Elaboración propia a partir de información secundaria.

Para estrato 6 la tabla de índices promedio, presenta todos los modelos ya que sus datos se ajustan adecuadamente al promedio que se muestra a continuación:

Tabla 15. Demanda vehicular promedio en edificios de vivienda para estrato 6

EQUIPAMIENTOS DE VIVIENDA (Estrato socioeconómico 6)			Entrepinos	Balcones de la Calera	Camino del Este	Providencia	Plaza de Alejandría	PROMEDIO
Localización (comuna)			CI 4 x Tr Superior (C14)	CI 4 x Tr Superior (C14)	CI 5 x Cr 29D (C14)	CI 17 x Cr 37A (C14)	CI 3Sur x Cr 38 (C14)	
Número de viviendas	und		90	80	144	256	144	
Número total de parqueaderos	und		-	-	301	319	228	
Afluencia hora pico AM	entrada	veh/hora	57	35	31	46	46	
	salida	veh/hora	95	61	54	99	87	
Afluencia hora pico PM	entrada	veh/hora	60	48	38	72	47	
	salida	veh/hora	41	39	23	40	34	
Viviendas por cada celda de estacionamiento			-	-	0.48	0.80	0.63	<b>0.637</b>
Hora pico AM	Ingreso autos/vivienda en hora pico		0.633	0.438	0.215	0.180	0.319	<b>0.357</b>
	Salidas autos/vivienda en hora pico		1.056	0.763	0.375	0.387	0.604	<b>0.637</b>
	Ingreso autos/celda en hora pico		-	-	0.10	0.14	0.20	<b>0.150</b>
	Salida autos/celda en hora pico		-	-	0.18	0.31	0.38	<b>0.290</b>
Hora pico PM	Ingreso autos/vivienda en hora pico		0.667	0.600	0.264	0.281	0.326	<b>0.428</b>
	Salidas autos/vivienda en hora pico		0.456	0.488	0.160	0.156	0.236	<b>0.299</b>
	Ingreso autos/celda en hora pico		-	-	0.13	0.23	0.21	<b>0.186</b>
	Salida autos/celda en hora pico		-	-	0.08	0.13	0.15	<b>0.117</b>

Fuente: Elaboración propia a partir de información secundaria.

## 5.2 Equipamientos de oficinas

Según el anexo 1 del decreto 1521 de 2008, las obligaciones de parqueaderos en usos de oficina, servicios y comercio (celda/m<sup>2</sup>) son las que se indican en la siguiente tabla:

Tabla 16. Obligación de estacionamientos para equipamientos de oficina.

COMERCIO, SERVICIOS Y OFICINAS			
ESTRATO	Privado (Celda/m <sup>2</sup> )	Visitantes (Celda/m <sup>2</sup> )	Motos (Celda/m <sup>2</sup> )
1 y 2	-		1/100
3	-	1/100	1/100
4	1/200	1/100	1/100
5 y 6	1/100	1/100	1/100

Fuente: Decreto 1521 de 2008. Municipio de Medellín.

Según los estudios examinados, se tienen las siguientes relaciones celdas/m<sup>2</sup> de oficinas, considerando que una oficina tiene en promedio 50m<sup>2</sup>, así como la relación entre la demanda vehicular registrada y el número de oficinas y parqueaderos, de cada uno de los modelos:

Tabla 17. Resumen compilado de registros de demanda vehicular en edificios de oficina

EQUIPAMIENTOS DE OFICINA			ISAGEN	Complex Los Balsos	Alcalá	Almagrán	Bancafé	Block
Localización (comuna)			Cr 43A x CI 11	L. Balsos x Tr. Superior	Cr 43B x CI 14	CI 7D x Cr 43A	Cr 43A x CI 1 Sur	Cr 43A x CI 19
Estrato socioeconómico			6	6	6	6	6	6
Número de oficinas		und	-	80	84	127	100	121
Número total de parqueaderos		und	156	243	160	243	193	405
Afluencia hora pico AM	entrada	veh/hora	126	103	73	69	112	81
	salida	veh/hora	62	60	29	39	46	56
Afluencia hora pico PM	entrada	veh/hora	33	168	36	38	16	41
	salida	veh/hora	119	167	61	70	46	49
Oficinas por cada celda de estacionamiento			-	0.33	0.53	0.52	0.52	0.30
Hora pico AM	Ingreso autos/oficina en hora pico		-	1.288	0.869	0.543	1.120	0.669
	Salidas autos/oficina en hora pico		-	0.750	0.345	0.307	0.460	0.463
	Ingreso autos/celda en hora pico		0.81	0.42	0.46	0.28	0.58	0.20
	Salida autos/celda en hora pico		0.40	0.25	0.18	0.16	0.24	0.14
Hora pico PM	Ingreso autos/oficina en hora pico		-	2.100	0.429	0.299	0.160	0.339
	Salidas autos/oficina en hora pico		-	2.088	0.726	0.551	0.460	0.405
	Ingreso autos/celda en hora pico		0.21	0.69	0.23	0.16	0.08	0.10
	Salida autos/celda en hora pico		0.76	0.69	0.38	0.29	0.24	0.12

Fuente: Elaboración propia a partir de información secundaria.

Con los valores mostrados en la tabla anterior, se procede a generar el promedio con los valores que se asemejan. Por eso, se retiran del cálculo los edificios de Isagen y Complex Los Balsos por presentar valores distantes a los demás equipamientos. La tabla promedio se presenta a continuación:

Tabla 18. Demanda vehicular promedio en edificios de oficina

EQUIPAMIENTOS DE OFICINA			Alcalá	Almagrán	Bancafé	Block	PROMEDIO
Localización (comuna)			Cr 43B x Cl 14	Cl 7D x Cr 43A	Cr 43A x Cl 1 Sur	Cr 43A x Cl 19	
Estrato socioeconómico			6	6	6	6	
Número de oficinas		und	84	127	100	121	
Número total de parqueaderos		und	160	243	193	405	
Afluencia hora pico AM	entrada	veh/hora	73	69	112	81	
	salida	veh/hora	29	39	46	56	
Afluencia hora pico PM	entrada	veh/hora	36	38	16	41	
	salida	veh/hora	61	70	46	49	
Oficinas por cada celda de estacionamiento			0.53	0.52	0.52	-	<b>0.522</b>
Hora pico AM	Ingreso autos/oficina en hora pico		0.869	-	1.120	0.669	<b>0.886</b>
	Salidas autos/oficina en hora pico		0.345	0.307	0.460	0.463	<b>0.394</b>
	Ingreso autos/celda en hora pico		0.46	0.28	0.58	0.20	<b>0.380</b>
	Salida autos/celda en hora pico		0.18	0.16	0.24	0.14	<b>0.180</b>
Hora pico PM	Ingreso autos/oficina en hora pico		0.429	0.299	0.160	0.339	<b>0.307</b>
	Salidas autos/oficina en hora pico		0.726	0.551	0.460	0.405	<b>0.536</b>
	Ingreso autos/celda en hora pico		0.23	0.16	0.08	0.10	<b>0.141</b>
	Salida autos/celda en hora pico		0.38	0.29	0.24	0.12	<b>0.257</b>

Fuente: Elaboración propia a partir de información secundaria.

