



UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA

# Planificación del estacionamiento vehicular en campus universitarios de la ciudad de Bogotá

**Fredy Leandro Espejo Fandiño**

**Volumen I**

Universidad Nacional de Colombia  
Facultad de Ingeniería  
Bogotá, D.C., Colombia  
2014



# Planificación del estacionamiento vehicular en campus universitarios de la ciudad de Bogotá

**Fredy Leandro Espejo Fandiño**

Trabajo de investigación presentado como requisito parcial para  
optar al título de:  
**Maestría en Ingeniería - Transporte**

Director:  
Ingeniero William Castro García

Línea de Investigación:  
Políticas y planeación de la movilidad y el transporte

Universidad Nacional de Colombia  
Facultad de Ingeniería  
Bogotá, D.C., Colombia  
2014



## Resumen

El presente trabajo de grado consistió en evaluar la planificación del estacionamiento vehicular en dos campus universitarios de la ciudad de Bogotá a partir de dos enfoques teóricos que difieren significativamente en la manera cómo afrontan el problema del estacionamiento. Un enfoque comprende los métodos tradicionales o viejo paradigma de la planificación el cual contempla que el estacionamiento debe ser abundante y gratuito, mientras que el enfoque no tradicional o nuevo paradigma de la planificación considera que el estacionamiento debe ser óptimo y con precio. El primer enfoque que vincula las prácticas actuales y comunes para evaluar el estacionamiento produjo excedentes de oferta a partir del 200% mientras que el segundo enfoque demostró que existen maneras alternativas de evaluar el estacionamiento encontrando relación entre variables asociadas al usuario, la oferta de transporte y las estrategias de gestión de la demanda de transporte que pueden lograr reducciones considerables de las necesidades de estacionamiento en los campus.

**Palabras clave:** planificación, estacionamiento, campus, paradigma, demanda, gestión de la demanda de transporte.

## Abstract

In this Project, the planning of parking in two college campuses was evaluated based on two theoretical approaches which differ significantly in the way to address the problem of parking. One approach takes into account the traditional method or old planning paradigm, it says that the parking must be free and must offer a wide availability; while the nontraditional method or new paradigm of planning considers that parking must be high quality and it must have a price.

The first approach which links the current and common ways to evaluate parking, resulted oversupply of 200%. While the second approach showed that, there are alternate ways to evaluate parking finding out a relation between the variables associated to the user, the transport offer and the Transportation Demand Management (TDM) to get significant reduction of the need to park in college campuses.

**Keywords:** planning, parking, campus, paradigm, demand, transportation demand management.



# Contenido

	Pág.
<b>Resumen .....</b>	<b>V</b>
<b>Lista de figuras.....</b>	<b>X</b>
<b>Lista de tablas.....</b>	<b>XI</b>
<b>1. Introducción.....</b>	<b>1</b>
<b>2. FORMULACIÓN DE LA PROPUESTA DE INVESTIGACIÓN.....</b>	<b>5</b>
2.1 Problema .....	5
2.2 Objetivos .....	6
2.2.1 Objetivo general.....	6
2.2.2 Objetivos específicos.....	6
2.3 Alcance.....	7
<b>3. ESTADO DEL ARTE.....</b>	<b>9</b>
3.1 Orientación normativa de la planificación del estacionamiento en campus universitarios.....	9
3.1.1 Plan de Ordenamiento Territorial de la ciudad de Bogotá 10	
3.1.2 Plan de Ordenamiento de Estacionamientos.....	15
3.1.3 Decreto 596 de 2007.....	17
3.2 Orientación técnica de la planificación del estacionamiento en campus universitarios.....	19
3.2.1 Estudio de tránsito Universidad de La Salle Sede Chapinero .....	21
3.2.2 Estudio de tránsito Universidad Nacional de Colombia Sede Bogotá .....	22
3.2.3 Estudio de tránsito Universidad Javeriana Sede Bogotá 23	
3.2.4 Estudio de tránsito Fundación Universitaria Panamericana Sede Bogotá .....	24
3.2.5 Estudio de tránsito Universidad de los Andes Sede Bogotá 24	
3.2.6 Estudio de tránsito edificio Centro Deportivo Universidad de los Andes Sede Bogotá .....	26
3.3 Orientación analítica de la planificación del estacionamiento en campus universitarios.....	27
3.3.1 Viejo paradigma de la planificación del estacionamiento .....	30

---

3.3.2	Nuevo paradigma de la planificación del estacionamiento .....	40
3.3.3	VARIABLES DE ANÁLISIS EN LA PLANIFICACIÓN DEL ESTACIONAMIENTO .....	50
<b>4.</b>	<b>METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN.....</b>	<b>56</b>
4.1	Metodología para evaluar la planificación del estacionamiento bajo enfoques tradicionales .....	56
4.2	Metodología para evaluar la planificación del estacionamiento bajo enfoques no tradicionales .....	57
4.3	Campus universitarios seleccionados .....	60
<b>5.</b>	<b>PLANIFICACIÓN DEL ESTACIONAMIENTO BAJO LOS ENFOQUES TRADICIONALES.....</b>	<b>63</b>
5.1	Estacionamiento a partir del Plan de Ordenamiento Territorial .....	63
5.1.1	Estacionamiento según Decreto 190 de 2004 .....	64
5.1.2	Estacionamiento según Decreto 364 de 2013 .....	66
5.2	Estacionamiento a partir de estudios de rotación de placas .....	68
5.3	Estacionamiento a partir de metodología Eno Center For Transportation .....	69
5.4	Estacionamiento a partir de metodología Institute of Transportation Engineers .....	73
<b>6.</b>	<b>PLANIFICACIÓN DEL ESTACIONAMIENTO BAJO LOS ENFOQUES NO TRADICIONALES....</b>	<b>76</b>
6.1	Análisis de correspondencias - Técnica multivariada ....	79
6.1.1	Categorías para variables de la encuesta .....	81
6.1.2	Relaciones y asociaciones entre variables .....	84
6.2	Recolección de información primaria - encuestas .....	89
6.2.1	Descripción método de recolección encuestas Universidad Nacional .....	89
6.2.2	Descripción método de recolección encuestas Universidad de los Andes .....	90
6.3	Resultados enfoque no tradicional en la Universidad Nacional de Colombia .....	91
6.3.1	Relaciones primarias entre variables UN .....	91
6.3.2	Relaciones secundarias entre variables UN .....	96
6.4	Resultados enfoque no tradicional en la Universidad de los Andes .....	108
6.4.1	Relaciones primarias entre variables Andes .....	108
6.4.2	Relaciones secundarias entre variables ANDES .....	112
<b>7.</b>	<b>ANÁLISIS Y EVALUACIÓN DE LOS RESULTADOS DE AMBOS ENFOQUES DE PLANIFICACIÓN DEL ESTACIONAMIENTO.....</b>	<b>121</b>
7.1	Requerimientos de espacio de estacionamiento en cada enfoque de planificación .....	121
7.1.1	Requerimientos de espacio Universidad Nacional de Colombia .....	122
7.1.2	Requerimientos de espacio Universidad de los Andes	125
7.2	VARIABLES INVOLUCRADAS EN CADA ENFOQUE DE PLANIFICACIÓN	127

<b>8. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....</b>	<b>132</b>
8.1 Conclusiones.....	132
8.2 Recomendaciones.....	135
<b>Bibliografía.....</b>	<b>139</b>

## Lista de figuras

	<b>Pág.</b>
Figura 3-1: Acumulación del estacionamiento en oficina / hotel.....	33
Figura 3-3: Demanda de estacionamiento período pico entre semana para universidades suburbanas .....	36
Figura 3-4: Demanda de estacionamiento período pico entre semana para universidades urbanas .....	37
Figura 6-1: Mapa perceptual género vs conjunto de estrategias TDM (UN) .....	93
Figura 6-2: Mapa perceptual edad vs conjunto de estrategias TDM (UN).....	94
Figura 6-3: Mapa perceptual población universitaria vs conjunto de estrategias TDM (UN) . .....	96
Figura 6-4: Mapa perceptual distancia hogar - campus vs estrategia TDM 8 (UN).....	98
Figura 6-5: Mapa perceptual compañeros cerca - campus vs estrategia TDM 4 (UN) .....	100
Figura 6-6: Mapa perceptual tiempo caminata vs estrategia TDM 1 (UN) .....	102
Figura 6-7: Mapa perceptual tiempo caminata vs estrategia TDM 7 (UN) .....	103
Figura 6-8: Mapa perceptual tenencia vehículo vs estrategias TDM (medios activos UN).....	104
Figura 6-9: Mapa perceptual tenencia vehículo vs estrategias TDM (medios activos UN).....	106
Figura 6-10: Mapa perceptual percepción infraestructura no motorizada vs estrategias TDM (medios no motorizados UN) .....	107
Figura 6-11: Mapa perceptual género vs estrategia TDM (ANDES) .....	109
Figura 6-12: Mapa perceptual edad vs estrategia TDM (ANDES) .....	110
Figura 6-13: Mapa perceptual población universitaria vs estrategia TDM (ANDES) .....	112
Figura 6-14: Mapa perceptual distancia hogar - campus vs estrategia TDM 11(ANDES).....	114
Figura 6-15: Mapa perceptual tiempo de caminata a parada PuT vs estrategia TDM 1(ANDES) .....	115
Figura 6-16: Mapa perceptual tenencia vehículo vs estrategias TDM (Medios activos ANDES) .....	116
Figura 6-17: Mapa perceptual percepción infraestructura no motorizada vs estrategias TDM (Medios no motorizados ANDES) .....	118
Figura 6-18: Mapa perceptual percepción riesgos accidentes de tránsito vs estrategias TDM (Medios no motorizados ANDES).....	119
Figura 7-1: Efectividad estrategias TDM Universidad Nacional .....	124
Figura 7-1: Efectividad estrategias TDM Universidad de los Andes.....	126
Figura 7-2: Distribución de variables enfoque no tradicional .....	130

## Lista de tablas

	<b>Pág.</b>
Tabla 3-1: Factor área máxima permitida para estacionamiento según uso.....	12
Tabla 3-2: Factor estacionamientos para uso dotacional.....	15
Tabla 3-3: Promedio de la demanda de estacionamiento en el período pico vs Población escolar suburbana.....	36
Tabla 3-4: Promedio de la demanda de estacionamiento en el período pico vs Población escolar urbana.....	37
Tabla 4-1: Características campus objeto de estudio .....	61
Tabla 5-1: Cálculo de oferta de estacionamiento – Decreto 190 de 2004 .....	65
Tabla 5-2: Cálculo de oferta de estacionamiento – Decreto 364 de 2013 .....	67
Tabla 5-3: Cálculo de oferta de estacionamiento – Rotación de placas .....	68
Tabla 5-4: Cálculo de oferta de estacionamiento estudiantes – Metodología ENO.....	71
Tabla 5-5: Cálculo de oferta de estacionamiento personal – Metodología ENO.....	72
Tabla 5-6: Cálculo de oferta de estacionamiento total – Metodología ENO.....	72
Tabla 5-7: Cálculo de oferta de estacionamiento – Metodología ITE.....	74
Tabla 6-1: Categorías para variables de la encuesta.....	81
Tabla 6-2: Relaciones primarias entre variables .....	84
Tabla 6-3: Primera relación secundaria.....	85
Tabla 6-4: Segunda relación secundaria.....	85
Tabla 6-5: Tercera relación secundaria.....	85
Tabla 6-6: Cuarta relación secundaria.....	86
Tabla 6-7: Quinta relación secundaria.....	86
Tabla 6-8: Sexta relación secundaria.....	86
Tabla 6-9: Séptima relación secundaria.....	87
Tabla 6-10: Octava relación secundaria.....	87
Tabla 6-11: Novena relación secundaria.....	87
Tabla 6-12: Décima relación secundaria .....	87
Tabla 6-13: Undécima relación secundaria.....	88
Tabla 6-14: Duodécima relación secundaria .....	88
Tabla 6-15: Decimotercera relación secundaria.....	88
Tabla 6-16: Decimocuarta relación secundaria .....	89
Tabla 6-17: Decimoquinta relación secundaria .....	89
Tabla 6-18: Ficha técnica encuesta UN.....	90
Tabla 6-19: Ficha técnica encuesta Andes .....	91
Tabla 6-20: Resumen modelo género vs conjunto de estrategias TDM (UN) .....	92

Tabla 6-21:	Resumen modelo edad vs conjunto de estrategias TDM (UN) .....	94
Tabla 6-22:	Resumen modelo población universitaria vs conjunto de estrategias TDM (UN) .....	95
Tabla 6-23:	Tabla de correspondencias Distancia hogar – campus vs estrategia TDM 8 (UN) .....	97
Tabla 6-24:	Resumen modelo distancia hogar – campus vs estrategia TDM 8 (UN) .....	98
Tabla 6-25:	Tabla de correspondencias compañeros cerca vs estrategia TDM 4 (UN) .....	100
Tabla 6-26:	Tabla de correspondencias tiempo de caminata a parada PuT vs estrategia TDM 1 (UN) .....	101
Tabla 6-27:	Tabla de correspondencias tiempo de caminata a parada PuT vs estrategia TDM 7 (UN) .....	102
Tabla 6-28:	Resumen modelo tenencia de vehículo vs estrategia TDM (medios activos UN) .....	103
Tabla 6-29:	Resumen modelo percepción tráfico vehicular vs estrategias TDM (medios no motorizados UN).....	105
Tabla 6-30:	Resumen modelo percepción infraestructura no motorizada vs estrategias TDM (medios no motorizados UN) .....	107
Tabla 6-32:	Resumen modelo género vs conjunto estrategias TDM (ANDES) .....	108
Tabla 6-33:	Resumen modelo edad vs conjunto estrategias TDM (ANDES) .....	110
Tabla 6-34:	Resumen modelo población universitaria vs conjunto estrategias TDM (ANDES) .....	111
Tabla 6-35:	Tabla de correspondencia distancia hogar - campus vs estrategia TDM 11 (ANDES) .....	113
Tabla 6-36:	Tabla de correspondencia tiempo de caminata a parada PuT vs estrategia TDM 1 (ANDES) .....	114
Tabla 6-37:	Resumen modelo tenencia de vehículo vs estrategias TDM (Medios activos ANDES) .....	115
Tabla 6-38:	Resumen modelo percepción infraestructura no motorizada vs estrategias TDM (Medios no motorizados ANDES) .....	117
Tabla 6-39:	Resumen modelo percepción riesgos accidentes de tránsito vs estrategias TDM (Medios no motorizados ANDES) .....	119
Tabla 7-1:	Requerimientos de espacio metodologías tradicionales – UN - .....	122
Tabla 7-2:	Requerimientos de espacio metodologías tradicionales – ANDES - .....	125
Tabla 7-3:	Resumen variables enfoque tradicional.....	128
Tabla 7-4:	Resumen variables enfoque no tradicional.....	129

## 1. Introducción

El aumento del índice de motorización en las ciudades latinoamericanas incide en la demanda de estacionamientos, pues cada vez son más los requerimientos de espacio para poder estacionar los vehículos. El Conpes 3677 de 2010 indica que sólo entre el año 2005 y 2010 "el parque de vehículos privados en Bogotá ha crecido a una tasa promedio del 10,5% anual" (Consejo Nacional de Política Económica y Social, 2010, p. 11) con un índice de 173,2 vehículos por 1.000 habitantes para el año 2009, mientras que para la región de Latinoamérica encontramos que un porcentaje considerable de países cuentan con un índice entre 100 y 300 vehículos por cada 1.000 habitantes; incluso existen algunos con un índice superior a los 300 vehículos por cada 1.000 habitantes como Argentina y Puerto Rico para el año 2006 (Organización Panamericana de la Salud, 2009).

Así pues, la suficiencia de sitios de estacionamiento en las ciudades o urbes se ha convertido en un problema cuando no existe el espacio suficiente sobre la vía o fuera de las vías para permitir que todos los vehículos estacionen en un lugar cercano a su sitio de destino, generando congestión por la gran cantidad de vehículos estacionados sobre la vía, infracciones de las normas de tránsito por parte de los conductores, mal uso de la infraestructura al estacionar en lugares indebidos, y problemas ambientales y de desarrollo urbano.

La diferencia entre la cantidad de vehículos que requieren estacionar y los sitios existentes para estacionar en las calles y los parqueaderos públicos, es decir, la relación entre la demanda y oferta de estacionamientos, puede generar un excedente que puede ser resuelto con obras de aparcamiento. Según el Código de Policía de Bogotá los aparcaderos son "las construcciones realizadas en el suelo o en el subsuelo de locales o predios urbanos destinados al arrendamiento de espacios para estacionar y cuidar vehículos" (Concejo de Bogotá, 2003, Artículo 118).

Generalmente, estas obras de aparcamiento están asociadas a grandes proyectos de infraestructura, edificios de oficinas, residencias, centros comerciales, hospitales, universidades, centros culturales, centros deportivos, que contemplan dentro de su programa arquitectónico un área destinada al estacionamiento de los vehículos

el cual puede ser a cielo abierto, subterráneo o en un edificio de aparcamiento.