Con estos valores promedio, se puede calcular y pronosticar la demanda vehicular para equipamientos de oficina.

### 5.3 Equipamientos comerciales

De acuerdo a la Tabla 16. Obligación de estacionamientos para equipamientos de oficina., ahora se analizan los resultados obtenidos en los modelos registrados y descritos en el capítulo anterior, de donde se obtiene un resumen compilado de los registros para centros comerciales y para almacenes ancla y la relación de demanda vehicular respecto al área comercial y número de parqueaderos que ofrecen los equipamientos:

Tabla 19. Resumen compilado de registros de demanda vehicular en centros comerciales.

EQUIPAMIENTOS DE COMERCIO		UNI-CENTRO	OVIEDO	MOLINOS	EL TESORO	MAYORCA	PUNTO CLAVE	PREMIUM PLAZA	
Localización (comuna)		Cr 66B x Cl 34A (C11)	Cr 43A x Cl 7sur (C14)	Cl 30 x Cr 82A (C16)	Cr 25A x Cl 1A Sur (C14)	Cl 51 Sur x Cr 48 (Sab.)	Cl 27 x Cr 48 (C14)	Cr 43A x Cl 30	
Área de Ventas total	m <sup>2</sup>	47,449	33,945	23,844	46,504	22,909	14,307	37,188	
Número de parqueaderos	und	1,128	1,316	912	1,716	790	620	1,140	
Afluencia hora pico	entrada	veh/hora	619	818	640	796	346	72	600
		motos/hora	116	77	145	46	66	35	172
	salida	veh/hora	551	794	581	657	337	73	583
		motos/hora	116	63	144	46	68	36	161
m <sup>2</sup> por cada celda de estacionamiento		42.06	25.79	26.14	27.10	29.00	23.08	32.62	
Ingreso autos/m <sup>2</sup> en hora pico		0.013	0.024	0.027	0.017	0.015	0.005	0.016	
Salidas autos/m <sup>2</sup> en hora pico		0.012	0.023	0.024	0.014	0.015	0.005	0.016	
Ingreso autos/celda en hora pico		0.55	0.62	0.70	0.46	0.44	0.12	0.53	
Salida autos/celda en hora pico		0.49	0.60	0.64	0.38	0.43	0.12	0.51	

Fuente: Elaboración propia a partir de información secundaria.

De los equipamientos de centros comerciales mostrados se concluye que el centro comercial Punto Clave no puede tomarse como fuente para hallar índices promedio de pronóstico de demanda vehicular, ya que los resultados en este centro comercial son bastante bajos en comparación con los demás centros comerciales. De este modo, se indica a continuación la tabla promedio:

Tabla 20. Demanda vehicular promedio en equipamientos de centros comerciales

EQUIPAMIENTOS DE CENTROS COMERCIALES		UNI-CENTRO	OVIEDO	MOLINOS	EL TESORO	MAYORCA	PREMIUM PLAZA	PROMEDIO
Localización (comuna)		Cr 66B x Cl 34A (C11)	Cr 43A x Cl 7sur (C14)	Cl 30 x Cr 82A (C16)	Cr 25A x Cl 1A Sur (C14)	Cl 51 Sur x Cr 48 (Sab.)	Cr 43A x Cl 30 (C14)	
Área de Ventas total	m <sup>2</sup>	47,449	33,945	23,844	46,504	22,909	37,188	
Número de parqueaderos	und	1,128	1,316	912	1,716	790	1,140	
Afluencia hora pico	entrada	veh/hora	619	818	640	796	346	600
		motos/hora	116	77	145	46	66	172
	salida	veh/hora	551	794	581	657	337	583
		motos/hora	116	63	144	46	68	161
m <sup>2</sup> por cada celda de estacionamiento		42.06	25.79	26.14	27.10	29.00	32.62	<b>30.454</b>
Ingreso autos/m <sup>2</sup> en hora pico		0.013	0.024	0.027	0.017	0.015	0.016	<b>0.019</b>
Salidas autos/m <sup>2</sup> en hora pico		0.012	0.023	0.024	0.014	0.015	0.016	<b>0.017</b>
Ingreso autos/celda en hora pico		0.55	0.62	0.70	0.46	0.44	0.53	<b>0.550</b>
Salida autos/celda en hora pico		0.49	0.60	0.64	0.38	0.43	0.51	<b>0.508</b>

Fuente: Elaboración propia a partir de información secundaria.

Para los equipamientos de comercio, donde se tiene registros de ingresos y salidas de motos, se tiene que el ingreso de motos corresponde en promedio al 16% de los vehículos que ingresan y las salidas de estas, al 17% de los vehículos que salen en la hora pico para centros comerciales.

Tabla 21. Resumen compilado de registros de demanda vehicular en almacenes ancla

EQUIPAMIENTOS DE COMERCIO		Carrefour La 65 (Ancla)	Éxito Envigado (Ancla)	Éxito Laureles (Ancla)	
Localización (comuna)		Cr 65 x Cl 47D (C11)	Cr 48 x Cl 32b Sur (Env.)	Cr 81 x Cl 37 (C11)	
Área de Ventas total	m <sup>2</sup>	15,908	9,870	7,114	
Número de parqueaderos	und	1,263	993	575	
Afluencia hora pico	entrada	veh/hora	412	534	476
		motos/hora	145	65	28
	salida	veh/hora	445	461	313
		motos/hora	126	72	34
m <sup>2</sup> por cada celda de estacionamiento		12.60	9.94	12.37	
Ingreso autos/m <sup>2</sup> en hora pico		0.026	0.054	0.067	
Salidas autos/m <sup>2</sup> en hora pico		0.028	0.047	0.044	
Ingreso autos/celda en hora pico		0.33	0.54	0.83	
Salida autos/celda en hora pico		0.35	0.46	0.54	

Fuente: Elaboración propia a partir de información secundaria.

Dado que los valores de los 3 almacenes ancla están en la misma magnitud, el promedio de dichos equipamientos se muestra a continuación:

Tabla 22. Demanda vehicular promedio en equipamientos de almacenes ancla

EQUIPAMIENTOS TIPO ALMACEN ANCLA		Carrefour La 65 (Ancla)	Éxito Envigado (Ancla)	Éxito Laureles (Ancla)	Promedio
Localización (comuna)		Cr 65 x Cl 47D (C11)	Cr 48 x Cl 32b Sur (Env.)	Cr 81 x Cl 37 (C11)	
Área de Ventas total	m <sup>2</sup>	15,908	9,870	7,114	
Número de parqueaderos	und	1,263	993	575	
Afluencia hora pico	entrada	veh/hora	412	534	476
		motos/hora	145	65	28
	salida	veh/hora	445	461	313
		motos/hora	126	72	34
m <sup>2</sup> por cada celda de estacionamiento		12.60	9.94	12.37	<b>11.636</b>
Ingreso autos/m <sup>2</sup> en hora pico		0.026	0.054	0.067	<b>0.049</b>
Salidas autos/m <sup>2</sup> en hora pico		0.028	0.047	0.044	<b>0.040</b>
Ingreso autos/celda en hora pico		0.33	0.54	0.83	<b>0.564</b>
Salida autos/celda en hora pico		0.35	0.46	0.54	<b>0.454</b>

Fuente: Elaboración propia a partir de información secundaria.