La planificación y el dimensionamiento de este tipo de obras de aparcamientos se constituyen en el eje central de esta investigación, aplicado a un caso específico, campus universitarios. Estimar la oferta y demanda de estacionamiento que tendrá un uso educativo de nivel superior es un proceso que depende totalmente del enfoque planteado en cada caso particular.

Como veremos al desarrollar la investigación existen dos principales enfoques en la planificación del estacionamiento que se han conformado a través de la historia con el aporte de varios investigadores, que presentan diferencias sustanciales en cuanto a la provisión del espacio destinado al aparcamiento y en la manera en que dirigen sus objetivos, conformando así lo que algunos autores han llamado el viejo y nuevo paradigma de la planificación del estacionamiento (Shoup, 1997, 2005; Litman, 2011).

El viejo paradigma de la planificación se preocupa por ofrecer estacionamiento abundante y sin costo para satisfacer los máximos niveles de demanda mientras que el nuevo paradigma de la planificación se encarga de ofrecer estacionamiento óptimo y con precio. El nuevo paradigma de la planificación trabaja de la mano con el desarrollo y urbanismo sostenible (Litman, 2011).

También se mostrará que la planificación del estacionamiento en los campus universitarios de la ciudad de Bogotá se encuentra enmarcado dentro del viejo paradigma y que las prácticas orientadas hacia el nuevo paradigma son escasas o prácticamente inexistentes a nivel local. Incluso, se mostrará que la normativa con la cual se aprobaron decenas de estudios de estacionamientos de campus universitarios de la ciudad también hace parte del viejo paradigma de planificación con los mismos problemas evidenciados en otros países con mayor investigación en el tema.

Los efectos de realizar una mala planeación del estacionamiento son preocupantes por donde se les mire. En un estudio el Monroe County Department of Planning and Development (2007) sugiere por un lado que, cuando existen plazas de aparcamiento muy por encima de lo necesario se aumenta el factor de escorrentía del suelo en el área de influencia, la carga de contaminantes a los arroyos locales y se disminuye el espacio verde (con obvias consecuencias negativas en el medio ambiente) y adicionalmente, se disminuye el atributo paisajístico de la zona y se aumentan los costos de iluminación. Si se presenta la situación contraria, plazas de aparcamiento muy por debajo de lo necesario, se pueden incentivar actividades ilegales como el doble estacionamiento, el parqueo sobre áreas restringidas para emergencias, discapacitados, o pasos peatonales, entre otros, y se pierde el atractivo de la instalación.

La estimación de la demanda de plazas o cupos de estacionamiento es un proceso complejo que puede involucrar el uso de un gran número de variables, y que por tanto, se convierte en una etapa crítica en la planificación de este y cualquier tipo de proyectos. Según Balsells (2004):

Desafortunadamente, la estimación de la demanda de aparcamiento es compleja, y a menudo mal aproximada. Por otra parte, una estimación hecha adecuadamente requiere un consumo de tiempo y de dinero considerable, por eso la tentación de reducir presupuesto en esta fase nos puede llevar a resultados erróneos (p. 15).

En el ámbito local de las ciudades colombianas el cálculo de los cupos de estacionamiento se ha realizado de manera preponderante mediante dos métodos: uno desde el punto de vista normativo y otro desde el punto de vista técnico. Ambos como se describió hacen parte del viejo paradigma de la planificación. El método normativo está definido en los Planes de Ordenamiento Territorial (POT) de los municipios mientras que el método técnico se desprende de un estudio detallado de la demanda de estacionamientos a partir de trabajos de campo contemplados en los estudios de tránsito.

La diferencia en la utilización de un método u otro radica en que hacer uso de la norma corresponde a estándares mínimos que deben cumplir los proyectos urbanísticos, en general, cuando el estacionamiento no es parte importante del proyecto o no se requiere de un estudio específico para su aprobación (como pequeñas urbanizaciones o centros educativos de menor escala, o proyectos de escala vecinal y zonal) con lo cual se tienen indicadores que responden únicamente al uso de cada edificación y el área construida. En cambio, si lo que se tiene es un proyecto de gran escala o alto impacto como las universidades, se requiere de un estudio de tránsito el cual incluye un apartado para el análisis de la demanda de estacionamientos que además debe cumplir con los estándares normativos.

En la ciudad de Bogotá, antes de que entrara en vigencia el Decreto 364 de 2013, el cupo de estacionamientos de cualquier proyecto urbanístico dentro del método normativo se determinó a partir de dos únicas variables: el área de la edificación y la ubicación dentro de la ciudad.

Esta manera de efectuar la planificación del estacionamiento a nivel local representa de hecho una falla sustancial. En Colombia sucede algo similar a lo que sucede en los Estados Unidos (país con la mayor investigación en la planeación del estacionamiento) donde los valores de referencia establecidos en las ordenanzas de las ciudades para determinar la oferta de estacionamiento a partir del área construida varían de municipio a municipio, con una poca consistencia entre un valor y otro, y con poco fundamento para

establecer dichos coeficientes (Monroe County Department of Planning and Development, 2007; Shoup, 2005).

El área construida puede no ser la variable más representativa para explicar la atracción de viajes en automóvil hacia los campus universitarios. Tampoco será la ubicación dentro de la ciudad. Bajo este análisis, se dejan por fuera variables sumamente importantes que afectan la demanda de estacionamientos y adicionalmente no se tienen en cuenta las preferencias y características del usuario del sistema de transporte.

Sumado a esto, los estudios de tránsito con los cuales se han aprobado la totalidad de planes de regularización y manejo de las universidades de la ciudad de Bogotá estuvieron obligados a cumplir con los requisitos mínimos de estacionamiento que establecía la normativa sin importar si la demanda percibida en el estudio técnico fuera menor a la obtenida a partir de esta exigencia. Además, dichos estudios se han acostumbrado a realizar procedimientos técnicos que arrojan resultados que propenden por satisfacer los máximos niveles de demanda del estacionamiento, es decir, se han ubicado dentro del viejo paradigma de la planificación.

La investigación tratará de abordar los anteriores aspectos de la siguiente manera: el segundo capítulo define el problema central de la investigación, los objetivos planteados y el alcance; el tercer capítulo describe las metodologías, aportes e investigaciones que conforman el estado del arte y que permiten diferenciar los dos paradigmas de la planificación del estacionamiento; el cuarto capítulo contiene la metodología aplicada de la investigación; el quinto capítulo, realiza el análisis del estacionamiento en los campus universitarios seleccionados bajo el viejo paradigma de la planificación mientras que el capítulo sexto lo hace con base en el nuevo paradigma; el capítulo séptimo analiza los resultados derivados de cada enfoque; por último, el capítulo octavo presenta las conclusiones y recomendaciones de la investigación.

## 2. FORMULACIÓN DE LA PROPUESTA DE INVESTIGACIÓN

### 2.1 Problema

La planificación del estacionamiento en los campus universitarios de la ciudad de Bogotá y en general en las ciudades colombianas, se ha realizado hasta el momento por medio de estudios de tránsito que identifican el comportamiento de la demanda de estacionamientos a partir de trabajos de campo como el estudio de placas tratando siempre de cumplir con los requisitos mínimos de estacionamiento estipulados en el Plan de Ordenamiento Territorial.

Los estudios de estacionamientos como la rotación de placas con los cuales se aprueban los planes de ampliación o expansión de los campus universitarios en la totalidad de los casos analizados, determinan la demanda de estacionamiento a partir del registro de los vehículos que ingresan al campus. Es decir, a partir del comportamiento vehicular y de la demanda total de cupos de aparcamiento que se generan en la hora pico.

Esta planeación hace que las necesidades de espacio resultantes en estos estudios de tránsito sean cuantiosas y procuren por ofrecer tanto estacionamiento como tanta demanda máxima se perciba sin pensar en los efectos ambientales, urbanos y de movilidad que conlleva dicho proceso. Adicionalmente, existen casos como la Universidad Nacional de Colombia que ha optado por ofrecer estacionamiento gratuito lo cual aumenta significativamente la demanda de estacionamientos en el campus.

Las universidades y en general los desarrolladores de proyectos urbanísticos en el país no dan cuenta que sus acciones en cuanto a la provisión de espacios de estacionamiento hacen parte del sistema de transporte y que sus medidas pueden motivar un mayor número de viajes hacia sus instalaciones causando congestión en las inmediaciones y al interior del campus, y otros efectos notables en las externalidades del sistema. La manera en que enfrentan el proceso de planeación presenta problemas desde el comienzo, al sólo pensar que su proyecto debe ser capaz de alojar tantos vehículos como sean necesarios, sin cobrar por el estacionamiento y adoptando

metodologías e indicadores con problemas estructurales de los cuales pocos han dado cuenta.

Las universidades por su parte están en la obligación de ser pioneras no sólo en la investigación y producción académica sino también en convertirse en grandes centros de experimentación donde se analicen posibilidades de cambio para contribuir a una sociedad sostenible. Esto tampoco es bien entendido por algunas universidades que enfocan sus esfuerzos únicamente en la academia sin darse cuenta de las responsabilidades sociales y de las oportunidades que tienen para mostrarle a la población que existen maneras más eficientes de movilizarse, con menores impactos ambientales que pueden mejorar la calidad de vida de las urbes donde se encuentren. La planificación del estacionamiento no está fuera de sus responsabilidades ni fuera de este esquema.

Con esta investigación se pretende en primer lugar dar luz sobre los problemas que ha generado esta planificación en varios lugares del mundo y por qué estas metodologías tradicionales no son las más eficientes en términos ambientales y de movilidad. En segundo lugar, se pretende mostrar cuáles serían las metodologías o el enfoque más conveniente para afrontar la planificación del estacionamiento y cuáles serían las oportunidades que tienen los campus universitarios para disminuir las necesidades de estacionamiento en sus instalaciones.

## **2.2 Objetivos**

### **2.2.1 Objetivo general**

Analizar la planificación del estacionamiento de vehículos livianos en dos campus universitarios seleccionados de la ciudad de Bogotá, los enfoques existentes para ello y las variables más representativas que influyen en cada proceso.

### **2.2.2 Objetivos específicos**

- Describir el estado del arte, las metodologías, investigaciones y autores más representativos a nivel mundial que han aportado para conformar los dos enfoques o paradigmas en la planificación del estacionamiento vehicular.
- Analizar la manera en que se realiza la planificación del estacionamiento vehicular en los campus universitarios de la ciudad de Bogotá.
- Analizar las necesidades de estacionamiento bajo enfoques tradicionales (viejo paradigma) y no tradicionales (nuevo paradigma) de la planificación del estacionamiento vehicular en los dos campus

universitarios seleccionados de la ciudad de Bogotá e identificar cuáles son las principales variables involucradas en el proceso.

- Comparar y concluir la aplicación de ambos enfoques de la planificación del estacionamiento vehicular y diferencias obtenidas entre las dos poblaciones universitarias analizadas.

## 2.3 Alcance

La investigación que acá se plantea comienza siendo una investigación de tipo exploratoria dado que pretende estudiar la planificación del estacionamiento bajo dos enfoques que han conformado paradigmas de distintas características a partir de la revisión literaria, que comprenden un sinnúmero de metodologías e investigaciones que han tratado de abordar el problema del aparcamiento en varios usos del suelo y en diferentes lugares del mundo. La revisión literaria permite ver que este análisis no ha sido llevado a cabo en ningún campus de la ciudad de Bogotá.

Es decir, en primer lugar se revisarán qué metodologías e investigaciones se han desarrollado dentro de cada enfoque relacionadas con la planificación del estacionamiento indiferente del uso de suelo, para luego pasar a investigaciones específicas aplicadas a los campus universitarios y posteriormente revisar si estas metodologías han sido utilizadas en los campus de la ciudad Bogotá. Se precisarán en cada caso, cuáles son las variables más representativas de cada metodología.

Posterior a ello, la investigación tomará un carácter de tipo descriptivo cuando se realice la aplicación de las metodologías más convenientes que hagan parte de cada paradigma en la planificación del estacionamiento de los campus universitarios seleccionados. Se determinarán cuáles son las necesidades de aparcamiento bajo cada enfoque, cuáles son las variables principales que hacen parte de cada metodología y las diferencias resultantes de usar uno u otro paradigma.

Se determinarán qué variables del usuario o del entorno físico son significativas para reducir la demanda de estacionamiento bajo el análisis del nuevo paradigma de la planificación en los campus universitarios seleccionados y qué diferencias existen entre las poblaciones universitarias analizadas en relación con reducir la dependencia del automóvil en el medio de transporte elegido para desplazarse hacia el campus.

La investigación se aplicará a dos universidades con campus claramente definidos y ubicados en el área urbana de la ciudad de Bogotá que presenten, preferiblemente, poblaciones universitarias con características socioeconómicas distintas.

La investigación se puede caracterizar por ser de tipo exploratoria y descriptiva pero no puede situarse en un único tipo de estudio de acuerdo con Hernández *et al* (1991).

La unidad de análisis en la investigación serán los vehículos livianos o particulares, se excluyen los vehículos pesados y vehículos de emergencia pues el estacionamiento que realizan es espontáneo y no causan alto impacto en la operación vehicular al interior de las universidades. Se excluye también el estacionamiento de motocicletas pues se considera que pueden representar parte importante de otra investigación en virtud que su crecimiento acelerado y sus particularidades al interior del campus deben ser estudiados con mayor ahínco, no sólo en cuanto a la planificación de su estacionamiento sino en la operación y uso en las universidades.

### **3. ESTADO DEL ARTE**

En el presente capítulo se pretende mostrar el estado actual de la reglamentación, los avances en la investigación, los desarrollos y métodos que de una u otra manera guardan relación con la propuesta de tesis planteada. Esto con el fin de alcanzar un conocimiento básico sobre la manera como se ha abordado la determinación de la demanda de estacionamientos y la planificación del aparcamiento en varios usos de suelo, en el país y en otros referentes internacionales.

En primer lugar, se mostrarán las disposiciones normativas a nivel nacional y local que actualmente condicionan la estimación de la demanda de estacionamientos en universidades; en segundo lugar, se mostrará el detalle técnico con que los ingenieros y urbanistas del país determinan la demanda de estacionamientos en estos usos de suelo; y en tercer lugar, se mostrarán los métodos analíticos relacionados con distintas investigaciones que se han desarrollado en el mundo para realizar la planificación del estacionamiento en distintos usos del suelo y en campus universitarios.

#### **3.1 Orientación normativa de la planificación del estacionamiento en campus universitarios**

En el país, la aprobación y adopción de ciertos proyectos que por su escala urbana, sus características o tipo de actividad generan impacto sobre la movilidad del sector, requiere de un estudio de tránsito el cual está contemplado en la reglamentación nacional. La Ley 769 de 2002 "Por el cual se adopta el Código Nacional de Tránsito Terrestre y se dictan otras disposiciones" en su capítulo VIII, reglamenta lo siguiente:

Los proyectos de edificación que causen modificaciones al sistema de tránsito o se constituyan en un polo importante generador de viajes tales como parques de diversiones, centros comerciales, estadios, centros culturales y otros, deberán tener la aprobación del organismo de tránsito de la jurisdicción (Congreso de la República, Artículo 101).

De igual manera el Decreto 1469 de 2010 expedido por el Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial (MAVDT), que plantea

disposiciones relativas con las licencias urbanísticas reglamenta en su artículo 26 que los equipamientos que generen impactos negativos en la movilidad circundante deben contar con un estudio de tránsito aprobado por la autoridad municipal.

Adicionalmente, en el mismo artículo plantea que estos estudios se deben exigir únicamente en los municipios donde el Plan de Ordenamiento Territorial u otros instrumentos "hayan definido las escalas y condiciones en los que estos usos deben contar con el citado estudio" MAVDT (2010).

Ahora bien, pasando al ámbito de la reglamentación local, en los siguientes apartados se realizará la abstracción de las principales disposiciones en torno al estacionamiento a partir de tres instrumentos de planificación de la ciudad de Bogotá: el Plan de Ordenamiento Territorial, el Plan de Ordenamiento de Estacionamientos y el Decreto 596 de 2007, que conjugan estrategias y políticas que enmarcan las directrices para los estudios de tránsito y la planificación del aparcamiento en usos educativos.

### **3.1.1 Plan de Ordenamiento Territorial de la ciudad de Bogotá**

Para el caso de Bogotá como se mencionó anteriormente el enfoque normativo está consignado en el Plan de Ordenamiento Territorial POT de la ciudad de Bogotá adoptado mediante el Decreto 364 de 2013. Esta norma contiene "el conjunto de objetivos directrices, políticas, estrategias, metas, programas, actuaciones y normas para orientar el desarrollo físico del territorio" (Congreso de Colombia, 1997).

Se consideró preciso indagar los aspectos relacionados con la política del estacionamiento en la normativa vigente y en la normativa original que dio inicio al instrumento de planeación de la ciudad. El Decreto 364 de 2013 modificó excepcionalmente las normas urbanísticas del POT adoptado mediante el Decreto Distrital 619 de 2000, revisado por el Decreto Distrital 469 de 2003 y compilado por el Decreto Distrital 190 de 2004. Los cambios en la última modificación son significativos en relación con la política del estacionamiento y el hecho de ser un instrumento relativamente reciente implica que varios de los estudios recopilados para desarrollar la metodología (que se indicarán más adelante) fueron aprobados con los aspectos estipulados en el decreto anterior, el 190 de 2004.

Este hecho, permitirá más adelante realizar comparaciones de los efectos que traen consigo las distintas consideraciones en temas asociados a la zonificación de la ciudad que significan cambios en el área necesaria para el estacionamiento desde el punto de vista normativo.

### 3.1.1.1 Decreto 364 de 2013

La modificación excepcional de POT de la ciudad de Bogotá se motivó por parte de la Administración Distrital por cambios de las proyecciones y la composición de la población de Bogotá, por la necesidad de ejecutar proyectos de impacto en la movilidad de la ciudad, para integrar la gestión del riesgo y la adaptación al cambio climático con el ordenamiento territorial y para armonizar el ordenamiento del suelo rural con las normas nacionales (Alcalde Mayor de Bogotá, 2013).

El plan define que el sistema de movilidad está compuesto por el subsistema vial, el subsistema de transporte y el subsistema de regulación y control de tráfico. Dicho sistema tiene por finalidad:

Satisfacer las necesidades internas de viaje y de conexión con el entorno y con los flujos externos que en el marco de una estrategia de ordenamiento permiten la consolidación urbano-regional y en general el aumento de la productividad de una ciudad abierta y desconcentrada (Alcalde Mayor de Bogotá, 2013, Artículo 19).

Uno de los componentes del subsistema de transporte es la red de estacionamientos públicos que se define como:

Todos los estacionamientos abiertos al público; los estacionamientos de propiedad pública, privada o mixta desarrollados fuera de vía en edificaciones apropiadas para tal fin; los estacionamientos fuera de vía vinculados a usos comerciales, de servicios y equipamientos de diferentes niveles de capacidad con ingreso permitido al público; las zonas de espacio público destinadas a estacionamiento; los estacionamientos de propiedad pública distrital; los estacionamientos que hacen parte de intercambiadores modales y los estacionamientos en vía señalizados por la Secretaría Distrital de Movilidad (Alcalde Mayor de Bogotá, 2013, Artículo 186).

El Artículo 189 dispone las normas aplicables al subsistema de transporte y especifica en cuanto a la oferta de estacionamientos de proyectos urbanísticos que:

Las cuotas de estacionamientos no se consideran una obligación urbanística y por ello, se podrán desarrollar actividades urbanas sin que cumplan con los índices máximos permitidos para la dotación de estacionamientos o sin la provisión de estos, salvo las excepciones previstas en el presente plan (Alcalde Mayor de Bogotá, 2013, Artículo 189).

Esta disposición determina un cambio fundamental con relación a la normativa anterior del POT, pues el número de espacios necesarios

para el estacionamiento de cualquier proyecto constructivo pasó de considerar cuotas mínimas (como veremos más adelante) a determinar cuotas máximas, e incluso, permite ahora que dichos proyectos no provean oferta para el estacionamiento.

Más concerniente con el tema de investigación, el Decreto 364 de 2013 en el Artículo 289 establece la manera en que debe realizarse el cálculo del área destinada al estacionamiento:

Los estacionamientos se deben prever en el área que resulte de multiplicar el área del predio por el factor que se determina en la siguiente tabla. No obstante, cuando se requiera un área superior para la ubicación de estacionamientos, el área adicional se sumará al área construida del proyecto para el cálculo del índice de construcción, inclusive si no está cubierta. El área del predio corresponde a la que tiene antes de descontar las cargas urbanísticas, salvo en el tratamiento de desarrollo, en donde se calcularán estas áreas sobre el área útil que resulte del proceso de urbanización (Alcalde Mayor de Bogotá, 2013, Artículo 289).

El cuadro que establece el área máxima permitida para estacionamiento según el uso es el siguiente:

**Tabla 3-1:** Factor área máxima permitida para estacionamiento según uso.

Uso	Factor
Vivienda	2
Comercial y de Servicios	1
Servicios de oficina	2
Industria	0,25
Dotacional en general	0,7
Dotacional Equipamiento específico - Integración Social - Deportivos y Recreativos	0,5
Dotacional- equipamiento específico - Cementerios	0,1
Parques red general - sobre área construida	0,05

Fuente: Alcalde Mayor de Bogotá, 2013.

En este caso la variable dependiente es el área destinada al estacionamiento y la variable independiente es el área construida descontando las cargas urbanísticas que se definen como:

Las obligaciones que deben cumplir los propietarios del suelo como contraprestación por los beneficios urbanísticos en términos de uso y edificabilidad, de acuerdo con los principios de ordenamiento territorial contenidos en la Ley 388 de 1997, con el fin de lograr mejores condiciones de vida para los

habitantes de la ciudad y de enfrentar los efectos de los procesos de crecimiento y densificación (Alcalde Mayor de Bogotá, 2013, Artículo 331).

Hacen parte de las cargas urbanísticas el suelo y la construcción de malla vial y otras infraestructuras de transporte, el suelo para la estructura ecológica principal, el suelo y el costo para la construcción de redes matrices y troncales de servicios públicos domiciliarios, el suelo y la construcción de parques urbanos, el suelo para espacios peatonales y parqueaderos de uso público, el suelo y la dotación para el espacio público construido entre otros.

En cuanto a la modificación de licencias de construcción existentes, el Decreto estipula que el cálculo de las áreas destinadas al estacionamiento debe considerar un área de 24 metros cuadrados por cupo de estacionamiento.

Si bien es cierto que existe un cambio en el requerimiento de cupos mínimos se nota que los factores descritos en la tabla son bastante altos, pues en el caso de usos dotacionales como el de las universidades considera que por cada metro cuadrado del predio descontando las cargas urbanísticas pueden ofrecerse hasta 0,7 metros cuadrados para el estacionamiento. Más adelante se mostrarán los cálculos a partir de este coeficiente para las universidades que se seleccionen.

### **3.1.1.2 Decreto 190 de 2004**

El Decreto 190 de 2004 compila las disposiciones contenidas en los Decretos 619 de 2000 y 469 de 2003, y a su vez, fue modificado excepcionalmente por el Decreto 354 de 2013.

Este fue el Plan de Ordenamiento Territorial que se encontraba vigente para el momento de aprobación de los estudios de tránsito de universidades que relacionaremos más adelante, y además, contemplaba disposiciones que difieren de la normativa vigente en cuanto a la provisión de estacionamiento por lo que se hace necesaria su inclusión en esta revisión.

Dicho decreto contiene un Cuadro Anexo N°4 donde se establece la exigencia general de estacionamiento por uso de la siguiente manera:

Las cuotas de estacionamientos señaladas... se aplicarán sobre las áreas netas construidas, una vez descontadas las áreas que no generan estacionamientos, a saber: área de instalaciones, subcentrales, puntos fijos (caja de escaleras y ascensores) y el área de circulación que no exceda en una vez la de estos puntos, la estructura, los muros de fachada, los distintos espacios que componen el equipamiento comunal privado, y la propia área de estacionamientos. Una vez descontadas dichas

áreas se obtendrán LAS ÁREAS GENERADORAS DE ESTACIONAMIENTOS PRIVADOS Y DE VISITANTES, en todas las escalas y para todas las zonas de demanda, salvo cuando se señale una unidad de medida diferente (Alcalde Mayor de Bogotá, 2004, Cuadro Anexo N°4).

El mismo Cuadro Anexo N° 4 en el caso de estacionamientos para uso dotacional establecía que las áreas generadores de estacionamientos privados se contabilizaban sobre las áreas administrativas de la edificación, mientras que las áreas generadoras de estacionamiento de visitantes se determinaban de la siguiente manera:

Se contabilizarán sobre las áreas que resultan de descontar las áreas administrativas del área total generadora de estacionamientos. En los establecimientos Educativos, de Bienestar Social y Culturales de escalas zonal y vecinal se contabilizarán sobre las áreas destinadas a la prestación del servicio básico al público, propio de cada uso, tales como las aulas de clase en el Educativo, los salones comunales, en el de Bienestar Social, las salas de lectura y las áreas de exposiciones en el Cultural, excluidos los espacios de servicios complementarios. En los establecimientos educativos de escalas zonal y vecinal se excluirán los laboratorios, gimnasios, auditorios, oratorios, baños, cocinas y comedores (Alcalde Mayor de Bogotá, 2004, Cuadro Anexo N°4).

Para la ciudad de Bogotá según lo previsto en el Decreto 190 de 2004 la oferta de estacionamientos en edificaciones universitarias estaba reglamentada en función de la escala del proyecto, el tipo de estacionamiento (privado o visitantes), y una zonificación de la ciudad A, (Alta demanda), B (Media demanda), C (Media baja) y D (Baja demanda) que homogenizaba sectores con demandas similares de estacionamientos.

**Tabla 3-2:** Factor estacionamientos para uso dotacional

Uso específico	Escala	Tipo	Zonas normativas por demanda de estacionamientos			
			A	B	C	D
Educativo	Metropolitana	Privado	1 x 60 m <sup>2</sup>		1 x 100 m <sup>2</sup>	
		Visitantes	1 x 60 m <sup>2</sup>		1 x 100 m <sup>2</sup>	1 x 250 m <sup>2</sup>
	Urbana	Privado	1 x 60 m <sup>2</sup>		1 x 80 m <sup>2</sup>	1 x 100 m <sup>2</sup>
		Visitantes	1 x 80 m <sup>2</sup>	1 x 100 m <sup>2</sup>	1 x 200 m <sup>2</sup>	1 x 350 m <sup>2</sup>
	Zonal	Privado	1 x 100 m <sup>2</sup>	1 x 120 m <sup>2</sup>	1 x 200 m <sup>2</sup>	1 x 250 m <sup>2</sup>
		Visitantes	1 x 150 m <sup>2</sup>	1 x 200 m <sup>2</sup>	1 x 300 m <sup>2</sup>	1 x 400 m <sup>2</sup>
	Vecinal	Privado	1 x 120 m <sup>2</sup>		1 x 200 m <sup>2</sup>	
		Visitantes	1 x 200 m <sup>2</sup>		1 x 300 m <sup>2</sup>	1 x 400 m <sup>2</sup>

Fuente: Alcalde Mayor de Bogotá, 2004.

Para el caso de investigación tendríamos que las instituciones universitarias estarían dentro de la escala metropolitana donde se encuentran indicadores entre un (1) espacio por cada 60 m<sup>2</sup> y un (1) espacio por cada 250 m<sup>2</sup> de área construida. Esta área construida según la reglamentación debía corresponder al área neta descontando las áreas que no generan estacionamientos como pasillos, fachadas, muros, los puntos fijos como escaleras y ascensores; es decir, sólo sobre áreas destinadas a la prestación del servicio básico al público como aulas de clase bibliotecas, auditorios, salas de convenciones y demás áreas donde se congrega la gente para efectivamente realizar las labores educativas.

### 3.1.2 Plan de Ordenamiento de Estacionamientos

El Plan de Ordenamiento de Estacionamientos para la ciudad de Bogotá fue contemplado en la formulación del Plan Maestro de Movilidad adoptado mediante el Decreto 319 de 2006. Está enmarcado dentro de los objetivos del plan Maestro de Movilidad que pretende "establecer las normas generales que permitan alcanzar una movilidad segura, equitativa, inteligente, articulada, respetuosa del medio ambiente, institucionalmente coordinada, y financiera y económicamente sostenible para Bogotá y para la Región" (Alcalde Mayor de Bogotá, 2006, p. 6-7).

Para el cumplimiento de dichos objetivos desde el Plan de Ordenamiento de Estacionamientos se contemplaron una serie de estrategias de corto plazo y otras de mediano y largo plazo. Respecto

a las estrategias de mediano y largo plazo según el Alcalde Mayor de Bogotá (2006) define algunas como: el "establecimiento de la red de estacionamientos públicos", la "Definición en los programas de renovación urbana de la viabilidad de permitir oferta de estacionamientos en subsuelo y en altura" y una estrategia específica para el caso de investigación relacionada con la:

Revisión del componente urbano del Plan de Ordenamiento Territorial el cuadro Anexo 4 "Exigencia general de estacionamientos por uso" frente a los requerimientos de cupos mínimos y máximos necesarios, no sólo a la norma urbanística sino también a las condiciones de movilidad en la zona (p. 23).

Complementario a las estrategias se plantean una serie de proyectos de mediano y largo plazo para concretar el ordenamiento de los estacionamientos de los cuales se resalta para el tema de investigación la "revisión y formulación de criterios para el establecimiento de cupos de estacionamiento al interior de los predios para equipamientos específicos, de tal manera que la normatividad urbana y las condiciones de movilidad sean condicionantes primordiales" (Alcalde Mayor de Bogotá, 2006, p. 24).

Otras disposiciones contenidas en el decreto son las relacionadas con la infraestructura de estacionamientos abiertos al público. En este sentido se define que la Secretaría de Tránsito y Transporte (actualmente Secretaría Distrital de Movilidad) y el Departamento Administrativo de Planeación Distrital (actualmente Secretaría Distrital de Planeación) deben realizar estudios necesarios para determinar:

Las áreas mínimas de maniobra de los estacionamientos privados abiertos al público, así como el área mínima de cada cupo de estacionamiento, estudio que será base de la regulación de condiciones de infraestructura mínima para fijar un número máximo de vehículos que pueden ser ingresados a sus instalaciones de forma tal que se promueva el uso del transporte público en las áreas cubiertas por el mismo (Alcalde Mayor de Bogotá, 2006, p. 27).

Las obligaciones de movilidad a escala metropolitana y urbana, aplicables a las instituciones universitarias, están relacionadas con la:

Elaboración de estudios de demanda y atención de usuarios, que demuestren que el espacio para la atención de la demanda de acceso vehicular al inmueble o desarrollo garantiza la acumulación de vehículos dentro del predio y que su operación no produce colas de vehículos sobre las vías públicas en las horas de más alta demanda (Alcalde Mayor de Bogotá, 2006, p. 27).

En lo referente a la cuota de estacionamientos, el Plan de Ordenamiento de Estacionamientos en concordancia con lo establecido en el Decreto 190 de 2004, adopta los mismos criterios para el cálculo de cupos de estacionamiento. Es decir, adopta el mismo cuadro Anexo N°4 en el que se establece la exigencia general de estacionamiento por uso.

Por último, en la formulación estratégica del Plan de Ordenamiento de Estacionamientos se recomienda la definición de modelos de generación - atracción para los principales centros generadores de tráfico según su tipo de uso con el fin de planear de mejor manera las condiciones de operación vehicular en dichos centros. Al respecto la Secretaría de Tránsito y Transporte (2006) sugiere que:

La generación de modelos se podrá realizar a través del seguimiento y estudio al comportamiento de la demanda de viajes a estos grandes centros generadores de tránsito existentes y con ello calibrar modelos analíticos y/o estadísticos para la cuantificación de la demanda de estacionamientos específicamente. Para este efecto se recomienda seguir los lineamientos metodológicos contenidos en el libro "Trips Generation Handbook" ITE. Institute of Transportation Engineers (p. 145).

La formulación del plan contiene unas medidas para favorecer la localización y operación de estacionamientos de propiedad pública, una de ellas relacionada con los cupos en universidades ubicadas en el centro de Bogotá. Al respecto la Secretaría de Tránsito y Transporte (2006) sugiere que:

Para las Universidades situadas en el centro de la ciudad, o en otras zonas próximas al transporte público masivo, puede estudiarse una variación en el esquema de cupos mínimos de estacionamiento por área, por otra de cupos máximos, en la cual se asegure que no habrá más que cupos para personal administrativo, docente, y un porcentaje dado de estudiantes con limitaciones físicas, con el fin de evitar la proliferación de decenas de miles de viajes diarios que podrían darse en transporte público, con el fin de resolver las necesidades a través de la red de estacionamientos públicos, que garanticen el intercambio modal y el ordenamiento del tráfico en el área (p. 156).

### **3.1.3 Decreto 596 de 2007**

El Decreto 596 expedido en el año 2007 por la Alcaldía Mayor del Distrito Capital "Por el cual se señalan las reglas para la exigencia, realización y presentación de estudios de movilidad de desarrollos urbanísticos y arquitectónicos en el Distrito Capital"

presenta una serie de disposiciones específicas que tienen relación directa con las directrices a seguir en los estudios de movilidad, que dentro de otros aspectos, consideran la demanda de estacionamientos.

En primer lugar, comienza por distinguir los dos tipos de estudios de movilidad que pueden ser presentados ante la Secretaría Distrital de Movilidad SMD para la aprobación y obtención de la licencia de construcción o urbanismo: los estudios de tránsito y los estudios de demanda y atención a usuarios.

Por su parte, los estudios de tránsito están definidos en el Decreto 596 de 2007 así:

Estudio que contiene el análisis riguroso de la situación actual del tránsito, de la demanda vehicular proyectada y de los impactos que el proyecto urbanístico genera sobre la movilidad circundante y su zona de influencia. Incluye tránsito vehicular y peatonal, análisis de colas, evaluación de cupos de parqueaderos, semaforización, análisis de puntos críticos y capacidad vehicular de la malla vial arterial principal y complementaria del área de influencia del proyecto (Alcalde Mayor de Bogotá, 2007, Artículo 1).

En el mismo Decreto los estudios de demanda y atención a usuarios están definidos así:

Estudio que demuestre que el espacio para la atención de la demanda vehicular, generada por el proyecto, garantiza la acumulación de vehículos dentro del predio y que su operación no produce colas sobre las vías públicas en las horas de más alta demanda (Alcalde Mayor de Bogotá, 2007, Artículo 1).