En el caso de almacenes ancla, se tiene en promedio que el ingreso de motos corresponde al 16% de la entrada de autos y la salida, al 19% de los vehículos

que salen en la hora pico, lo que es muy similar al comportamiento que se presenta en centros comerciales.

### 5.4 Equipamientos de educación

El decreto 1521 reglamenta las obligaciones de estacionamientos para equipamientos de educación, sea educación básica, media o superior. En el caso de educación superior se deben proveer dichos equipamientos de 1 celda cada 50m<sup>2</sup> de área destinada a actividades académicas, artísticas, etc. También se indica en este decreto que las universidades públicas deben destinar 1 celda cada 75m<sup>2</sup>. A continuación se indica el resumen y los cálculos de relación de demanda vehicular respecto a las celdas de estacionamiento y áreas que ofrecen las instituciones registradas en este estudio:

Tabla 23. Resumen compilado de registros de demanda vehicular en instituciones de educación superior.

EQUIPAMIENTOS EDUCATIVOS		U. de Antioquia	U.P.B	EAFIT	Colegio Mayor	U de A (robledo)	I.T.M	Pascual Bravo	
Localización (comuna)		Cl 67 x Cr 53 (4)	Cq 1 x Cr 70 (C11)	Cr 49 x Cl 7 Sur (C14)	Cr 78 x Cl 65 (C7)	Cl 67 x Cr 53 (C7)	Cl 73 x Cr 76A (C7)	Cl 73 x Cr 73 (C7)	
Área educación/cultura/deporte	m <sup>2</sup>	85,600	43,686	24,322	2,555	8,999	5,523	9,153	
Número de parqueaderos	und	941	807	979	54	176	160	96	
Número de estudiantes + empleados (Año registrado)	und	38,885	12,293	13,299	2,125	3,114	12,152	6,935	
	Año	2,011	2,008	2,012	2,009	2,009	2,009	2,009	
Afluencia hora pico AM	entrada	veh/hora	185	396	301	40	48	105	45
		motos/hora	103	60	172	40	67	284	62
	salida	veh/hora	42	175	20	8	11	1	4
		motos/hora	40	32	81	7	20	1	1
Afluencia hora pico PM	entrada	veh/hora	90	420	191	27	18	146	32
		motos/hora	87	68	91	8	8	682	234
	salida	veh/hora	125	308	152	26	46	116	23
		motos/hora	87	53	81	17	51	207	46
m <sup>2</sup> por cada celda de estacionamiento		90.97	54.13	24.84	47.31	51.13	34.52	95.34	
Hora pico AM	Ingreso autos/m <sup>2</sup> en hora pico	0.002	0.009	0.012	0.016	0.005	0.019	0.005	
	Salidas autos/m <sup>2</sup> en hora pico	0.000	0.004	0.001	0.003	0.001	0.000	0.000	
	Ingreso autos/celda en hora pico	0.20	0.49	0.31	0.74	0.27	0.66	0.47	
	Salida autos/celda en hora pico	0.04	0.22	0.02	0.15	0.06	0.01	0.04	
	Ingreso autos/personas en hora pico	0.005	0.032	0.023	0.019	0.015	0.009	0.006	
	Salida autos/personas en hora pico	0.001	0.014	0.002	0.004	0.004	0.000	0.001	
Hora pico PM	Ingreso autos/m <sup>2</sup> en hora pico	0.001	0.010	0.008	0.011	0.002	0.026	0.003	
	Salidas autos/m <sup>2</sup> en hora pico	0.001	0.007	0.006	0.010	0.005	0.021	0.003	
	Ingreso autos/celda en hora pico	0.10	0.52	0.20	0.50	0.10	0.91	0.33	
	Salida autos/celda en hora pico	0.13	0.38	0.16	0.48	0.26	0.73	0.24	
	Ingreso autos/personas en hora pico	0.002	0.034	0.014	0.013	0.006	0.012	0.005	
	Salida autos/personas en hora pico	0.003	0.025	0.011	0.012	0.015	0.010	0.003	

Fuente: Elaboración propia a partir de información secundaria.

De la tabla anterior se retiran los valores elevadamente desviados, resultando en la siguiente tabla que muestra el promedio de los establecimientos educativos analizados, con el cual se puede pronosticar la demanda vehicular en este tipo de equipamientos.

Tabla 24. Demanda vehicular promedio en equipamientos de educación superior

EQUIPAMIENTOS EDUCATIVOS		U. de Antioquia	U.P.B	EAFIT	Colegio Mayor	U de A (robledo)	I.T.M	Pascual Bravo	Promedio
Localización (comuna)		Cl 67 x Cr 53 (4)	Cq 1 x Cr 70 (C11)	Cr 49 x Cl 7 Sur (C14)	Cr 78 x Cl 65 (C7)	Cl 67 x Cr 53 (C7)	Cl 73 x Cr 76A (C7)	Cl 73 x Cr 73 (C7)	
Área educación/cultura/deporte	m <sup>2</sup>	85,600	43,686	24,322	2,555	8,999	5,523	9,153	
Número de parqueaderos	und	941	807	979	54	176	160	96	
Número de estudiantes + empleados (Año registrado)	und	38,885	12,293	13,299	2,125	3,114	12,152	6,935	
	Año	2,011	2,008	2,012	2,009	2,009	2,009	2,009	
Afluencia hora pico AM	entrada	veh/hora	185	396	301	40	48	105	45
		motos/hora	103	60	172	40	67	284	62
	salida	veh/hora	42	175	20	8	11	1	4
		motos/hora	40	32	81	7	20	1	1
Afluencia hora pico PM	entrada	veh/hora	90	420	191	27	18	146	32
		motos/hora	87	68	91	8	8	682	234
	salida	veh/hora	125	308	152	26	46	116	23
		motos/hora	87	53	81	17	51	207	46
m <sup>2</sup> por cada celda de estacionamiento		90.97	54.13	24.84	47.31	51.13	34.52	95.34	<b>N/A</b>
Hora pico AM	Ingreso autos/m <sup>2</sup> en hora pico	-	0.009	0.012	0.016	-	0.019	-	<b>0.014</b>
	Salidas autos/m <sup>2</sup> en hora pico	0.000	0.004	0.001	0.003	0.001	0.000	0.000	<b>0.001</b>
	Ingreso autos/celda en hora pico	0.20	0.49	0.31	0.74	0.27	0.66	0.47	<b>0.448</b>
	Salida autos/celda en hora pico	0.04	-	0.02	-	0.06	0.01	0.04	<b>0.035</b>
	Ingreso autos/personas en hora pico	0.005	-	-	0.019	0.015	0.009	0.006	<b>0.011</b>
	Salida autos/personas en hora pico	0.001	-	0.002	0.004	0.004	0.000	0.001	<b>0.002</b>
Hora pico PM	Ingreso autos/m <sup>2</sup> en hora pico	0.001	0.010	0.008	0.011	0.002	0.026	0.003	<b>0.009</b>
	Salidas autos/m <sup>2</sup> en hora pico	0.001	0.007	0.006	0.010	0.005	0.021	0.003	<b>0.008</b>
	Ingreso autos/celda en hora pico	0.10	0.52	0.20	0.50	0.10	-	0.33	<b>0.291</b>
	Salida autos/celda en hora pico	0.13	0.38	0.16	0.48	0.26	-	0.24	<b>0.275</b>
	Ingreso autos/personas en hora pico	-	0.034	0.014	0.013	-	0.012	-	<b>0.018</b>
	Salida autos/personas en hora pico	-	0.025	0.011	0.012	0.015	0.010	-	<b>0.015</b>

Fuente: Elaboración propia a partir de información secundaria.