Los proyectos que requieren uno u otro tipo de estudio también son claramente definidos en el decreto de acuerdo al tipo de equipamiento, las características de la unidad de servicio (o edificación) y la escala del proyecto. Así pues, en el Anexo 1 - Cuadro indicativo de exigencia de estudios de tránsito- encontramos que las instituciones universitarias (categorizadas dentro de equipamientos colectivos y de escala metropolitana) deben tener un estudio de tránsito para la obtención de la licencia de construcción o urbanismo.

### **3.2 Orientación técnica de la planificación del estacionamiento en campus universitarios**

La determinación del número de estacionamientos privados y de visitantes en los proyectos urbanísticos es un requisito por igual para los estudios de tránsito y los estudios de demanda y atención de usuarios.

Para los estudios de tránsito presentados a partir del 26 de agosto de 2013 el número de estacionamientos ofrecidos no puede sobrepasar el número de plazas resultante de aplicar el coeficiente de área máxima para este fin definido en el Decreto 364 de 2013. Para los presentados antes de la fecha indicada, el número de estacionamiento no podía en ningún caso ser inferior al estipulado a través del cuadro Anexo 4 del Decreto 190 de 2004.

Los estudios de tránsito de las universidades además de cumplir con los requisitos planteados por el Decreto 596 de 2007 y por la Secretaría Distrital de Movilidad, se encuentran enmarcados dentro de los Planes de Regularización y Manejo PRM que se constituyen en instrumentos de planeación de estas instituciones, como se plantea en el Decreto 430 de 2005:

Los planes de regularización y manejo son instrumentos de planeamiento que deben ser adoptados previamente a las solicitudes de reconocimiento o expedición de licencias de los usos Dotacionales metropolitanos, urbanos y zonales, existentes antes del 27 de junio de 2003, que no cuenten con licencia de construcción o cuya licencia solo cubra parte de sus edificaciones (Alcalde Mayor de Bogotá, 2005, Artículo 1°).

Generalmente, los estudios de tránsito además de realizar la estimación del número de estacionamientos según la normatividad del POT realizan una serie de metodologías técnicas o estudios de estacionamiento que se encuentran bien descritos en el Manual de Planeación y Diseño para la Administración del Tránsito y Transporte -MPDATT- elaborado por la antigua Secretaría de Tránsito y Transporte (STT) de la ciudad de Bogotá en el año 2005.

Según el MPDATT los estudios se basan en la premisa que “el mayor problema que se presenta es determinar cuántos espacios de estacionamiento se requieren en cualquier tipo de proyecto y, sobre todo, identificar dónde deben localizarse los espacios de estacionamiento” (STT, 2005, p. 4-66).

Los tipos de estudios de estacionamientos que se mencionan en el manual de la STT son: el estudio de inventario de estacionamientos (orientado a determinar la oferta y las características del estacionamiento); el estudio de utilización de estacionamientos (del

cual existen dos clases, el de generación o acumulación y el registro por número de placas) y la entrevista a los usuarios del estacionamiento (del cual existen dos métodos, la tarjeta postal y la entrevista personal).

Uno de los objetivos de estos estudios, según el MPDATT es "determinar la demanda y oferta de estacionamiento que existe en un determinado sector, con el fin de adoptar medidas para mejorar la capacidad de las vías adyacentes" (STT, 2005, p. 4-68). Sin embargo, los dos estudios más aplicados para estimar la demanda de estacionamientos son el registro por placas y la entrevista persona.

Por un lado, el registro o estudio de placas permite determinar la rotación del estacionamiento o de la demanda, el tiempo de permanencia, la acumulación o el estacionamiento ilegal<sup>1</sup>. En los estudios de tránsito, permite determinar la demanda del estacionamiento en períodos de 15 minutos pero únicamente a partir del comportamiento vehicular, es decir, a partir de la observación de los vehículos que demandan un espacio dentro de un sector geográfico. En este caso, no existen relaciones con otras variables que permitan indicar que la demanda observada es función de otras características distintas al espacio disponible. Es decir, que distinto al comportamiento vehicular observado no permite identificar estacionamiento ilegal, excedente o potencial y tampoco factores adicionales asociados a las características de la zona analizada y de los usuarios, que tengan influencia en la generación del estacionamiento.

Por otro lado, está la entrevista personal a usuarios, que según el MPDATT puede realizarse sobre la vía pública, en las instalaciones del estacionamiento o a la entrada y salida de un centro generador de viajes.

Esta metodología como sugiere la STT "puede medir la demanda de espacios, bajo el supuesto de que a cada conductor le gustaría estacionarse lo más cerca posible de su destino" (2005, p. 4-69) y aunque en el manual la entrevista personal y la tarjeta postal están orientadas únicamente a los usuarios que hacen uso del estacionamiento, puede aplicarse a cualquier tipo de usuarios.

La entrevista a usuarios es uno de los instrumentos más valiosos que permite estimar la demanda de estacionamientos de cualquier edificación, pues admite la incorporación de un gran número de variables y puede ser aplicada a cualquier tipo de usuario, no solo el que posee vehículo particular. Como veremos más adelante, es la opción ideal y la más implementada por investigadores cuando se

---

<sup>1</sup> El estacionamiento ilegal es aquel que se realiza sobre espacios que no tienen permitido el estacionamiento como vías arteriales e intermedias, zonas con estacionamiento prohibido o restringido a ciertos usuarios mediante señales de tránsito, y también sobre aquellas zonas que están destinadas a otros usos como las aceras peatonales, zonas verdes, bermas y lotes no legalizados para este fin.

quiere obtener cualquier tipo de relación entre la demanda de estacionamientos y otras características de los usuarios y de la zona estudiada.

Puede decirse que los estudios de tránsito realizados en universidades de la ciudad que fueron revisados permiten ver que el análisis de los estacionamientos sigue los parámetros contemplados en el MPDATT.

Para inicios del año 2014, la Secretaría Distrital de Movilidad contaba con 19 estudios de tránsito aprobados en universidades de Bogotá los cuales en su totalidad fueron presentados antes de que entrara en vigencia la modificación excepcional del POT del año 2013. Es decir, que fueron aprobados con el Decreto 190 de 2004.

A continuación se presentan algunos de esos estudios y la metodología utilizada en cada uno de ellos para evaluar la necesidad o la demanda de estacionamientos en estos usos de suelo.

### **3.2.1 Estudio de tránsito Universidad de La Salle Sede Chapinero**

El estudio de tránsito de la Universidad de La Salle -Sede Chapinero- en Bogotá realizado en el año 2010, hace parte del Plan de Regularización y Manejo de la universidad el cual se encuentra enmarcado conceptualmente dentro de los lineamientos del artículo 430 del Decreto 190 de 2004 (normatividad anterior con la cual se evaluó su aprobación). El estudio fue aprobado por la Secretaría Distrital de Movilidad hacia el mes de marzo de 2011 antes de que entrara en vigencia la modificación excepcional del POT de la ciudad.

Para el análisis de estacionamientos de la universidad se contempló la realización de un estudio de placas en un día típico y un día atípico, en los dos estacionamientos con que cuenta, el estacionamiento principal y el de servicio. En el primero, discriminó entre vehículos de funcionarios y vehículos de visitantes, aprovechando el sistema de control con que cuenta el acceso vehicular (dos canales de atención, uno para estudiantes y uno para visitantes).

El estudio de placas permitió identificar parámetros comunes del estacionamiento como la capacidad práctica, el índice de rotación, entradas máximas horarias, el promedio de ocupación y el índice de ocupación.

La estimación del número de estacionamientos en la Universidad de La Salle se determinó en primer lugar, a partir del enfoque normativo establecido en el POT de Bogotá y en segundo lugar, a partir de la ocupación máxima horaria observada en el estudio de placas, junto a

una relación entre el área construida actual y el área construida futura como se indica a continuación:

$$\begin{aligned} & \text{Número de parqueaderos} \\ & = \text{Máx ocupación horaria} \\ & \times (\text{Área construida futura}) / (\text{Área construida actual}) \quad (\text{Ec.1}) \end{aligned}$$

Como vemos, en este caso se determinó un cupo de estacionamientos que depende únicamente de dos variables, el área construida generadora de estacionamientos y la ocupación máxima horaria del aparcamiento, en una sencilla ecuación que permite obtener el cupo de plazas de estacionamiento contemplando construcciones futuras proyectadas dentro del PRM de la universidad.

### **3.2.2 Estudio de tránsito Universidad Nacional de Colombia Sede Bogotá**

El estudio de tránsito de la Universidad Nacional de Colombia - Sede Bogotá - realizado en el año 2004, hace parte del Plan de Regularización y Manejo de la universidad adoptado mediante el Acuerdo número 25 de 2005 del Consejo Superior Universitario. También fue evaluado para su aprobación con la normatividad anterior, el Decreto 190 de 2004.

El análisis de estacionamientos del estudio de tránsito de la Universidad Nacional se basó en un aforo de placas. En este caso, diferente al estudio de la Universidad de La Salle, el aforo fue aplicado en las puertas vehiculares de ingreso al campus, y no en accesos vehiculares de los edificios, pues el estacionamiento en la universidad se da en las vías internas, las bahías y plazas de aparcamientos, y no al interior de los edificios a excepción del edificio 225 Posgrados de Ciencias Humanas.

El estudio de placas permitió identificar parámetros comunes del estacionamiento como la capacidad práctica, el índice de rotación, entradas máximas horarias, el promedio de ocupación y el índice de ocupación, al igual que el caso anterior.

La estimación de demanda de estacionamiento se realizó a partir de una proyección de la población para el año 2010, considerando los crecimientos históricos de cada tipo de población perteneciente a la universidad. Se distinguió entre docentes de tiempo completo, medio tiempo y cátedra, estudiantes de pregrado y posgrado, y personal administrativo.

A cada grupo poblacional de la universidad se asignó una distribución porcentual de la tenencia de vehículos la cual fue escogida arbitrariamente o por lo menos no deja claro si se obtuvo a partir de un análisis estadístico o de resultados de alguna entrevista a usuarios.

Con esto, se plantearon tres escenarios posibles relacionados con el porcentaje de población universitaria que posee vehículo automotor en el año 2010: escenario optimista, donde la proporción de vehículos aumenta el 10% en cada grupo poblacional; un escenario pesimista, donde la proporción disminuye un 10%, y un escenario medio donde la proporción de vehículos se mantiene.

De esta manera, vemos que la estimación de la demanda de estacionamientos en este caso, involucró tres factores adicionales, que bien o no pueden ser discutidos, pero que reconocen que la generación del estacionamiento puede involucrar algunos factores adicionales al espacio ofrecido y al comportamiento vehicular. En este estudio, la tenencia de vehículo particular por tipo de población, las proyecciones del crecimiento de la población universitaria y el crecimiento del parque automotor fueron de importancia para hacer un estimativo de la demanda de estacionamientos en el proceso de planificación.

### **3.2.3 Estudio de tránsito Universidad Javeriana Sede Bogotá**

El estudio de tránsito de la Pontificia Universidad Javeriana - Sede Bogotá - fue realizado en el año 2013 y fue aprobado por la Secretaría Distrital de Movilidad hacia el mes de junio de 2013 antes de que entrara en vigencia la modificación excepcional del POT de la ciudad. Hace parte del Plan de Regularización y Manejo de la universidad.

El análisis de la demanda de estacionamientos se realizó con base en la reglamentación establecida en el Decreto 190 de 2004, con el Cuadro Anexo N° 4, teniendo en cuenta el área generadora de estacionamientos y obteniendo un total de 2.178 plazas necesarias para el estacionamiento donde 578 corresponden a cupos privados y 1.600 a cupos para visitantes.

Posteriormente, el estudio realizó un análisis para determinar la demanda de estacionamiento de los parqueaderos existentes en la universidad y en el Hospital San Ignacio que hace parte del campus. Para ello procesaron la información del sistema de control de parqueaderos con el que cuenta la universidad, obtuvieron el número de cupos de estacionamiento por franjas de permanencia y determinaron la rotación del estacionamiento (entradas, salidas y ocupación promedio para cada franja horaria).

Para la situación futura el número de plazas de estacionamiento adicionales y necesarias para el campus se determinó exactamente de la misma forma realizada en el estudio de tránsito de la Universidad de La Salle. A partir de la relación de incremento existente entre el área futura y el área actual de las edificaciones, se aumenta la ocupación máxima obtenida en el estudio de rotación de placas

durante un día típico, obteniendo así la demanda de estacionamiento para la condición con proyecto.

### **3.2.4 Estudio de tránsito Fundación Universitaria Panamericana Sede Bogotá**

El estudio de tránsito de la Fundación Universitaria Panamericana - Sede Bogotá - fue realizado en el año 2010 y aprobado por la Secretaría Distrital de Movilidad hacia el mes de enero de 2010 antes de que entrara en vigencia la modificación excepcional del POT de la ciudad. De igual manera, hace parte del Plan de Regularización y Manejo de la universidad para la ampliación de sedes.

El análisis de la demanda de estacionamiento en este caso según lo expresado en el informe de la Fundación Universitaria Panamericana (2010) se basa en la metodología establecida en el MPDATT con lo que la técnica para determinar el número de plazas de aparcamiento es el mismo, a partir de los resultados de un estudio de rotación de placas.

Dicho estudio se efectuó en el parqueadero aledaño a la edificación determinándose las entradas y salidas vehiculares, y la ocupación promedio por franja horaria. Conforme lo establece la metodología se calcularon las entradas totales de vehículos en el día, la duración media del estacionamiento, y, el índice de rotación total y horario de vehículos en el aparcadero.

Según se entiende en el estudio, como la ocupación máxima obtenida en el estudio de rotación de placas fue del 34% no se hizo necesario determinar el número de plazas necesarias para la situación futura en virtud que el estacionamiento cuenta con suficientes cupos vacíos a lo largo del día. En este punto debemos suponer, porque no lo indica en el informe, que las nuevas áreas generadoras de estacionamiento para la condición con proyecto no son lo suficientemente grandes en comparación con el área generadora de estacionamiento que presenta en la condición sin proyecto, es decir, que no se sobrepasará el número de plazas ofertadas en el parqueadero disponible.

### **3.2.5 Estudio de tránsito Universidad de los Andes Sede Bogotá**

El estudio de tránsito de la Universidad de los Andes - Sede Bogotá - fue realizado en el año 2012 y fue aprobado por la Secretaría Distrital de Movilidad hacia el mes de mayo de 2012 antes de que entrara en vigencia la modificación excepcional del POT de la ciudad. De igual manera, hace parte del Plan de Regularización y Manejo de la universidad.

El análisis de estacionamiento se realizó con base en la reglamentación establecida en el Decreto 190 de 2004, con el Cuadro Anexo N° 4, teniendo en cuenta el área generadora de estacionamientos y obteniendo un número determinado de cupos de estacionamiento para varios escenarios (años 2010, 2015, 2020 y 2030) de acuerdo al crecimiento estimado del área construida de la universidad.

Para determinar las proyecciones de viajes totales al campus en los escenarios futuros (2015, 2020 y 2030) se basó en la investigación de Cruz (2009, c.p. Universidad de los Andes, 2012) que consiste en un modelo de generación de viajes basado en la metodología establecida en el Trip Generation Handbook en función de 3 variables independientes, el área construida, el número total de estudiantes y el número total de pupitres.

Teniendo definido el número de viajes totales desde y hacia la universidad, mediante una encuesta electrónica determinó la distribución modal de los viajes del año base para estimar cuántos de ellos se realizaban en vehículo particular.

El estudio consideró varios postulados para determinar la oferta de cupos de estacionamiento que se relacionan a continuación (Universidad de los Andes, 2010, p. 262-263):

- Se planteó un escenario tendencial en el cual el uso del automóvil particular y de la moto aumentará a la mitad de lo que aumente la tasa de motorización en el resto de la ciudad. Esta tasa de aumento en la ciudad la obtuvieron con base en el trabajo realizado por Scorcia Tenjo (2008, c.p. Universidad de los Andes, 2010). Supusieron que la participación modal en taxi, bicicleta y caminata permanecía constante.
- Como el número de cupos de estacionamiento que ofrece la universidad no es suficiente en relación con la exigencia normativa y como las estrategias, planes y programas de la institución están encaminados a promover viajes en medios sostenibles como la bicicleta o el transporte público, y por tanto a no ofrecer más cupos de estacionamiento, el estudio consideraba como parte de la oferta los cupos de estacionamiento privados abiertos al público ubicados en el área de influencia del PRM de la universidad. Para estos cupos consideró una disminución en los escenarios futuros debido al gran número de proyectos inmobiliarios que se suceden en el sector.
- Tuvo en cuenta dos estacionamientos futuros que son el del Centro Deportivo a construirse en el 2015, y el de un nuevo bloque Z a construirse antes del 2017.

Es decir que el estudio no contempló en ningún momento cumplir la normatividad planteada en cuanto al cupo mínimo de estacionamientos

establecidos en Decreto 190 de 2004 sino que mantuvo en todos los escenarios la misma relación entre viajes en automóvil diarios hacia la universidad sobre el número de plazas disponibles para el año cero (2010), incluyendo los cupos que ofrece la universidad y los que ofrece el área de influencia directa.

La Universidad de los Andes realiza esta propuesta con base en deficiencias encontradas entre la reglamentación y la línea directriz de los planes de movilidad de la ciudad, cuando indica que:

La normatividad vigente en términos de requerimientos de estacionamiento en el centro de la ciudad va en contravía de las políticas, estrategias, y principios del Plan Maestro de Movilidad (PMM). Esta política establece un número mínimo de estacionamientos por actividad, cuando una política de desestimulo del automóvil como la que se propone en el PMM plantea al contrario una limitación de los estacionamientos disponibles (2010, p. 276).

También se basa en estimaciones propias indicando que el área necesaria para cumplir con los requisitos mínimos de estacionamiento es de alrededor del 22% del área total del campus lo cual afecta considerablemente el desarrollo de la universidad y posibilidad de destinar esas áreas a otros usos como "aulas, laboratorios, oficinas, zonas verdes, espacios deportivos, entre otros" (Universidad de los Andes, 2010, p. 269).

De manera adicional afirma que existen programas del Distrito que se proponen en el área de influencia donde se ofrecerán de manera adicional más cupos de estacionamiento. Estos proyectos son los parqueaderos disuasorios, el Plan Fenicia y el cobro de estacionamiento en vía (Universidad de los Andes, 2010).

Por último recomienda que la gestión de la demanda para desestimar el uso del transporte particular se puede basar en la tarifa como mecanismo para disminuir las necesidades de estacionamiento, y en desmejorar la ubicación y la disponibilidad del estacionamiento con el fin de aumentar los tiempos de caminata de los conductores lo cual implicaría un desestimulo para el uso del vehículo (Universidad de los Andes, 2010).

### **3.2.6 Estudio de tránsito edificio Centro Deportivo Universidad de los Andes Sede Bogotá**

El estudio de tránsito del edificio de estacionamientos del Centro Deportivo de la Universidad de los Andes - Sede Bogotá - fue realizado en el año 2008 y fue aprobado por la Secretaría Distrital de Movilidad hacia el mes de diciembre de 2010 antes de que entrara en vigencia la modificación excepcional del POT de la ciudad.

El edificio de estacionamientos es un proyecto que consiste en la construcción de dos niveles de estacionamientos con una cancha de fútbol sobre el nivel superior y hace parte del plan de reestructuración de la universidad. Tiene planteada un área total de 25.281 metros cuadrados con 360 cupos para vehículos, 47 para motocicletas y 27 para bicicletas.

El estudio no realizó estimación de la oferta de cupos mínimos necesarios a partir de la normativa establecida en el Cuadro Anexo N° 4, pues hace parte de la oferta total de estacionamientos del campus considerado en el literal anterior.

En este caso, el número de cupos ofrecidos no responde a ningún estudio de demanda, es un valor por defecto que se toma como referencia desde inicios del estudio y parece ser el resultado de la configuración y el diseño arquitectónico planteado para la edificación.

La estimación de la demanda en este estudio resulta ser aún menos ortodoxa pues considera que la ocupación de estacionamientos en el edificio proyectado será la misma a la presentada actualmente por los estacionamientos de la universidad, del 80%. Es decir, que teniendo una oferta de 360 cupos para estacionamiento, la ocupación máxima que se puede asociar a la demanda esperada resulta ser el 80% de este valor, es decir, 288 vehículos en una hora. Esto implica que la demanda se estimó a partir de la oferta establecida.

La Universidad realizó un estudio de rotación de peatones en el Centro Deportivo y una encuesta para obtener patrones de viajes de los usuarios de la edificación en términos de la distribución modal, los tiempos de permanencia y la preferencia hacia este nuevo estacionamiento. Esta información también se usa para estimar la demanda de estacionamientos en la situación con proyecto pero como los resultados obtenidos son muy bajos en comparación con la oferta de cupos preestablecida, no son tenidos en cuenta. Esto hace pensar que se estaría presentando una sobreoferta de estacionamientos destinados a este escenario deportivo.

### **3.3 Orientación analítica de la planificación del estacionamiento en campus universitarios**

La orientación analítica de la planificación del estacionamiento agrupa los aportes, metodologías y procedimientos científicos que varios investigadores y académicos han desarrollado para dar un enfoque más profundo a esta parte del sistema de transporte.

Muchas de estas investigaciones están supeditadas e influenciadas lógicamente por las dinámicas propias de cada escuela científica y

por el momento en que han sido elaboradas. Veremos cómo ha cambiado por completo el concepto en la planificación y gestión de la demanda de estacionamientos en décadas recientes.

La orientación analítica de estas investigaciones permite reconocer un número adicional de variables en el proceso de planificación del estacionamiento que pocas veces son usadas en los estudios de tránsito que se realizan en el medio colombiano. Permite además el reconocimiento de metodologías propias para la planificación del aparcamiento.

El interés por la investigación en la planificación del estacionamiento viene de varias décadas atrás, cuando se masificó el uso del vehículo particular en Estados Unidos y en algunos países de Europa, momento en el que se identificó que los vehículos estacionados, llamado también <tráfico parado> se convirtió en un problema en términos del espacio necesario y motivado aún más por los grandes polos generadores de viajes tales como los centros comerciales que disponían de grandes plazas para aparcar a todos sus visitantes. Al respecto, Sill (1969) comenta que:

En una comprobación efectuada en junio de 1960 en la ciudad de Hamburgo, durante las horas que preceden al medio día, se contaron 15.256 coches parados y sólo 1.734 en marcha, lo que equivale a decir que casi el 90% de los coches que se hallaban en la zona interior de la ciudad estaban aparcados (p. 1).

En esta misma línea se menciona por ejemplo que un automóvil típico se mantiene estacionado 23 horas al día y usa varios espacios de estacionamiento cada semana (Litman, 2011).

A lo largo de los años, la planificación del estacionamiento en las universidades no ha sido tan bien estudiada como la de otros centros generadores de viajes. Es más común encontrar investigaciones acerca del estacionamiento aplicado a CBD (Central Business District o centro de negocios), centros comerciales y centros de empleo. Sin embargo, existen también investigaciones que indican que la necesidad de producir indicadores de referencia para establecer la oferta necesaria de estacionamiento en las universidades viene de varios años atrás.

Una de las primeras investigaciones al respecto es la realizada por Wilbur Smith and Associates del año 1965, publicada en el libro - Parking in the City Center- cuando comenta la importancia de la zonificación del estacionamiento o <zoning for parking>. Adicionalmente, muestra típicos requerimientos de zonificación y establece estándares de planificación de estacionamientos para varios usos de suelo donde se incluyen las instituciones universitarias, en este caso tomadas de W.S Smith en una publicación de la Eno Foundation for Highway Traffic Control del año 1960. Al respecto, Smith and Associates (1965, p. 65) define varios aspectos:

- Unidad o variable de análisis: número de estudiantes
- Requerimientos de zonificación: variables
- Necesidades de espacios de estacionamiento: 0,4 - 0,6 por estudiante
- Estándares de planificación: 0,5 - 0,7 por estudiante

Estos serán los primeros intentos por adoptar o producir estándares asociados a la oferta de estacionamientos que debe proveer un uso de tipo institucional como el universitario. A partir de este punto se han instaurado en la línea del tiempo varias publicaciones o investigaciones que han marcado un hito en la planificación del estacionamiento y que han establecido dos enfoques completamente distintos.

Según Litman (2011) y Shoup (2005) la planificación del aparcamiento está experimentado un cambio fundamental de paradigma que establece formas distintas de percibir el problema y dar soluciones a éste.

De acuerdo con Litman (2011, p. 7) el viejo paradigma presenta las siguientes características:

- Supone que el estacionamiento debe ser abundante y gratuito en la mayoría de destinos.
- Se esfuerza por maximizar la oferta y reducir al mínimo el precio del estacionamiento.
- Supone que los estacionamientos casi nunca se deben llenar.
- Supone que los costos de las instalaciones deben ser incorporados en los costos propios de los edificios o que deben ser subvencionados por el gobierno.
- Supone que cada destino debe satisfacer sus propias necesidades de estacionamiento.
- Se resiste al cambio de paradigma y coloca una carga pesada a la innovación.

En cambio, el nuevo paradigma supone las siguientes características (Litman, 2011, p. 7):

- Se esfuerza por ofrecer estacionamiento con precio óptimo.
- Considera que demasiada oferta de estacionamiento es tan perjudicial como muy poca oferta.
- Considera que precios muy bajos para el estacionamiento son tan dañinos como los precios muy altos.
- Se esfuerza por utilizar las instalaciones de estacionamiento de manera eficiente.
- Considera que los lotes de estacionamiento llenos son aceptables si existe estacionamiento adicional en las inmediaciones y si son tratados los problemas de congestión.
- Hace hincapié en el intercambio de plazas de aparcamiento entre los distintos destinos.

- Favorece la imputación de costos directamente a los usuarios de las instalaciones del aparcamiento.
- Ofrece recompensas económicas a las personas que reducen la demanda de estacionamiento.
- Reconoce que las condiciones del sistema de transporte y el uso del suelo se desarrollan de tal manera que la planificación del estacionamiento necesita ajustes frecuentes.
- Permite que los nuevos conocimientos sean juzgados hasta que se demuestre su efectividad (o a falta de ella).

Dadas las enormes diferencias entre el viejo y nuevo paradigma en la planificación del estacionamiento, se mostrarán a continuación las principales metodologías, institutos o representantes de cada enfoque de acuerdo a su aparición histórica en la línea del tiempo.

### 3.3.1 Viejo paradigma de la planificación del estacionamiento

El enfoque tradicional se comenzó a configurar prácticamente desde los inicios de 1900 en los Estados Unidos coincidiendo con la etapa de masificación del automóvil. Los problemas se comenzaron a evidenciar de inmediato en ciudades como Detroit y Boston. Posteriormente el crecimiento acelerado del automóvil hizo que las ciudades estadounidenses respondieran de inmediato ampliando la oferta de estacionamientos en vía y fuera de vía. Luego aparecieron los grandes estacionamientos, se colocaron parquímetros en las aceras de las calles comerciales, se estableció que los nuevos desarrollos comerciales y residenciales incluyeran un lugar para el aparcamiento, y finalmente, hacia 1960 la mayoría de ciudades americanas habían establecido un mínimo de espacios de estacionamiento por uso de suelo sin evaluar los efectos sobre el desarrollo urbano (Weinberger et al, 2012).

Bajo este escenario se comenzaron a desarrollar las primeras metodologías que pretendían evaluar la planeación, gestión y ejecución de los estacionamientos sobre la acera y fuera de ella, principalmente en los Estados Unidos.

#### 3.3.1.1 Metodología desarrollada por el Eno Center For Transportation ENO (1982)

El Eno Center For Transportation de los Estados Unidos fue creado por William Phelps en 1921. Su propósito es ayudar a mejorar el transporte a través de la conducta y el fomento de la práctica investigadora y las actividades educativas. En términos de estacionamiento ha publicado algunos libros que aportan al tema y que hacen parte del viejo paradigma, uno titulado *Parking for Institutions and Especial Events* (1982) y otro titulado *Parking* (1990) de donde se extraen los siguientes apartes.

Whitlock en 1982 publicó la obra *Parking for institutions and special events* que realiza un análisis del estacionamiento para tres

usos que considera instituciones especiales: 1) los hospitales y centros médicos, 2) los colleges y universidades, y, 3) las convenciones, exhibiciones y eventos deportivos.

El diseño de los estacionamientos lo realiza en función de una hora crítica y se supone que la oferta de estacionamiento debe atender adecuadamente la demanda dada en ese período. "El volumen de diseño en la hora seleccionada representa el número máximo de vehículos que llegan o salen de la instalación para un día típico" (Whitlock, 1982, p. 3).

Whitlock comenta que la población universitaria consiste en los profesores, administrativos, empleados, estudiantes y visitantes. Así mismo, agrupa a los profesores, administrativos y empleados en un grupo de población llamado "personal" distinto al de los estudiantes los cuales se discriminan entre estudiantes viajeros y estudiantes residentes en el campus. También indica que "la actividad diaria del estudiante está influenciada por la disponibilidad de clases y el horario personal de cada uno" (1982, p. 24-25). Es decir, que un estudiante puede permanecer todo el día en el campus mientras que otro puede estar libre al mediodía dependiendo su horario de clases lo cual afecta los patrones de estacionamiento.

Adicionalmente, Whitlock establece una fórmula algebraica para determinar las necesidades de estacionamiento para cada categoría de la población (1982, p. 29):

$$\begin{aligned} & \textit{Necesidades de espacio de estacionamiento para estudiantes viajeros} \\ & = P \times C \times W \times F \times A \textit{ (Ec.2)} \end{aligned}$$

Donde,

P = población total de estudiantes durante el día

C = porcentaje de estudiantes viajeros que no son considerados como parte de administrativos o profesores

W = porcentaje de la población total que se espera llega en el día laborable pico

F = factor de acumulación en la hora pico para los estudiantes que utilizan autos en las instalaciones

A = porcentaje de estudiantes viajeros que llegan como conductores

La fórmula para determinar las necesidades de estacionamiento para el grupo poblacional personal es la misma según Whitlock. Este valor obtenido sugiere incrementarlo en un 10% para proveer plazas de estacionamientos adecuadas para visitantes. De igual forma, comenta que "la dificultad en el uso de las fórmulas es encontrar el valor W y F, pues el cambio en los planes de estudio y el crecimiento universitario puede afectar significativamente la asistencia diaria promedio" (1982, p. 29).

### 3.3.1.2 Metodología desarrollada por el Urban Land Institute ULI (1983)

El Urban Land Institute (ULI) de los Estados Unidos es otro de los institutos que ha dedicado investigación sobre la demanda de estacionamientos en una de sus publicaciones denominada Shared Parking, o lo que sería en español, Estacionamiento Compartido. Esta investigación salió en su primera edición en el año 1983 y se ha destacado como una de las propuestas más elaboradas y aceptadas a nivel mundial en lo relacionado con planificación del estacionamiento. Esta investigación fue la primera en determinar de manera lógica y formal un método que permitiera predecir y cuantificar las plazas de estacionamiento en usos mixtos bajo una amplia gama de posibilidades.

El estacionamiento compartido según el ULI se define como "el espacio de estacionamiento que puede ser utilizado para servir dos o más usos de suelo individuales y sin conflicto o invasión" (1983, p. 3). Dicho enfoque se pone en práctica cuando se cumplen dos condiciones:

Primero, que las variaciones en la acumulación pico de vehículos estacionados sea el resultado de diferentes patrones de actividad de usos de suelo adyacentes o cercanos; y segundo, que las relaciones entre las actividades del uso de suelo den como resultado la atracción de viajes a dos o más usos de suelo de un área dada (ULI, 1983, p. 3).

El problema de la investigación del ULI no consistía básicamente en determinar la demanda de estacionamiento de un lugar con varios usos de suelo sino poder determinar cómo ese valor agregado se obtiene a partir de la suma de la demanda pico de estacionamiento de cada uso individual. Es decir, el trabajo estudia las características de la demanda de estacionamiento de cada componente de un desarrollo de uso múltiple y estima los efectos sobre el total de plazas necesarias que resulta de la combinación de dos o más usos de suelo analizados.

Al igual que en varias metodologías, el ULI considera que la variable independiente más recomendada para utilizar en el estudio es la Gross Leasable Area o superficie bruta alquilable que no considera los espacios destinados a vestíbulos, pasillos, ascensores, equipos mecánicos, entre otros. Sin embargo, utiliza para ciertos usos de suelo otras variables características de la actividad como número de empleados, número de asientos o número de habitaciones.

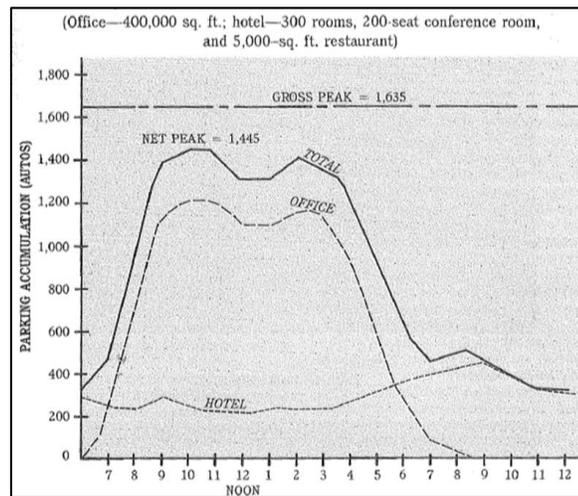
La metodología produjo resultados que indican la reducción en el número de plazas necesarias para servir los periodos de máxima demanda. Dicha reducción se basa en dos aspectos principales, los efectos diferenciales del tiempo y los efectos del mercado cautivo:

- a) Los efectos diferenciales del tiempo: esta hipótesis nos indica que "los patrones de actividad de los distintos usos de

suelo en un proyecto mixto son los suficientemente diferentes para que los correspondientes picos de demanda de estacionamiento no se produzcan simultáneamente" (ULI, 1983, p. 33).