En la tabla anterior se resalta que el área por estacionamiento mostrada no aplica de igual manera en las instituciones educativas registradas. Se deduce entonces, que la universidad de Antioquia y el tecnológico Pascual Bravo presentan déficit de estacionamientos. La UPB y la universidad de Antioquia sede Robledo están cerca del cumplimiento de la norma pero tienen un pequeño déficit de parqueaderos. El ITM, el Colegio Mayor y la universidad Eafit cumplen con la norma, siendo esta última la de mayor número de parqueaderos por unidad de área.

## 5.5 Equipamientos de salud

Por último se analizan los equipamientos de salud, cuya normativa se rige por lo descrito en el decreto 1521 de 2008 y que se muestra a continuación:

Tabla 25. Obligación de estacionamientos para equipamientos de salud

ÁREAS RESIDENCIALES, ÁREAS Y CORREDORES DE COBERTURA BARRIAL Y DE ACTIVIDAD MÚLTIPLE			
ESTRATO	PRIVADO (consultorio, oficina o similar y habitación para hospitalización)	VISITANTES / M <sup>2</sup> CNT.	MOTOS (consultorio, oficina o similar y habitación para hospitalización)
1 y 2	-	-	-
3	1/3	1/100	1/5
4	1/3	1/80	1/5
5 y 6	1/2	1/80	1/5

Producción de gran empresa y en consolidación:

Polígonos que requieren Plan Parcial	El plan parcial puede proponer su propia reglamentación, siendo como mínimo lo establecido en esta tabla para polígonos sin plan parcial
Polígonos sin Plan Parcial	Deben cumplir como mínimo con el doble de lo establecido para la zona 3 del centro.

CENTRO				
ZONA	NIVEL	PRIVADO (consultorio, oficina o similar y habitación para hospitalización)	VISITANTES / M <sup>2</sup> CNT.	MOTOS (consultorio, oficina o similar y habitación para hospitalización)
Z3 (Excluyendo el anillo bidireccional)	Nivel 1	1/3	1/120	1/10
	Nivel 2 y 3	1/3	1/100	1/10
Z4 Y Z6	Nivel 1, 2 y 3	1/2	1/80	1/5
Dentro del anillo bidireccional	Nivel 1	-	-	-
	Nivel 2 y 3	1/8 (max)	1/150 (max)	1/10 (max)

CORREDOR TURÍSTICO DE LAS PALMAS, CORREDOR GESTIÓN EMPRESARIAL Y FINANCIERO		
PRIVADO (consultorio, oficina o similar y habitación para hospitalización)	VISITANTES / M <sup>2</sup> CNT.	MOTOS (consultorio, oficina o similar y habitación para hospitalización)
1/2	1/80	1/5

CARRERA 70		
PRIVADO (consultorio, oficina o similar y habitación para hospitalización)	VISITANTES / M <sup>2</sup> CNT.	MOTOS (consultorio, oficina o similar y habitación para hospitalización)
1/3	1/100	1/5

Fuente: Decreto 1521 de 2008. Municipio de Medellín.

Ahora se analizan los resultados obtenidos de la investigación de equipamientos de salud utilizados como modelos en estudios de movilidad en la ciudad de Medellín. En la siguiente tabla se indica la relación de demanda vehicular respecto a las celdas de estacionamiento y áreas que ofrecen los equipamientos registrados en este estudio:

Tabla 26. Resumen compilado de registros de demanda vehicular en equipamientos de salud

EQUIPAMIENTOS DE SALUD		CLÍNICA OFTALMO-LÓGICA SAN DIEGO	TORRE INTER-MÉDICA	CLÍNICA CARDIO-VASCULAR	CLÍNICA UPB (Robledo)	H. PABLO TOBÓN URIBE	
Localización (comuna)		Cr 43 x Cl 30 (C10)	Cl 7 x Cr 39 (C14)	Cl 78B x Cr 75 (C7)	Cr 72A x Cl 78B (C7)	Cl 78B x Cr 69 (C7)	
No. unidades (consult, quirof, camas)	und	42	180	278	208	459	
Número de parqueaderos	und	49	412	125	247	508	
Afluencia hora pico AM	entrada	veh/hora	56	101	173	157	459
		motos/hora	4	10	32	26	71
	salida	veh/hora	26	69	86	79	335
		motos/hora	3	1	9	15	38
Afluencia hora pico mediodía	entrada	veh/hora	-	-	114	100	367
		motos/hora	-	-	13	23	48
	salida	veh/hora	-	-	102	92	356
		motos/hora	-	-	10	20	58
Afluencia hora pico PM	entrada	veh/hora	26	88	53	34	348
		motos/hora	2	22	10	41	61
	salida	veh/hora	33	117	92	63	394
		motos/hora	9	12	26	24	88
Unidades por cada celda de estacionamiento		0.86	0.44	2.22	0.84	0.90	
Hora pico AM	Ingreso autos/unidad en hora pico		1.33	0.56	0.62	0.75	1.00
	Salidas autos/unidad en hora pico		0.62	0.38	0.31	0.38	0.73
	Ingreso autos/celda en hora pico		1.14	0.25	1.38	0.64	0.90
	Salida autos/celda en hora pico		0.53	0.17	0.69	0.32	0.66
Hora pico mediodía	Ingreso autos/unidad en hora pico		-	-	0.41	0.48	0.80
	Salidas autos/unidad en hora pico		-	-	0.37	0.44	0.78
	Ingreso autos/celda en hora pico		-	-	0.91	0.40	0.72
	Salida autos/celda en hora pico		-	-	0.82	0.37	0.70
Hora pico PM	Ingreso autos/unidad en hora pico		0.62	0.49	0.19	0.16	0.76
	Salidas autos/unidad en hora pico		0.79	0.65	0.33	0.30	0.86
	Ingreso autos/celda en hora pico		0.53	0.21	0.42	0.14	0.69
	Salida autos/celda en hora pico		0.67	0.28	0.74	0.26	0.78

Fuente: Elaboración propia a partir de información secundaria.