La Figura 3-1 nos muestra la acumulación horaria de estacionamiento durante un día de la semana para un desarrollo mixto que contiene oficinas y hotel. Si se diseñara el estacionamiento de cada uso de suelo de manera independiente se necesitarían 1.635 espacios para los vehículos, sin embargo, aprovechando que la demanda pico de las oficinas se produce hacia las 10 de la mañana y la del hotel hacia las 9 de la noche, es posible obtener una reducción en el aparcamiento de 190 espacios debido al efecto diferencial del tiempo para esta combinación.

**Figura 3-1:** Acumulación del estacionamiento en oficina / hotel



Fuente: ULI, 1983.

b) Efectos del mercado cautivo: esta hipótesis consiste en que "ciertas relaciones que se producen entre los distintos usos de suelo en un proyecto mixto pueden generar reducciones en los niveles de demanda de estacionamiento" (ULI, 1983, p. 39). Esto es, debido a la poca distancia que existe entre los usos del suelo se permite a las personas atender más de un propósito con un solo viaje que implica un único espacio de estacionamiento, por ejemplo, el empleado de oficina que llega al trabajo en un vehículo y hace uso del estacionamiento puede visitar los restaurantes del desarrollo mixto sin necesidad de realizar un viaje motorizado lo cual se traduce en reducir los espacios necesarios de aparcamiento del restaurante.

Según los resultados de la investigación los huéspedes del hotel son más propensos que los empleados, clientes, visitantes y dueños, a convertirse en clientes cautivos en un desarrollo de uso mixto.

En todos los usos de suelo mixto definidos para la evaluación los investigadores encontraron que los requerimientos de estacionamiento fueron menores al estacionamiento bruto estimado, al definido en las ordenanzas de zonificación de la ciudad y al observado en los sitios de estudio.

Aunque la metodología propuesta por el ULI sugiere reducción del estacionamiento y un mejor aprovechamiento del área destinada al estacionamiento, en la presente investigación ha sido colocada como parte del viejo paradigma de la planificación en virtud que sigue la línea de que los proyectos deben satisfacer los máximos niveles de demanda y debe proveer espacio para todos los conductores que lleguen a su destino.

### **3.3.1.3 Metodología desarrollada por el Institute of Transportation Engineers ITE (1985)**

El Institute of Transportation Engineers de los Estados Unidos lanzó en 1985 la primera edición de este reporte denominado Parking Generation o lo que sería Generación de Estacionamiento en español<sup>2</sup>. Dicho reporte realiza un trabajo de tipo estadístico que proporciona valores de la demanda de estacionamiento para distintos usos del suelo disponibles de información en América del Norte como ayuda o punto de referencia para los planificadores e ingenieros de transporte.

Desde esa época se ha convertido en un referente de tipo mundial por los investigadores que pretenden realizar proyectos que involucren la planeación de un estacionamiento. Sus conclusiones y los valores encontrados para cada uso de suelo han sido desde entonces ampliamente adoptados por planificadores, urbanistas, constructores y funcionarios públicos en Estados Unidos y en otros países del mundo. Sin embargo, como veremos más adelante, esta metodología también ha sido seriamente criticada por investigadores de épocas más recientes que entienden que dichos reportes tiene algunas limitaciones desde el punto de vista estadístico y además porque sus hallazgos no contribuyen con el nuevo enfoque de urbanismo que se plantean muchas ciudades en el nuevo siglo.

Los resultados del análisis estadístico realizado por el ITE se dan en función de la relación que existe entre la variable dependiente que es siempre la misma, el promedio de la demanda de estacionamiento en el período de máxima demanda, y la variable independiente que según el ITE debe ser "una característica física, medible y predecible del sitio de encuesta, por ejemplo, el número de hectáreas, la superficie de suelo, el número de empleados o estudiantes, o el número de viviendas" (2010, p. C3).

---

<sup>2</sup> La segunda edición del reporte Parking Generation fue publicada en 1987, la tercera edición en 2004 y la cuarta y más reciente en el 2010.

En la publicación *Transportation Planning Handbook* el ITE (2008) menciona los parámetros a tener en cuenta para la estimación de la demanda de estacionamiento: la unidad, el día y hora de diseño, el suministro efectivo, el tamaño, los usos accesorios y complementarios.

▪ **Resultados para el uso de suelo universidades**

El uso de suelo para las universidades tiene código 540 dentro de la base de datos del ITE e incluye las universidades o colleges de cuatro años que pueden o no ofrecer programas de posgrado. Para el año 2010 correspondiente a la cuarta edición del reporte, la base de datos consistía en una mezcla de sitios urbanos y suburbanos.

La presencia de estacionamiento pago fue observada en un único sitio pero la demanda de estacionamiento máxima en este sitio fue similar al promedio de la demanda de estacionamiento máximo en conjunto.

Los sitios de estudio en su mayoría están ubicados en Estados Unidos y se tienen datos de una única universidad fuera de este país, en Canadá. La aplicación de la encuesta se encuentra en períodos comprendidos entre el año 1985 y el 2008, lo cual puede ser una desventaja desde el punto de vista temporal, pues se considera que puede reflejar resultados que no contemplan cambios en las tendencias de uso del automóvil particular, cambios en el tráfico o las medidas de gestión de la demanda de transporte que hayan implementado las autoridades locales en los últimos años.

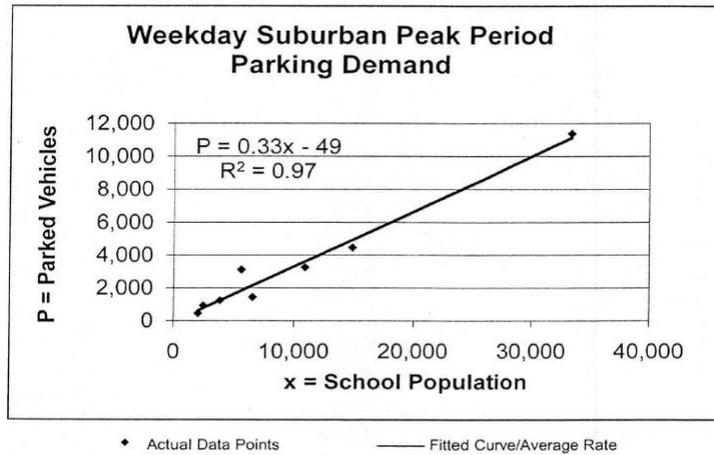
Los datos mostrados incluyen igualmente dos de los índices estadísticos que ayudan a la comprensión de la fiabilidad estadísticas de las muestras. El primero es el coeficiente de variación, el cual indica la fiabilidad de los datos respecto de la media. El segundo, es el coeficiente de correlación que mide la fiabilidad de la ecuación de regresión utilizada.

Los resultados son los siguientes para universidades suburbanas:

**Tabla 3-3:** Promedio de la demanda de estacionamiento en el período pico vs Población escolar suburbana

Parámetro estadístico	Demanda en período pico
Período pico	11:00 am – 12:00 pm
Número de sitios de estudio	8
Promedio del tamaño de los sitios de estudio (Población total de la universidad)	10.000 personas
Promedio de la demanda de estacionamiento en el período pico	0,33 vehículos por población escolar
Desviación estándar	0,10
Coefficiente de variación	32%
Rango	0,22 – 0,55 vehículos por población escolar
Percentil 85	0,38 vehículos por población escolar
Percentil 33	0,30 vehículos por población escolar
En un: Día de la semana	
Ubicación: suburbano	

Fuente: ITE, 2010.

**Figura 3-2:** Demanda de estacionamiento período pico entre semana para universidades suburbanas

Fuente: ITE, 2010.

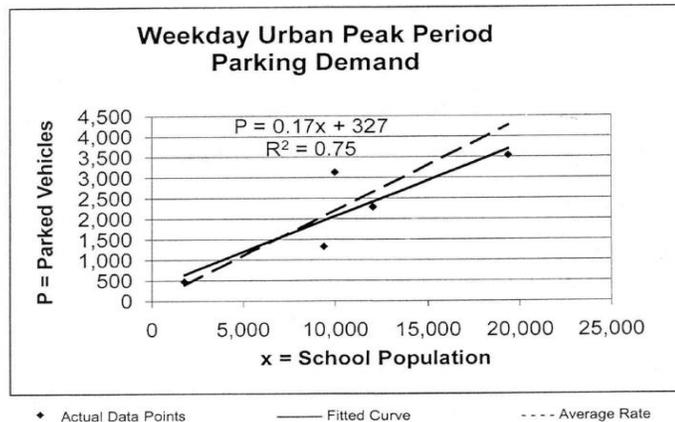
Para el caso suburbano, se tienen 8 sitios de estudio de gran tamaño (población alrededor de 10.000 personas) dando como resultado que la hora pico para estas universidades comienza a las 11:00 am con un promedio de la demanda de estacionamiento de 0,33 vehículos por población escolar. Se determinó un coeficiente de correlación del 97% que nos indica el alto grado de asociación de la regresión lineal realizada dado el tamaño de la muestra.

Por su parte, los resultados son los siguientes para universidades urbanas:

**Tabla 3-4:** Promedio de la demanda de estacionamiento en el período pico vs Población escolar urbana

Estadística	Demanda en período pico
Período pico	10:00 am - 11:00 pm
Número de sitios de estudio	5
Promedio del tamaño de los sitios de estudio (Población total de la universidad)	10.500 personas
Promedio de la demanda de estacionamiento en el período pico	0,22 vehículos por población escolar
Desviación estándar	0,07
Coefficiente de variación	32%
Rango	0,14 - 0,31 vehículos por población escolar
Percentil 85	0,29 vehículos por población escolar
Percentil 33	0,18 vehículos por población escolar
En un: Día de la semana	
Ubicación: Urbano	

Fuente: ITE, 2010.

**Figura 3-3:** Demanda de estacionamiento período pico entre semana para universidades urbanas

Fuente: ITE, 2010.

Para el caso urbano, se tienen 5 sitios de estudio también de gran tamaño (población alrededor de 10.500 personas) dando como resultado que la hora pico para estas universidades comienza a las 10:00 am, un poco antes que el caso suburbano, con un promedio de la demanda de estacionamiento de 0,22 vehículos por población escolar, menor al caso suburbano. Se determinó un coeficiente de correlación aceptable (del 75%) que nos indica que el 75% de los datos de la demanda se explican por la población escolar. El ITE considera aceptables para las regresiones lineales un coeficiente de correlación a partir del 60% (2010).

Aunque el ITE no realiza una comparación de los resultados de demanda pico de estacionamiento en universidades urbanas y suburbanas, puede distinguirse que dicha demanda es mayor en las locaciones suburbanas lo cual puede explicarse, para el caso estadounidense, por el hecho que los suburbios americanos no cuentan con facilidades de transporte público y prácticamente el transporte privado es el medio preferido para los usuarios.

### **3.3.1.4 Investigaciones específicas del estacionamiento en la Universidad Nacional**

Existen dos tesis de pregrado que han abordado el estacionamiento en el campus de la Universidad Nacional en su sede principal en Bogotá. Ambas han abordado la planeación del estacionamiento desde un enfoque tradicional, es decir, desde la perspectiva del viejo paradigma de la investigación. A continuación se resumen los principales aspectos de cada uno de estos trabajos de grado.

Molina y Nieto (1987) realizaron un estudio de estacionamientos en el campus de la Universidad Nacional que tenía como objetivo realizar un diagnóstico del estacionamiento y formular soluciones y recomendaciones generales para mejorar en el futuro las necesidades de estacionamiento.

La metodología con la cual se abordó el problema del estacionamiento consistía en realizar un inventario de estacionamientos, un estudio de rotación de placas por zonas configuradas en el campus, una encuesta a los conductores para determinar la distribución de la población universitaria que hace uso del estacionamiento y una proyección de la demanda para evaluar las necesidades futuras.

Los resultados para la época del estudio indican que existían 1.150 plazas de estacionamiento en el campus, que el índice diario de rotación fue de 3,67 vehículos y que la participación de usuarios del estacionamiento en el campus tenía la siguiente distribución: profesores 49,4%, estudiantes 18,3%, administrativos 17,39% y visitantes 14,90%.

Las conclusiones finales del estudio a partir de la proyección de oferta y demanda que realizan para el año 2000 es que se requieren 216 cupos adicionales a los existentes para satisfacer los requerimientos de aparcamiento en la condición futura. Para solucionar este "déficit" plantean, entre otras recomendaciones, rediseñar y remodelar los estacionamientos existentes con base en el diagnóstico que se realiza en cada zona, incluyendo la construcción adicional de dos estacionamientos en superficie y un estacionamiento en estructura con cuatro niveles y con cupo para 400 vehículos en un área de 2.200 m<sup>2</sup>. Adicional a ello, el trabajo incluye planos de diseños que solventarían la condición futura a través del uso de varias zonas verdes del campus para rediseñar los

estacionamientos existentes y configurar nuevas plazas de estacionamiento como por ejemplo las zonas ubicadas en las siguientes áreas libres de la universidad: la situada al costado norte del estacionamiento de matemáticas, entre el edificio IEI y el Laboratorio de Hidráulica, al costado occidental del estacionamiento de Biología, la plaza Freud, entre el edificio de Ciencias Humanas y Odontología, entre el edificio de Ingeniería y Química, y al costado suroriental del edificio de Cine y Televisión.

Por su parte, Pereira y Fernández (1999) abordaron el estudio del estacionamiento en el campus de la Universidad Nacional con el fin de generar políticas que solucionen el problema del aparcamiento al interior de la universidad.

La metodología con la cual se abordó el problema de la investigación fue similar a la realizada anteriormente por Molina y Nieto (1987) pues consistió en realizar un inventario de estacionamientos, un estudio de rotación de placas por zonas configuradas en la universidad, una encuesta a los conductores para determinar la distribución de la población universitaria que hace uso del estacionamiento, el edificio destino, el estacionamiento seleccionado por cada usuario y una proyección de la oferta y demanda. El fin del trabajo consistía en formular políticas enfocadas a la recuperación de las instalaciones del estacionamiento, una mejor distribución de las mismas, un cambio de hábitos en los usuarios y como lo declara Pereira y Fernández en su trabajo "todo esto complementado con la implementación de nuevos parqueaderos en zonas donde el estudio arroje déficit de espacios" (1999, p.7).

Los resultados para la época del estudio indicaron que al campus ingresaron 5.473 vehículos en promedio durante día hábil, que la oferta de estacionamiento era de 1.213 cupos y que la participación de usuarios del estacionamiento en el campus tenía la siguiente distribución: profesores 33,79%, estudiantes 34,47%, administrativos 11,03% y visitantes 20,71%. Adicionalmente, obtuvo que los estacionamientos con mayor demanda al interior del campus fueron el de Artes, Matemáticas, Medicina, Ingeniería Nuevo, Enfermería, Química y Economía.

Para la fecha del estudio se identificaron 7 zonas de la universidad con déficit de oferta en donde, según los autores, es necesario la construcción de nuevos estacionamientos para solucionar la demanda que genera cada una de ellas. La proyección que realiza el estudio para el año 2010 en términos de oferta y demanda de estacionamiento indica que existiría un déficit de 122 cupos cuando se cumpla el horizonte de planeación.

Las políticas que se recomiendan en el estudio a corto y mediano plazo para mejorar el sistema de estacionamientos son: reestructuración administrativamente en lo referente al manejo de

los estacionamientos; recomendaciones para la adecuación, construcción y mantenimiento de los estacionamientos; control y manejo del estacionamiento ilegal sobre las vías del campus; y, sugerencias administrativas y financieras para la implementación de nuevos estacionamientos.

### **3.3.2 Nuevo paradigma de la planificación del estacionamiento**

El nuevo enfoque en la planificación del estacionamiento que se describirá en este subcapítulo va de la mano con la necesidad de cambiar las prácticas de los humanos que han generado problemas ambientales y de desarrollo urbano en el mundo, discutidas seriamente por primera vez en 1987 por la Comisión Mundial sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo de la ONU. El estacionamiento no ha sido ajeno a este enfoque y se puede decir que su investigación bajo este enfoque es reciente, desde la década de los 90's.

Al enfoque tradicional con el cual se crearon la mayoría de las ciudades del mundo en términos del estacionamiento se les criticó varios aspectos que suponen una deficiencia para el desarrollo sostenible y para generar equilibrio en el mercado del transporte con efectos negativos de gran magnitud hasta ahora estudiados.

Litman (2011) también habla del cambio de paradigma en la planificación del estacionamiento pasando de un esquema que contemplaba que el aparcamiento debe ser abundante y gratuito a uno en que el aparcamiento debe ser óptimo y con precio. El nuevo enfoque considera que muy poca oferta es tan perjudicial como demasiada oferta, así como que los precios muy bajos son tan dañinos como los precios muy altos.

Un primer análisis en este sentido se refiere a los costos ambientales del estacionamiento relacionados con la degradación de la calidad del agua, problemas con la atención de aguas pluviales, efectos exacerbados de islas de calor y el consumo excesivo del suelo (Environmental Protection Agency EPA, 2006).

Otro análisis son los costos financieros del estacionamiento. En un estudio presentando por Weinberger et al (2012) se expresa que el 10% de los costos de los desarrollos urbanísticos de Estados Unidos se dedica exclusivamente al estacionamiento. Litman (2011) sugiere que los costos de estacionamiento en superficie representan alrededor del 9% del costo total de la obra y el 25% para proyectos con estacionamientos subterráneos.

Otro efecto notable y analizado en la literatura son los efectos en la búsqueda del aparcamiento que afecta de forma directa a los conductores de automóviles y motocicletas, a los distribuidores de mercancías, y al transporte público. De manera indirecta afecta a los usuarios del transporte público colectivo, a peatones y a

ciclistas. Además el exceso de plazas constituye en algunos casos una pérdida de espacio para otros usos como aceras, carriles-bus, bici-carriles (Pineda y Abadía, 2011).

Los problemas ambientales asociados a la búsqueda del estacionamiento han sido modelados por algunos autores. Por ejemplo, Guo et al (2012) simularon el comportamiento de los vehículos en el campus de la Universidad de Búfalo (Estado de Nueva York) y cuantificaron el costo ambiental del proceso de búsqueda del aparcamiento. Encontraron que los viajes adicionales asociados con la búsqueda de estacionamiento generan mayores emisiones y mayores consumos de energía en comparación con los viajes que se dan entre las puertas de ingreso al campus y los lotes de estacionamiento.

En Madrid y Barcelona, por ejemplo, el costo de buscar aparcamiento asciende a 350 y 270 millones de euros al año respectivamente. Los costos ambientales asociados a la emisión de gases efecto invernadero son, sin considerar los efectos de la congestión, de 26 millones de euros al año para Madrid y 20 millones para Barcelona (Pineda y Abadía, 2011). Ommeren et al (2011) encontraron que el costo de la búsqueda del estacionamiento en Amsterdam es de 1 euro diario por persona.

Por su parte, Arnott y Rowse (1999) desarrollaron un modelo económico que considera las posibles mejoras de la eficiencia en las tarifas de estacionamiento y los efectos de la búsqueda del aparcamiento. Según ellos, la búsqueda del estacionamiento es frustrante, consume mucho tiempo y congestiona el tráfico de manera significativa debido al aumento en el volumen del tráfico y la desaceleración del mismo hacia aguas abajo. Consideran que el precio del estacionamiento debe estar en función de la externalidad de la congestión del tráfico motivada por la búsqueda del estacionamiento.

El precio y el equilibrio entre la oferta y la demanda de estacionamiento en el mercado es uno de los puntos donde los investigadores aseveran que existió un fallo del método tradicional y resulta ser una de las principales propuestas para dar el cambio en este nuevo paradigma. Moeinaddini et al (2012) en un trabajo realizado en la Universidad Tecnológica de Malasia coinciden en que debe equilibrarse la demanda y oferta de estacionamiento para obtener áreas más eficientes que alienten y potencien otros modos ecológicos.

Hensher y King (2001) encontraron que existe una alta sensibilidad a los precios del aparcamiento que puede estar por encima de la sensibilidad al costo del vehículo y el tiempo de viaje en el CBD. Los aumentos en las tarifas del estacionamiento aseguran un mayor uso del transporte público. Anderson y de Palma (2004) también llegan a un modelo para demostrar los beneficios derivados de la fijación de precios del estacionamiento y los efectos de la búsqueda del estacionamiento en el tráfico.

Varios autores coinciden incluso en que la política de cobro del estacionamiento es mejor aceptada por la población que la política de cobrar peajes por congestión (Albert y Mahalel 2006 y Qian et al 2012).

Según Ison y Rye (2006) junto a Marsden (2006) el tema del estacionamiento es en términos generales poco investigado en el transporte y no menos importante si es comparado con el tema de cargos al usuario por el uso de la vía. Según ellos, el interés por estudiar la política del estacionamiento seguirá aumentando en un futuro previsible.

Gran parte de los análisis anteriormente presentados tiene un punto de referencia donde se destaca un profesor estadounidense con una obra literaria y con varios artículos científicos que han dado un marco conceptual interesante sobre el nuevo enfoque en la planificación del estacionamiento. Estos aportes se presentan a continuación.

### **3.3.2.1 Hallazgos y propuestas por Donald Shoup (2005)**

Donald Shoup es un distinguido profesor de Planificación Urbana en la Universidad de California en Los Ángeles (UCLA) donde se ha desempeñado como Director del Departamento de Planeación Urbana y Director del Instituto de Estudio de Transporte. En su obra *The high cost of free parking* Shoup explica cómo las políticas de estacionamiento pueden mejorar el desarrollo urbano de las ciudades, la economía y el medio ambiente.

Se puede decir que Shoup ha intentado romper el paradigma de la planificación del estacionamiento y ha evidenciado de manera clara y argumentada que los urbanistas, planificadores e ingenieros en los Estados Unidos han cometido errores graves en el tema que han distorsionado los mercados tanto para el transporte como para el suelo. Según Shoup, "el problema no es la escasez de estacionamientos ni el exceso de coches, el problema es el estacionamiento gratuito" (1997, p. 3 -4).

El trabajo de Shoup ha sido tan importante que todos sus hallazgos se pueden encontrar en el informe de "Políticas estadounidenses de estacionamiento: una visión general de las estrategias de gestión" elaborado por el Instituto de Políticas para el Transporte y el Desarrollo en el año 2012 que incluye las recomendaciones para las políticas públicas relacionadas con el estacionamiento de las ciudades americanas para este nuevo siglo.

En su intento por explicar los efectos adversos de esta situación Shoup comenta que el estacionamiento gratuito reduce el precio de conducir para cualquier viaje y el aumento en las distancias

derivadas de la poca densificación urbana hacen que la opción más obvia sea conducir en coche para la mayoría de los viajes. Registra además que el transporte por carretera en los Estados Unidos alcanza la mitad del consumo de petróleo en ese país, el cual a su vez representa un cuarto de la producción mundial de petróleo, lo que significa que los automóviles estadounidenses consumen una octava parte del petróleo producido en el mundo. Para Shoup "el estacionamiento gratuito ayuda a explicar la extrema dependencia al automóvil, la rápida expansión urbana y el uso extravagante de energía" (2005, p. 3).

Shoup indica de manera interesante que tal como las distintas áreas del conocimiento tuvieron que atravesar por épocas de exploración y desarrollo donde muchas veces se cometen errores graves para lograr llegar a una solución efectiva después de mucho tiempo, en la planeación de las ciudades se cometió un error gravísimo al proveer requisitos mínimos de estacionamiento que son de hecho bien insidiosos, a pesar de que el mundo los enfrenta en todas partes: "con la dependencia del automóvil, la congestión vehicular, el derroche de energía, la contaminación atmosférica y el cambio climático. Y aunque según él no son la única causa de estos problemas si la intensifican de gran manera" (Shoup, 2005, p. 13).

En este sentido Shoup presenta una analogía con la intoxicación con plomo que fue la manera como la medicina hasta el s. XX atendía todo tipo de dolencias. El plomo era útil porque en algunos casos es tóxico para algunos microorganismos, es decir, tiene propiedades antisépticas locales, pero en su momento los médicos no entendían que era también tóxico para los seres humanos causándoles la muerte a varios pacientes. "Los requisitos de estacionamiento producen según él, un efecto similar, producen amplios beneficios locales pero dañan la totalidad del sistema" (Shoup, 2005, p. 11).

El estacionamiento gratuito según Shoup:

Aumenta la demanda de automóviles, y ésta a su vez, aumenta la congestión del tráfico, la contaminación atmosférica y el consumo energético. La congestión del tráfico por su parte estimula la búsqueda de soluciones locales como ensanchamiento de las calles, más autopistas, y requisitos de estacionamiento aún mayores (2005, p. 11).

A esta enfermedad Shoup (2005) la llama la "poleodomogenic catastrophes" que traduce algo como catástrofes producidas por los urbanistas, en comparación con las enfermedades iatrogénicas que se producen por los médicos o tratamientos médicos que no funcionan de manera efectiva.

Shoup explica que los requisitos mínimos de estacionamiento en los Estados Unidos han sido un tema muy poco estudiado así como la planeación del estacionamiento, tanto así que en ninguno de los

libros distinguidos de planeación urbana es un tema lo suficientemente desarrollado ni tampoco explican cómo producir dichos requisitos. Según su vasta experiencia y sus indagaciones "la mayoría de textos de ciencia regional, planeación de transporte y economía urbana ignoran la demanda de estacionamiento" (2005, p. 25).

Los planificadores urbanos no realizan un análisis específico del sitio para establecer los requisitos mínimos de estacionamiento, y en su afán de producir resultados toman tres posibles caminos: 1) toman la ocupación pico de estacionamiento de un uso de suelo a partir de encuestas nacionales sin darse cuenta que éstas son tomadas en lugares suburbanos donde existen pocas facilidades de transporte y donde el estacionamiento es gratuito; 2) consultan la fuente de datos del ITE, sin darse cuenta que la implicaciones que tiene dicha metodología, y, 3) copian los requisitos de otras ciudades, pues al fin y al cabo fueron aprobadas por un ente municipal. Como resultado de esto el 99% de los viajes realizados en automóvil en las ciudades americanas tiene estacionamiento gratuito (Shoup, 2005).

El primer y tercer camino de hecho, plantean serias dudas pues según el Planning Advisory Service, el supuesto implícito es que otras áreas deben saber lo que están haciendo pues aprobaron ordenanzas al fin y al cabo, y lo que es una apuesta segura para adoptar una norma de estacionamiento cerca del promedio pueda dar lugar a la repetición de errores de otra persona (1964, c.p. Shoup, 2005).

El segundo camino, consiste en usar la única fuente sistemática que relaciona la demanda de estacionamiento con el uso de suelo, y es el Parking Generation (descrito anteriormente). Para la segunda edición de este reporte publicada en 1987 Shoup presenta las siguientes observaciones (1997, p. 4):

- La mitad de las 101 tasas de generación de estacionamiento reportadas se basan en cuatro estudios o menos, y 22 se basan en un único estudio.
- Ninguno de los casos de estudio refieren el precio de estacionamiento, pero la mayoría deben ser aparcamientos gratuitos porque la Encuesta de Transporte Personal a nivel Nacional realizada en 1990 encontró que el estacionamiento es gratuito para el 99% de los viajes en automóvil realizados en Estados Unidos.
- Por tanto, las tasas de generación de estacionamiento publicadas por el ITE miden la demanda pico de estacionamiento gratuito observada en lugares suburbanos con pocas o ningunas facilidades de transporte público.

También Shoup afirma que la fuente Parking Generation es una obra cuestionable por las siguientes razones (2005, p. 32):

- El aparcamiento gratuito infla las tasas de generación de estacionamiento. Casos de estudio demuestran que el estacionamiento pagado por el empleador aumenta la demanda de estacionamiento por los viajeros en un tercio cuando se compara con el estacionamiento pagado por el conductor.
- El enfoque de sitios suburbanos que carecen de transporte público también infla las tasas de generación de estacionamiento porque todo el mundo conduce en su propio vehículo para desplazarse a estos sitios. Por tanto, las tasas son exageradas si se comparan con sitios que tienen buen porcentaje de viajes a pie o en transporte público.
- El enfoque de la demanda máxima de estacionamiento también infla las tasas de generación de estacionamiento pues para algunos usos de suelo este pico solo sucede unas pocas horas durante el año.

En la cuarta edición del Parking Generation publicada por el ITE (2010) ya se describe claramente que la mayoría de datos disponibles provienen de sitios suburbanos y con estacionamiento gratuito. También indica claramente que los usuarios del informe deben tener precaución al utilizar los datos que se basan en un pequeño número de puntos de datos o cuando los índices de calidad de datos se encuentran fuera de los rangos confiables. Sin embargo, como manifiesta Shoup (2005) muchas de las personas que usan este reporte no están entrenadas en las estadísticas y en la ingeniería o son elegidos en calidad de voluntarios para ejercer sus cargos con lo cual se reproducen los mismos requisitos mínimos de estacionamiento con consecuencias graves en el desarrollo urbano.

Según Shoup (2005) la insignificancia estadística representa un gran problema en las tasas de generación de estacionamiento y generación de viajes reportadas por el ITE y se asocian a un problema familiar con las estadísticas utilizadas en la planeación de transporte. Los informes de datos con una precisión extrema implican confianza en su exactitud, pero los ingenieros de transporte y los planificadores urbanos a menudo informan estimaciones muy inciertas con números muy precisos. La colocación de confianza injustificada en la exactitud de estos datos precisos, pero con seguridad, conduce a malas políticas de transporte y uso del suelo.

Esto hace referencia a que en muchos casos el ITE obtiene tasas de generación de estacionamiento con menos de 4 estudios como tamaño de muestra. Aunque son pocos y el nivel de confianza es bajo, el ITE realiza un procesamiento estadístico donde muestra una línea de regresión de los datos, una ecuación ajustada a esa curva obtenida, un intervalo de confianza, el rango, el percentil 85 y el percentil 33, la media y un coeficiente de correlación. Es decir, se muestran datos con precisión exagerada que no implican que los datos sean exactos o que cumplan con significancia estadística pero que para muchos funcionarios públicos que están ajenos a estos términos o a esta ciencia formal parecerían muy exactos por la forma en que se presentan.

Aparte de la insignificancia estadística que según Shoup presenta la fuente Parking Generation, él referencia un estudio realizado por la firma consultora Parsons Transportation Group (2002, c.p. Shoup, 2005) que realizó un estudio sobre la ocupación máxima de estacionamiento observada en intervalos de una hora a 17 tiendas Home Depot en un sábado, el día más ocupado para estos establecimientos. Lo interesante es que el estudio encontró que no existe relación entre los pies cuadrados de una tienda y la demanda pico de estacionamiento resultante. Esto porque "no todas las tiendas venden por igual, y se encontró que el nivel de ventas explicaba mejor los niveles de estacionamiento en vez del tamaño de área construida" (Shoup, 2005, p. 34), lo cual es otra variable que no tiene en cuenta el ITE).

De manera adicional, se presenta otro problema reportado por Shoup (1997) y sustentado en varios estudios y es que los planificadores suelen establecer más estacionamiento que el indicado en las tasas de generación del ITE y además para engrandecer el problema demuestra que en la mayoría de los casos dicha capacidad ofrecida de estacionamiento a menudo no es utilizada por completo.

Para Shoup, la planeación que se ha llevado a cabo en los Estados Unidos es la planeación de la expansión, pues a partir de las deficiencias estadísticas y su mal uso generalizado se han obtenido graves consecuencias pocas veces observadas en el desarrollo urbano de las ciudades. El proceso es circular y sigue los siguientes pasos (2010, p. 56):

- 1) Los ingenieros de transporte encuestan la demanda pico de estacionamiento en pocos sitios suburbanos con estacionamiento gratuito, donde no existe transporte público y el ITE publica los resultados en Parking Generation con precisión engañosa;
- 2) los planificadores urbanos consultan el reporte Parking Generation para establecer los requisitos mínimos de estacionamiento, es decir, que convierten la demanda máxima de estacionamiento en oferta mínima requerida;
- 3) los desarrolladores ofrecen todo el estacionamiento que las ciudades requieren, impulsando el precio del estacionamiento a cero, disminuyendo así el costo de viajar en automóvil, lo cual propicia un mayor número de viajes en este medio;
- 4) los ingenieros de transporte encuestan los viajes en vehículos desde y hacia sitios suburbanos con estacionamiento gratuito y donde no hay transporte público y el ITE publica los resultados en el reporte Trip Generation con precisión engañosa;
- 5) los planificadores urbanos consultan Trip Generation como guía para diseñar el sistema de transporte para acomodar los coches en el estacionamiento gratuito;
- 6) las ciudades reducen la densidad permitida por lo que el desarrollo no generará más viajes en vehículos que se puedan soportar en las carreteras cercanas.

Este proceso lleva a que los urbanistas deban pagar el costo de los amplios estacionamientos y de los caminos internos del proyecto urbano lo cual se transfiere directamente a los propietarios o compradores de vivienda, pero nunca este precio se transfiere a los conductores quienes son los que verdaderamente hacen uso de esta infraestructura.

Shoup pone punto claro en esta situación y es que el estacionamiento y la generación de viajes son fenómenos poco conocidos sobre todo en el precio del estacionamiento, y aclara que la demanda es función del precio como en cualquier bien y servicio. "La estimación de la demanda de estacionamiento sin considerar el precio es planear sin economía" (2005, p. 63-64).

El efecto de los requisitos mínimos de estacionamiento sobre el precio de las viviendas y la densificación urbana, según Shoup sólo ha sido tratado por un autor. Brian Bertha recogió datos de 45 proyectos de apartamentos desarrollados cuatro años antes de 1961 cuando la ciudad de Oakland California impuso los requisitos mínimos de estacionamiento, y de 19 proyectos desarrollados dos años posteriores a dicha reglamentación. Según Bertha, luego de imponer los requisitos mínimos de estacionamiento, "el costo de la construcción por unidad de vivienda aumentó un 18 por ciento, la densidad de viviendas disminuyó un 30 por ciento y el valor del suelo se redujo en un 33 por ciento" (1964, c.p. Shoup, 1997, p. 10). Recientemente Ommeren et al (2011) encontraron el mismo efecto para el caso holandés.

Este requisito mínimo de estacionamiento en Estados Unidos raramente se reduce en viviendas de bajos ingresos aunque estadísticamente posean menos o ningún coche. Sin embargo, "todo el mundo paga por los efectos que conllevan los requisitos mínimos de estacionamiento" (Shoup, 1997, p. 11).