Por último, para los equipamientos de salud analizados, se les retiran los valores distantes del promedio, con lo que la tabla resultante, es:

EQUIPAMIENTOS DE SALUD		CLÍNICA OFTALMO-LÓGICA SAN DIEGO	TORRE INTER-MÉDICA	CLÍNICA CARDIO-VASCULAR	CLÍNICA UPB (Robledo)	H. PABLO TOBÓN URIBE	PROMEDIO	
Localización (comuna)		Cr 43 x Cl 30 (C10)	Cl 7 x Cr 39 (C14)	Cl 78B x Cr 75 (C7)	Cr 72A x Cl 78B (C7)	Cl 78B x Cr 69 (C7)		
No. unidades (consultorios, quirófanos, camas)	und	42	180	278	208	459		
Número de parqueaderos	und	49	412	125	247	508		
Afluencia hora pico AM	entrada	veh/hora	56	101	173	157	459	
		motos/hora	4	10	32	26	71	
	salida	veh/hora	26	69	86	79	335	
		motos/hora	3	1	9	15	38	
Afluencia hora pico mediodía	entrada	veh/hora	-	-	114	100	367	
		motos/hora	-	-	13	23	48	
	salida	veh/hora	-	-	102	92	356	
		motos/hora	-	-	10	20	58	
Afluencia hora pico PM	entrada	veh/hora	26	88	53	34	348	
		motos/hora	2	22	10	41	61	
	salida	veh/hora	33	117	92	63	394	
		motos/hora	9	12	26	24	88	
Unidades por cada celda de estacionamiento		0.86	0.44	2.22	0.84	0.90	<b>1.053</b>	
Hora pico AM	Ingreso autos/unidad en hora pico		1.33	0.56	0.62	0.75	1.00	<b>0.854</b>
	Salidas autos/unidad en hora pico		0.62	0.38	0.31	0.38	0.73	<b>0.484</b>
	Ingreso autos/celda en hora pico		1.14	-	1.38	-	0.90	<b>1.143</b>
	Salida autos/celda en hora pico		0.53	-	0.69	-	0.66	<b>0.626</b>
Hora pico mediodía	Ingreso autos/unidad en hora pico		-	-	0.41	0.48	0.80	<b>0.563</b>
	Salidas autos/unidad en hora pico		-	-	0.37	0.44	0.78	<b>0.528</b>
	Ingreso autos/celda en hora pico		-	-	0.91	0.40	0.72	<b>0.680</b>
	Salida autos/celda en hora pico		-	-	0.82	0.37	0.70	<b>0.630</b>
Hora pico PM	Ingreso autos/unidad en hora pico		0.62	0.49	-	-	0.76	<b>0.622</b>
	Salidas autos/unidad en hora pico		0.79	0.65	-	-	0.86	<b>0.765</b>
	Ingreso autos/celda en hora pico		0.53	-	0.42	-	0.69	<b>0.547</b>
	Salida autos/celda en hora pico		0.67	-	0.74	-	0.78	<b>0.728</b>

Fuente: Elaboración propia a partir de información secundaria.

El promedio de equipamientos de salud, muestra que el mayor índice de ingreso de vehículos se presenta en la hora pico de la mañana. Por su parte, el mayor índice de salidas de vehículos se presenta en la hora pico de la tarde, por lo que el periodo pico del medio día, se perfila como un periodo intermedio de demanda vehicular.

## 5.6 Análisis de demanda promedio en los diferentes tipos de equipamientos

A continuación se analizan los promedios resultantes de los equipamientos analizados en este capítulo.

- **Equipamientos de vivienda:** A continuación se muestran los promedios y se analizan los resultados:

Tabla 27. Demanda promedio en equipamientos de vivienda por estrato socioeconómico

EQUIPAMIENTOS DE VIVIENDA		DEMANDA PROMEDIO			
		Estrato 3	Estrato 4	Estrato 5	Estrato 6
Viviendas por cada celda de estacionamiento		1.275	1.016	0.741	0.637
Hora pico AM	Ingreso autos/vivienda en hora pico	0.216	0.093	0.157	0.357
	Salidas autos/vivienda en hora pico	0.433	0.217	0.333	0.637
	Ingreso autos/celda en hora pico	0.251	0.093	0.116	0.150
	Salida autos/celda en hora pico	0.305	0.221	0.221	0.290
Hora pico PM	Ingreso autos/vivienda en hora pico	0.246	0.194	0.287	0.428
	Salidas autos/vivienda en hora pico	0.192	0.119	0.169	0.299
	Ingreso autos/celda en hora pico	0.232	0.194	0.181	0.186
	Salida autos/celda en hora pico	0.126	0.112	0.125	0.117

Fuente: Elaboración propia a partir de información secundaria.

Dado el aumento de vehículos adquiridos no solo por ciudadanos que habitan en estratos socioeconómicos altos, sino en estratos medios (estratos 3 y 4), es de esperarse que el número de parqueaderos en edificios de vivienda esté muy por encima del mínimo establecido en la norma vigente. Esto se demuestra con los índices de número de viviendas por cada estacionamiento en los edificios registrados, cuyos promedios se indican en la tabla anterior en comparación con la Tabla 7, de requerimientos de estacionamientos para edificios de viviendas. Para estrato 3, cuando por cada 3 y 6 viviendas debe haber mínimo un parqueadero privado y uno de visitantes respectivamente, lo que se tiene es 1.275 viviendas por el total de parqueaderos del edificio, es decir, en realidad este índice aplica en viviendas de estrato 5 o 6 según la norma vigente del 2008.

Para viviendas de estrato 4, la norma exige un estacionamiento privado y uno de visitantes cada 3 y cada 5 viviendas respectivamente como mínimo, es decir un rango de viviendas por cada estacionamiento entre 1.2 y 1.875. Lo registrado indica que hay 1.016 viviendas por cada estacionamiento del edificio, lo cual es un comportamiento de vivienda de estrato 5 o 6.

Ahora, para viviendas de estrato 5 se tiene que máximo debería haber 2 celdas de privados y 1 celda de visitantes por cada vivienda y cada 4 viviendas respectivamente, es decir, 2.25 celdas por cada vivienda o lo que es lo mismo, 0.44 viviendas por cada celda del edificio. El registro de modelos de vivienda para este estrato, muestra que se tienen 0.741 viviendas por estacionamiento en los edificios, lo que significa que no supera el máximo permitido de celdas para este estrato. Lo mismo sucede con el estrato 6, donde la norma permite máximo 4.25 celdas por vivienda o 0.235 viviendas por celdas y se registro un promedio de 0.637 viviendas por celda, lo cual indica que no supera el máximo permitido.

Del análisis anterior se puede concluir que:

- A medida que el poder adquisitivo aumenta en los hogares, seguirá aumentando el índice de vehículos por hogar, lo que se traducirá en mayor demanda vehicular en edificios de vivienda.
- Hoy en día la demanda vehicular en edificios de vivienda de estratos medios se comporta como demanda de estratos altos visto desde el marco de la normatividad vigente en cuanto a los requerimientos de celdas/vivienda.
- La demanda vehicular en edificios de vivienda de estratos altos se comporta de acuerdo al rango establecido en la normatividad vigente respecto al número de estacionamientos por cada vivienda.
- Se deben reconsiderar los requerimientos de celdas por vivienda en la norma, toda vez que la realidad muestra demandas mayores a la oferta permitida en este tipo de equipamientos. También se debe reconsiderar el máximo de estacionamientos en estratos altos, toda vez que al ser actualmente altos, se promueve aún más la compra desmedida de vehículo particular en los hogares, lo que traduce en aumento de la congestión vehicular en la ciudad, principalmente en horas de máxima demanda del día

También se concluye de la tabla anterior que las salidas en la hora pico de la mañana y las llegadas en la hora pico de la tarde, que son los mayores flujos, indican que hay mayor demanda en viviendas de estrato 3 que en viviendas de estratos 4 y 5. Esto demuestra aún más el cambio socioeconómico que se está presentando en la ciudad para estratos medios-bajos. Esta demanda solo es superada por edificios de estrato 6 donde la demanda es la mayor registrada en la ciudad.

- **Equipamientos de oficina:** A continuación se muestran los promedios y se analizan los resultados:

Tabla 28. Demanda promedio en equipamientos de oficinas

EQUIPAMIENTOS DE OFICINA		PROMEDIO
Oficinas por cada celda de estacionamiento		0.522
Hora pico AM	Ingreso autos/oficina en hora pico	0.886
	Salidas autos/oficina en hora pico	0.394
	Ingreso autos/celda en hora pico	0.380
	Salida autos/celda en hora pico	0.180
Hora pico PM	Ingreso autos/oficina en hora pico	0.307
	Salidas autos/oficina en hora pico	0.536
	Ingreso autos/celda en hora pico	0.141
	Salida autos/celda en hora pico	0.257

Fuente: Elaboración propia a partir de información secundaria.

Los requerimientos de estacionamientos para oficinas indicados en la Tabla 16, son los mínimos que se deben cumplir. Los registros de la tabla anterior indican que hay en promedio 0.522 oficinas por cada celda de estacionamiento, es decir, una celda por cada 25m<sup>2</sup> (suponiendo un área de 50m<sup>2</sup> por oficina). Con esto se demuestra que los equipamientos registrados no difieren mucho de la norma vigente, ya que esta exige como mínimo una celda de privado y una celda de visitantes por cada 100m<sup>2</sup>.

El promedio de la demanda vehicular indica un comportamiento lógico, presentando para la hora pico de la mañana mayores ingresos que salidas y en la hora pico de la tarde mayores salidas que ingresos.

- **Equipamientos de comercio:** A continuación se muestran los promedios y se analizan los resultados:

Tabla 29. Demanda promedio en equipamientos de comercio

EQUIPAMIENTOS DE COMERCIO		Centros comerciales	Almacenes ancla
Hora Pico PM	m <sup>2</sup> por cada celda de estacionamiento	30.45	11.63
	Ingreso autos/m <sup>2</sup> en hora pico	0.019	0.049
	Salidas autos/m <sup>2</sup> en hora pico	0.017	0.040
	Ingreso autos/celda en hora pico	0.550	0.564
	Salida autos/celda en hora pico	0.508	0.454

Fuente: Elaboración propia a partir de información secundaria.

Comparado con la Tabla 16, cuyos requerimientos hace alusión a equipamientos de oficina, comercio y servicios, la oferta de estacionamientos en centros comerciales, que en promedio registra 30.45m<sup>2</sup> por estacionamiento, es adecuada, pues se acerca a la normatividad vigente. Sin embargo, lo contrario sucede en almacenes ancla, donde el registro muestra 11.63m<sup>2</sup> por estacionamiento, lo que indica que al no existir un tope máximo de oferta de estacionamientos exigido por la norma vigente, este se percibe desbordado, incitando al aumento desmedido de la demanda vehicular, lo que incrementa el congestionamiento en las vías aledañas al equipamiento en cuestión.

Este análisis confirma la demanda vehicular de ingresos y salidas mayor en almacenes ancla que en centros comerciales, como se aprecia en la tabla anterior.

- **Equipamientos de educación (superior):** A continuación se muestran los promedios y se analizan los resultados:

Tabla 30. Demanda promedio en equipamientos educativos

EQUIPAMIENTOS EDUCATIVOS		DEMANDA PROMEDIO
m <sup>2</sup> por cada celda de estacionamiento		N/A
Hora pico AM	Ingreso autos/m <sup>2</sup> en hora pico	0.014
	Salidas autos/m <sup>2</sup> en hora pico	0.001
	Ingreso autos/celda en hora pico	0.448
	Salida autos/celda en hora pico	0.035
	Ingreso autos/personas en hora pico	0.011
	Salida autos/personas en hora pico	0.002
Hora pico PM	Ingreso autos/m <sup>2</sup> en hora pico	0.009
	Salidas autos/m <sup>2</sup> en hora pico	0.008
	Ingreso autos/celda en hora pico	0.291
	Salida autos/celda en hora pico	0.275
	Ingreso autos/personas en hora pico	0.018
	Salida autos/personas en hora pico	0.015

Fuente: Elaboración propia a partir de información secundaria.

Se observa de la tabla anterior que el principal ingreso de vehículos a los equipamientos de educación se presenta en la hora pico de la mañana y la salida, en la hora pico de la tarde. Se observa que este comportamiento se presenta en el análisis de ingreso y salida de autos por área y celdas de parqueo, más no por número de personas. Por lo cual se descarta el análisis de demanda vehicular respecto al número de personas.

- **Equipamientos de salud:** A continuación se muestran los promedios y se analizan los resultados:

Tabla 31. Demanda promedio en equipamientos de salud

EQUIPAMIENTOS DE SALUD		PROMEDIO
Unidades (camas, quirófanos, consultorios) por cada celda de estacionamiento		1.053
Hora pico AM	Ingreso autos/unidad en hora pico	0.854
	Salidas autos/unidad en hora pico	0.484
	Ingreso autos/celda en hora pico	1.143
	Salida autos/celda en hora pico	0.626
Hora pico PM	Ingreso autos/unidad en hora pico	0.622
	Salidas autos/unidad en hora pico	0.765
	Ingreso autos/celda en hora pico	0.547
	Salida autos/celda en hora pico	0.728

Fuente: Elaboración propia a partir de información secundaria.

Según la Tabla 25. Obligación de estacionamientos para equipamientos de salud, se deben proveer este tipo de proyectos con una celda de parqueo por cada 3 unidades correspondientes a consultorios, camas o quirófanos, para estratos 3 y 4, así como una celda cada 2 unidades para estratos 5 y 6. En la tabla anterior se observa que el promedio de equipamientos de salud presenta 1.05 celdas por cada unidad médica, por lo cual cumple con la norma.

Por otro lado, se observa que hay mayor demanda vehicular de ingresos en la hora de máxima demanda de la mañana que en la tarde y mayor salida de vehículos en la tarde que en la mañana. Aunque sin conocer estos resultados se pensaría que los ingresos y salidas deberían presentar valores similares a lo largo del día, dada la naturaleza de este tipo de instalaciones y de los servicios que allí se ofrecen, el comportamiento vehicular se muestra similar a la mayoría de los equipamientos analizados en este informe.

### 5.7 Tablas Resumen de pronóstico de demanda vehicular según uso de suelo.

EQUIPAMIENTOS DE VIVIENDA		DEMANDA PROMEDIO			
		Estrato 3	Estrato 4	Estrato 5	Estrato 6
Viviendas por cada celda de estacionamiento		1.275	1.016	0.741	0.637
Hora pico AM	Ingreso autos/vivienda en H.P.	0.216	0.093	0.157	0.357
	Salidas autos/vivienda en H.P.	0.433	0.217	0.333	0.637
	Ingreso autos/celda en H.P.	0.251	0.093	0.116	0.150
	Salida autos/celda en H.P.	0.305	0.221	0.221	0.290
Hora pico PM	Ingreso autos/vivienda en H.P.	0.246	0.194	0.287	0.428
	Salidas autos/vivienda en H.P.	0.192	0.119	0.169	0.299
	Ingreso autos/celda en H.P.	0.232	0.194	0.181	0.186
	Salida autos/celda en H.P.	0.126	0.112	0.125	0.117

EQUIPAMIENTOS DE OFICINA		PROMEDIO
Oficinas por cada celda de estacionamiento		<b>0.522</b>
Hora pico AM	Ingreso autos/oficina en H.P.	<b>0.886</b>
	Salidas autos/oficina en H.P.	<b>0.394</b>
	Ingreso autos/celda en H.P.	<b>0.380</b>
	Salida autos/celda en H.P.	<b>0.180</b>
Hora pico PM	Ingreso autos/oficina en H.P.	<b>0.307</b>
	Salidas autos/oficina en H.P.	<b>0.536</b>
	Ingreso autos/celda en H.P.	<b>0.141</b>
	Salida autos/celda en H.P.	<b>0.257</b>

EQUIPAMIENTOS DE COMERCIO	PROMEDIO	
	Centros comerciales	Almacenes ancla
m <sup>2</sup> por cada celda de estacionamiento	<b>30.454</b>	<b>11.636</b>
Ingreso autos/m <sup>2</sup> en H.P.	<b>0.019</b>	<b>0.049</b>
Salidas autos/m <sup>2</sup> en H.P.	<b>0.017</b>	<b>0.040</b>
Ingreso autos/celda en H.P.	<b>0.550</b>	<b>0.564</b>
Salida autos/celda en H.P.	<b>0.508</b>	<b>0.454</b>

<b>EQUIPAMIENTOS EDUCATIVOS</b>		<b>PROMEDIO</b>
Hora pico AM	Ingreso autos/m <sup>2</sup> en H.P.	<b>0.014</b>
	Salidas autos/m <sup>2</sup> en H.P.	<b>0.001</b>
	Ingreso autos/celda en H.P.	<b>0.448</b>
	Salida autos/celda en H.P.	<b>0.035</b>
	Ingreso autos/personas en H.P.	<b>0.011</b>
	Salida autos/personas en H.P.	<b>0.002</b>
Hora pico PM	Ingreso autos/m <sup>2</sup> en H.P.	<b>0.009</b>
	Salidas autos/m <sup>2</sup> en H.P.	<b>0.008</b>
	Ingreso autos/celda en H.P.	<b>0.291</b>
	Salida autos/celda en H.P.	<b>0.275</b>
	Ingreso autos/personas en H.P.	<b>0.018</b>
	Salida autos/personas en H.P.	<b>0.015</b>

<b>EQUIPAMIENTOS DE SALUD</b>		<b>PROMEDIO</b>
Unidades por cada celda de estacionamiento		<b>1.053</b>
Hora pico AM	Ingreso autos/unidad en H.P.	<b>0.854</b>
	Salidas autos/unidad en H.P.	<b>0.484</b>
	Ingreso autos/celda en H.P.	<b>1.143</b>
	Salida autos/celda en H.P.	<b>0.626</b>
Hora pico PM	Ingreso autos/unidad en H.P.	<b>0.622</b>
	Salidas autos/unidad en H.P.	<b>0.765</b>
	Ingreso autos/celda en H.P.	<b>0.547</b>
	Salida autos/celda en H.P.	<b>0.728</b>

## CONCLUSIONES

De la información analizada con base en la Encuesta Origen Destino del 2012 se concluye que:

- a. Todos los análisis relacionados con la Encuesta Origen Destino del 2012 presentados en este estudio, dan cuenta de que en la ciudad de Medellín se evidencia una concentración del uso del vehículo particular en algunas comunas principalmente. Es allí, entre otros asuntos, donde se debería enfocar de manera especial la administración municipal, con el fin de implementar acciones que mitiguen el impacto negativo que produce el crecimiento desproporcionado de la motorización en la ciudad y el uso desbordado del vehículo particular.

La Encuesta Origen Destino del 2012 ha orientado el cálculo de índices de estimación de tránsito, al ilustrar dónde hay mayor demanda de vehículo particular en la ciudad, lo que es consecuente con la distribución de modelos tomados para dicho fin.

- b. Las comunas que presentan el mayor uso de auto en la ciudad de Medellín son las comunas 10 La Candelaria, 11 Laureles-Estadio, 16 Belén y 14 El Poblado, siendo esta última la de mayor incidencia de vehículo particular.
- c. La comuna 14 El Poblado es de especial atención en cuanto a viajes en auto se refiere, ya que presenta la mayor proporción de viajes generados en la hora pico de la mañana y de viajes atraídos en la hora pico de la tarde. Aunque se tienen algunas obras ya construidas y otras por ejecutarse por valorización, se necesita con urgencia la intervención tanto en planeación, operación y ejecución de infraestructura para toda la ciudad y en especial para la comuna 14 El Poblado.
- d. La comuna 10 La Candelaria presenta alta demanda de viajes en moto, auto y muy predominantemente en transporte público, la mayor en toda la ciudad. Esta situación se presenta en la comuna en la que se localiza el centro de la ciudad, por lo cual es de esperarse la gran atracción y generación de viajes y su variedad modal.

- e. Es una constante para la ciudad, que el transporte de mayor preferencia sea el público, donde en algunas comunas de la ciudad supera el 70% de los viajes generados.
- f. De acuerdo al análisis de generación de viajes según su motivo, en la ciudad la mayoría de los viajes realizados en vehículo particular tienen como origen y destino las comunas La Candelaria (donde está el centro de Medellín), Laureles-Estadio, El Poblado y Belén, que son aquellas donde predominan estratos de la clase media-alta y alta.
- g. En cuanto a atracción de viajes se refiere, las comunas atraen viajes con motivos diferentes a los cotidianos (estudio, trabajo y regreso a casa), en mayor medida desde la misma comuna que desde el resto de la ciudad.
- h. El número de viajes de regreso a casa en el periodo pico de la tarde no constituye su equivalente de viajes originados en el periodo pico de la mañana, en modo auto y para las comunas de mayor incidencia en este modo de transporte. De hecho constituyen menos del 50% de dichos viajes originados en el periodo pico de la mañana.

Del análisis de la demanda vehicular registrada se tienen las siguientes conclusiones:

- a. La normativa vigente en cuanto a exigencias mínimas y máximas de estacionamiento deberá reevaluarse, toda vez que la realidad demuestra que con base en ella, los edificios vivienda de estratos bajos presentan características similares a aquellos de estratos altos. Esto puede presentarse dado que como se mencionaba anteriormente, la población con vehículo propio va en aumento, demandando más celdas y los constructores de viviendas ofreciéndolas en pro de mayores ventas.
- b. En cuanto al panorama registrado para edificios de vivienda para estratos 5 y 6 se concluye que si bien no exceden el límite de parqueaderos a ofrecer, se considera que tomar como tope máximo 2 celdas para vehículos privados en estrato 5 y 4 para estrato 6 es incentivar el uso del vehículo particular, lo cual visto a una escala zonal y municipal, atenta contra la

movilidad del territorio, cuando ideológicamente se pretende racionalizar el uso de este tipo de transporte. Por lo tanto se propone para cada vivienda como máximo una celda de parqueo, obligando a las familias a tener un solo vehículo por hogar y así ayudar a mitigar los problemas de movilidad en la ciudad.

- c. En los equipamientos de oficinas y comercio se aprecia que lógicamente se cumple con el mínimo de parqueaderos por  $m^2$ . Sin embargo al no haber un tope máximo de celdas contemplado en la norma vigente, la oferta actual se considera muy elevada, a razón de que con ello se logra una mejor dinámica comercial a cambio de una congestión crónica tanto en horas valle como en horas pico, en las vías aledañas como ocurre en algunos centros comerciales de la ciudad. Se recomienda a la administración municipal, que a partir de estudios relacionados a este tema, se exija un número máximo de parqueaderos en equipamientos que generan gran impacto vial a las vías aledañas y a los corredores viales de mayor tráfico.
- d. A pesar de que no se considera un promedio de  $m^2$  por cada celda de estacionamiento para establecimientos de educación registrados, dado que dichos datos son muy variables, se aclara que actualmente en varios de los establecimientos registrados se están llevando a cabo obras de mejoramiento de la oferta de parqueaderos, o están planeadas para ejecutarse en el futuro cercano. Con esto se logra que haya una nivelación o balance de estacionamientos para acomodarse a la normatividad vigente y en especial para mejorar la operación al interior de los edificios de educación superior. Es de tener en cuenta, que se deben proponer estudios profundos de ocupación vehicular, para que la ampliación de la oferta de estacionamientos, obedezca a un estudio detallado de oferta y demanda.
- e. Para equipamientos de salud, se concluye que en promedio se cumple con la norma (según los equipamientos registrados)
- f. La demanda vehicular para los tipos de equipamientos analizados en este informe, puede pronosticarse con base en los factores promedios calculados a partir de un amplio registro de referencias.

- g. Se presenta el cálculo de factores para el pronóstico de la demanda vehicular como una herramienta de consulta y calibración para posteriores estudios de tránsito en la ciudad de Medellín.
  
- h. Se debería promover la investigación desde la academia en convenio con las entidades municipales en temas como el aquí desarrollado, no solo en los tipos de equipamientos analizados, sino en muchos otros tipos de proyectos que prestan diversos servicios (hoteles, colegios, gimnasios, etc). Esta tesis es sólo una parte de la investigación que debería realizarse a una mayor escala en toda la ciudad, así como en otros municipios del valle de Aburrá.

## BIBLIOGRAFÍA

- Departamento Administrativo de Planeación. *Plan de Ordenamiento Territorial. Acuerdo 46 de 2006.*
- Decreto número 1521 de 2008. *Por el cual se modifica el Decreto municipal 409 de 2007, reglamentario de disposiciones del Acuerdo 046 de 2006:*
  - Artículo 46. Celdas de estacionamientos de vehículos livianos en proyectos de vivienda, pg. 41.
  - Anexo 1, tablas 1 y 2
  - Artículo 7. Celdas de estacionamientos de vehículos livianos en establecimientos de educación, pg. 10.
  - Artículo 7. Celdas de estacionamientos de vehículos livianos en establecimientos de salud, pg 12.
  - Artículo 7. Celdas de estacionamientos de vehículos livianos en conglomerados comerciales, pg. 33.
  - Celdas de estacionamientos de vehículos livianos en proyectos de oficina, pg. 56.
- Proyectos de vivienda examinados:
  - DVÍAS. Proyecto Autofull, pg. 29-31. Año 2012
  - DVÍAS. Proyecto Venezia, pg. 35-39. Año 2012
  - Mario Damato. Proyecto Las Palmeras, pg. 15-17. Año 2003
  - Álvaro Vélez. Proyecto Valbuena, pg. 4-6. Año 2007
  - Álvaro Vélez. Proyecto Entrepalmas de San Diego, pg. 3-7. Año 2007
  - Álvaro Vélez. Proyecto Atavanza, pg. 3-6. Año 2007
  - Álvaro Vélez. Proyecto Sorrento, pg. 4-7. Año 2007
  - Vías y Tránsito. Proyecto Guayacanes de San Diego, pg. 4-6. Año 2010
  - Vías y Tránsito. Proyecto Toscana, pg. 4-7. Año 2012
  - Vías y Tránsito. Proyecto Sol Naciente y Sol Creciente, pg 4-7. Año 2009
  - Vías y Tránsito. Proyecto La 76, pg. 14-16. Año 2012
  - Vías y Tránsito. Plan Parcial Ivatex, pg. 3-7. Año 2009
  - Vías y Tránsito. Proyecto Ciudadela El Rincón, pg 5-8. Año 2010
  - Vías y Tránsito. Proyecto Río Campestre, pg. 4-7. Año 2007
  - Vías y Tránsito. Proyecto Finito, pg. 4-8. Año 2011
  - Vías y Tránsito. Proyecto Yerbabuena, pg 3-5. Año 2009
  - Vías y Tránsito. Proyecto Font, pg 4-7. Año 2012.
  - Vías y Tránsito. Proyecto San Michel, pg 5-8. Año 2010

- Proyectos de oficina y centros comerciales examinados:
  - Vías y Tránsito. Proyecto Bosque Plaza, pg 9-11. Año 2012
  - Vías y Tránsito. Proyecto Centro Comercial Viva Laureles, pg 30-31. Año 2012.
  - Vías y Tránsito. Proyecto Centro Comercial Viva Envigado, pg 23-25. Año 2011
  
- Estudios de tránsito de equipamientos de educación superior examinados:
  - Vías y Tránsito. Plan Maestro de Movilidad Eafit, pg. 7-14. Año 2012.
  - Vías y Tránsito. Plan Maestro de Movilidad Universidad de Antioquia
  - Vías y Tránsito. Estudio de movilidad para el polígono Z2 - API – 48, pg 23-24. Año 2009
  - Plan de Movilidad Universidad Pontificia Bolivariana, pg. 4-7. Año 2008.
  
- Estudios de tránsito de equipamientos de salud examinados:
  - Vías y Tránsito. Estudio de Movilidad para la zona hospitalaria del noroccidente de la ciudad de Medellín, pg. 23-28. Año 2008.
  - Vías y Tránsito. Proyecto Clínica Oftalmológica San Diego, pg. 8-9. Año 2012
  - Vías y Tránsito. Proyecto Medical, pg. 3-5. Año 2011
  
- Administración centros comerciales Punto Clave y Premium Plaza.
  
- Servicios generales Universidad Eafit.
  
- Encuesta Origen Destino Año 2005
  
- Encuesta Origen Destino Año 2012
  
- Páginas Web consultadas:
  - Población de Medellín, Dane: Proyecciones Población Medellín por año 2005-2015.
  - <http://www.upb.edu.co/estadisticas>
  - Viviendas Estratificadas por Comuna y Barrio 2010. [www.medellin.gov.co](http://www.medellin.gov.co)
  - Estudios de Impacto Vial. <http://civilgeeks.com/2011/09/30/estudios-de-impacto-vial/>
  
- Centro de Estudios Urbanos y Ambientales, URBAM – BIO 2030 - Encuesta calidad de vida 2009