Los requisitos mínimos de estacionamiento además subsidian de manera alarmante a los coches, según cálculos demostrados por Shoup (1997) el subsidio para el estacionamiento gratuito al trabajo es de 27 centavos de dólar por cada milla recorrida que corresponde al triple del costo de operación promedio de conducir al trabajo en los Estados Unidos. Estos subsidios a su vez, inflan las tasas generación de estacionamientos y de viajes.

La estimación de la demanda presenta problemas aun considerando sólo el estacionamiento gratuito. Según una encuesta realizada a 66 ciudades norteamericanas por el Planning Advisory Service (1971, c.p. Shoup, 1997) se encontró que existían 609 requisitos mínimos de estacionamiento para 83 usos de suelo. Por ejemplo, para el uso específico de funerarias Shoup halla que la variable independiente para determinar el requisito mínimo de estacionamiento comprende un amplio grupo de posibilidades como capillas, unidades de vivienda,

empleados, familias en las instalaciones, vehículos funerarios, área de estar, salones, personas de la capacidad de diseño, asientos en capilla menor, pies cuadrados, pies cuadrados de zona de estar y pies cuadrados de otras áreas. Y por tanto, la oferta mínima de estacionamiento es muy variable para un mismo uso de suelo dependiendo la ciudad donde se ubique.

En cuanto al costo del estacionamiento Shoup (2005) realiza estimaciones también interesantes y afirma incluso que dicho costo supera el valor de todos los coches y todas las carreteras. Encontró que el costo promedio por plaza de estacionamiento añadida es de 22.500 US\$ (a precios del año 2002 en los Estados Unidos) para 15 estructuras de estacionamiento construidas en el campus de la UCLA donde es profesor. Dicho valor según el autor, es significativamente inferior al que se presentan en otros sectores y ciudades americanas.

También estimó el costo mensual de un espacio de estacionamiento en 127 US\$ teniendo en cuenta un período de amortización de 40 años y una tasa de interés del 4%. Este valor incluye el costo de capital, operación y mantenimiento del espacio de aparcamiento. También justifica que este valor obtenido considera varias situaciones conservadoras que podrían aumentar dicho valor por lo cual es también inferior a los estándares americanos (Shoup, 2005).

Los costos externos de suministrar plazas de estacionamiento también son analizados por Shoup. En primer lugar comenta sobre el viaje inducido, pues aunque "las plazas de estacionamiento no crean la demanda de viajes una mayor oferta de estacionamiento reduce su precio en el mercado y por tanto reduce el precio de los viajes en vehículos" (Shoup, 2005, p. 194).

Adicionalmente, a partir de datos de un reporte de impacto medioambiental realizado en el campus de la UCLA encontró que el costo de congestión en el mes es de 73 US\$ y el costo de las emisiones al mes es de 44 US\$ por espacio de estacionamiento. Esto resulta en un costo total de factores externos de 117 US\$ por mes por espacio de estacionamiento que también justifica es un valor conservador por varios supuestos que mantiene en el cálculo (Shoup, 2005).

Los costos externos podrían aumentar en gran medida considerando otros efectos que se deducen de los viajes de los vehículos y las plazas de estacionamiento como: el ruido, las emisiones de gases de efecto invernadero, y los costos de accidentes no pagados por los conductores que causan accidentes. Además aumentan el área de superficie impermeable en la ciudad, reducen el área de filtración de agua en el suelo, y aumentan la escorrentía de las aguas pluviales. También acumulan aceite en el suelo que contaminan los suministros de agua (Shoup, 2005).

Esto quiere decir que el costo total que deberían pagar los conductores que estacionan en el campus de la UCLA debería ser por lo menos 224 US\$/mes incluyendo el valor del costo de financiamiento de la estructura y el de los costos externos. Según Shoup "el costo del estacionamiento no es el punto importante, lo importante es que el estacionamiento es costoso para todos menos para los conductores" (2005, p. 200).

Shoup (2005) también sostiene que el valor de un espacio de estacionamiento varía día a día, según la ubicación y la hora, y que cobrar a los usuarios una tarifa plana para estacionamiento de largo plazo, los motiva a maximizar el uso de un espacio. Plazas de aparcamiento de alta demanda (por ejemplo, cerca de la escuela y durante las horas pico) deben tener los precios más altos, y viceversa.

En sus obras Shoup finaliza comentando que aunque sea difícil existe una solución para revertir esta mala planificación del estacionamiento y consiste en eliminar los requisitos mínimos de estacionamiento, en mejorar la significancia estadística de las tasas de generación reportadas por el ITE, en indicar que estas tasas son obtenidas en lugares suburbanos sin transporte público y sin facilidades de transporte donde el único medio para llegar es en vehículo particular y considerando que el estacionamiento es gratuito. Además, estableciendo nuevas estrategias como la creación de "Parking Benefit Districts" que son distritos residenciales existentes que permiten el aparcamiento a los residentes y donde el estacionamiento es cobrado a los no residentes por estacionar en la acera, y haciendo que dichos ingresos sean inyectados para financiar los servicios públicos de los residentes de la zona o para la inversión en espacio público (Shoup, 2005).

Shoup afirma que los ingresos obtenidos del cobro por estacionamiento en vía podrían disparar los Business Improvement Districts o distritos de mejoramiento comercial formados para "revitalizar las zonas comerciales o podrían ser utilizados en la financiación de proyectos de reurbanización" (1997, p. 15).

### 3.3.3 Variables de análisis en la planificación del estacionamiento

En este capítulo se presentan las variables de análisis que varios investigadores han encontrado importantes en la relación que tienen con la planificación del estacionamiento. Algunas de ellas se estudiaron dentro del enfoque del viejo paradigma de la planificación y otras hacen parte del nuevo paradigma. Lo que se quiere es describir todas las variables encontradas en el estado arte con el fin de seleccionar más adelante las más propicias para la metodología de investigación según las condiciones locales de la ciudad y de los usuarios del estacionamiento.

A continuación se presentan los autores y las variables que han usado investigaciones relacionadas con la demanda de estacionamiento dividida en dos segmentos: una primera parte, recopila las variables que se han elaborado fuera del ámbito de campus universitarios, y una segunda parte, las variables analizadas dentro de dichos espacios educativos.

#### 3.3.3.1 Variables asociadas al estacionamiento en general

Las variables que se presentan a continuación han sido evaluadas en distintos escenarios y usos de suelo como lo son el CBD, empresas y otros espacios urbanos. Son variables generalizadas que inciden en la demanda de estacionamiento indiferente del uso de suelo.

Las variables más comunes las describe Thompson y Richardson (1998) afirmando que la inconveniencia total en los costos asociados a la búsqueda de estacionamiento se definen en tres dimensiones de costos: el acceso (tiempo de viaje hasta el aparcamiento y tiempo de búsqueda del aparcamiento en el vehículo), las condiciones nativas del estacionamiento (tarifa directa y esperada y tiempo de caminata desde el estacionamiento al lugar del destino) y el tiempo de espera.

Varios autores han encontrado por ejemplo que la utilidad de encontrar un estacionamiento se relaciona negativamente con la distancia al edificio de destino, y positivamente con su capacidad (Guo et al 2012, Lambe 1996, Qian et al 2012 y Lam et al 2006).

Por su parte Tsamboulas (2001) comenta que los factores más importantes para la decisión de aparcar son: el costo del estacionamiento, la distancia hacia el destino final, y el tiempo necesario para buscar una plaza de aparcamiento. También le fueron útiles las siguientes variables: el propósito del viaje, el tamaño del motor (relacionado con que los usuarios de carros lujosos prefieren estacionamientos vigilados), la edad, el género, el número de paradas en el viaje de regreso y el tipo de usuario (los que pagan mensualmente por el aparcamiento con viajes permanentes y usuarios que pagan por horas con viajes esporádicos).

Según (Axhausen y Polak, 1991, c.p. Marsden 2006) se han encontrado investigaciones que indican que el tiempo de caminata hacia el destino de viaje se valora más que el tiempo de búsqueda de un espacio que a su vez se valora más que el tiempo de acceso en el coche. Así mismo parecen ser más importante los gastos de bolsillo del conductor asociados al pago del estacionamiento y el tiempo de caminata que los propios costos de la operación del vehículo.

En cuanto a los costos de estacionamiento que deberían cobrarse existen muchas investigaciones. Algunas de ellas demuestran que los ingresos mensuales para cubrir los costos de estacionamiento y proporcionar un beneficio esperado son de 208 US\$ y 299 US\$ en Estados Unidos para estacionamientos en superficie y subterráneos respectivamente, en áreas urbanas (Litman, 2011).

En este sentido, según el Victoria Transport Policy Institute (2009, c.p. Weinberger et al, 2012) el costo mensual de cada plaza de estacionamiento a precios del 2005 en los Estados Unidos, considerando una tasa de interés anual del 7% amortizado a 20 años oscila entre 48 US\$ (para estacionamiento en vía -el más sencillo-) y 220 US\$ (para el estacionamiento subterráneo en CBD -el más complejo-) en áreas urbanas.

Para Simicevic et al (2012) el precio del aparcamiento por hora debe ser superior o igual a los costos de desplazarse en transporte público. Por su parte, Tsamboulas (2001) define que los umbrales para evaluar los efectos derivados del aumento de las tarifas del estacionamiento pueden dividirse así: a) un aumento del 50% de la tarifa actual; b) un aumento entre el 50% y 100%; c) y aumentos entre el 100% y 200%. Según comenta, aumentos por encima del 200% no están bien conceptualizados en los conductores, es decir, no son medidos fácilmente por parte de los usuarios.

Watters et al (2006) con el fin de reducir el número de viajes en una empresa propusieron ofrecer dinero a los empleados a razón de dejar o abandonar el lugar del estacionamiento que les ofreció el empleador. Encontraron que el género, la edad, los ingresos, y la disponibilidad del automóvil son variables significativas para la elección entre recibir un dinero o seguir estacionando.

### **3.3.3.2 Variables asociadas al estacionamiento en campus universitarios**

En esta sección se presentan algunas investigaciones dentro del nuevo enfoque de la planificación del estacionamiento que han tenido como área de estudio los campus universitarios. Se encontraron unas cuatro investigaciones en ciudades norteamericanas y una investigación en cada uno de los siguientes países: Australia, Portugal, Israel y Líbano. Casi la totalidad de las ciudades (a excepción de Beirut en el Líbano) donde se ha analizado la demanda

de estacionamiento bajo el nuevo paradigma de la planificación son centros urbanos con mejores condiciones económicas que la ciudad de Bogotá y que hacen parte de países desarrollados. Tal como afirma Aoun et al (2013) a excepción de Europa y Estados Unidos la literatura sobre aplicaciones TDM (Transportation Demand Management o en español gestión de la demanda de transporte) son escasas o inexistentes.

Varios son los autores que manifiestan la importancia que tienen las universidades en la planificación del estacionamiento, del transporte y en la búsqueda de soluciones más eficientes en la movilidad. Daggett y Gutkowski (2003, c.p. Aoun et al, 2013) por ejemplo indican que las universidades están empezando a entender que hacen parte del negocio del transporte porque llegan a un punto donde se encuentran con que ofrecer estacionamiento tiene altas implicaciones financieras y agota el espacio del campus que podría ser utilizado en centros académicos. Barata et al (2011) también se refieren a que la provisión de estacionamiento en campus universitarios es un problema a nivel mundial. Zhou (2012) comparte la idea de que la sostenibilidad es responsabilidad social hoy en día de las universidades. Y Shannon et al (2006) afirman que las universidades del mundo están intentando reducir tanto la demanda de estacionamiento como el impacto ambiental de los desplazamientos y que las estrategias que fomenten el uso de medios de transporte activos no solo reducen al demanda de estacionamiento y el impacto de la universidad sobre el medio ambiente sino que también mejoran la salud de la población universitaria.

Las investigaciones en este sentido son muy recientes. Shannon et al (2006) en un estudio realizado en la Universidad de Australia Occidental encontraron que una estrategia eficaz para potenciar los cambios a medios de transporte activos en las universidades es la reducción de la subvención del estacionamiento, que a su vez se constituyen en fondos para financiar otros programas TDM. También sugieren que los estacionamientos existentes en las universidades pueden ser utilizados para construir viviendas o residencias para los estudiantes con el fin de aumentar los viajes a pie dentro de los campus.

Barata et al (2011) realizaron otra investigación donde encontraron que buen porcentaje de los conductores que hacen uso del estacionamiento en la Universidad de Coimbra (Portugal) están dispuestos a cambiar de modo de transporte si se les otorga una subvención en los pasajes de transporte público. También encontraron que el género, la distancia entre el lugar de residencia y el campus, el ingreso per cápita y el uso del transporte público en el último mes, son variables a tener en cuenta. Según su estudio, las mujeres, los colaboradores universitarios y las personas con mayores ingresos per cápita tienen mayor probabilidad de estar dispuestos a pagar para tener plaza de aparcamiento en el campus.

Estos autores se cuestionan por qué las universidades persisten en la subvención del aparcamiento proporcionándolo de manera gratuita o a precios que no toman en cuenta plenamente los costos del estacionamiento. También aseguran que a pesar de mostrar argumentos fuertes en contra de esta situación, los administradores del campus universitario seguramente se opondrán a dichos cambios en la concepción del estacionamiento (Barata et al, 2011).

Otra investigación realizada en la Universidad Tecnológica de Malasia por Moeinaddini et al (2012) consideró que dos de las variables que más inciden en la utilización del estacionamiento es la sombra y el estado de la infraestructura peatonal en el estacionamiento. A través de una formulación matemática establecida por los autores generan un valor del nivel de servicio que presenta la instalación de estacionamiento. Aseguran que para tener un equilibrio óptimo entre la demanda y oferta de estacionamiento, la ocupación del lote debe estar entre el 80 y 90 por ciento durante todo el día.

Los resultados de la investigación de Moeinaddini et al (2012) sugieren que para mejorar la ocupación del estacionamiento presente en la universidad existen alternativas que van desde soluciones locales y sencillas como suministrar sombra al vehículo, mejorar los accesos peatonales y la señalización de los estacionamientos, hasta soluciones un poco más complejas como desplazar los estacionamientos, proponer transporte público en la universidad, generar tarifas de estacionamiento, asignar puestos de estacionamiento según la población universitaria y alentar una mayor ocupación de los vehículos.

En la Universidad de California Zhou (2012) intentó medir la influencia de factores psicológicos asociados al contagio y al arraigo de la información como modo de elección del viaje, cuestión que según el autor ha sido poco estudiado hasta el momento. Halló que tener amigos o compañeros cerca del lugar de residencia aumenta la utilidad del transporte público. También que los estudiantes que viven solos o con su familia son más propensos a conducir solos al campus en comparación con los estudiantes que viven en residencias compartidas. De igual manera, halló que los estudiantes de pregrado son más propensos a usar medios de transporte activos mientras que los de posgrado son más propensos a trabajar a distancia. En su trabajo, el género femenino aumentó las probabilidades de caminar o usar bicicleta. Concluye afirmando que los estudiantes distinto a los empleados son más propensos a utilizar medios de transporte activos y tienen una actitud más positiva hacia las medidas de TDM porque ellos tienen cierto control sobre el horario de clases y pueden evitar las horas pico, además en su mayoría son solteros sin hijos y tienen una tasa de propiedad de automóvil más baja.

En la Universidad de Idaho Delmelle Eric y Delmelle Elizabeth (2012) analizaron cuál sería el precio máximo a pagar por el

estacionamiento y por el combustible antes de cambiar a un medio de transporte activo. Al respecto, encontraron que los hombres son más propensos a cambiar de modo en respuesta a un aumento en los precios del estacionamiento en comparación con las mujeres, mientras que un aumento en el precio del combustible no generó diferencias significativas. También encontraron que la composición familiar tiene un efecto en la elección del viaje pues el número de hijos de la persona presenta una correlación positiva con la probabilidad de conducción. Así mismo, el clima y la estacionalidad resultaron ser una motivación para quienes conducen al campus.

Por su parte, Aoun et al (2013) en el campus de la Universidad Americana de Beirut encontraron necesario implementar servicios de taxi compartidos para desestimular los viajes al campus en coche privado en virtud de los altos ingresos de la población universitaria y sus preferencias en el medio de transporte.

Ejemplos de la experiencia latinoamericana relacionada con medidas de gestión de la demanda en campus universitarios son escasos, algunos de ellos relacionados con la implementación de medios activos de transporte.

En la Universidad de Sao Paulo en Brasil se implementó el sistema de bicicletas gratuitos denominado PEDALUSP que tiene como objetivo proporcionar bicicletas de forma gratuita como un medio alternativo de transporte público para la comunidad universitaria (Universidade de Sao Paulo, 2011).

La Universidad Nacional Autónoma de México presenta avances importantes en gestión de la demanda de transporte. En el año 2000 iniciaron el sistema de transporte interno PumaBús que consiste en un servicio gratuito que ofrece la universidad a todo aquel que quiere desplazarse por el campus, alcanzando 12 rutas que transitan sobre un carril exclusivo. Posteriormente, en el año 2005 la universidad estableció el Programa Alternativo de Transporte Bicipuma que consiste en un sistema de bicicletas gratuitas para movilizarse al interior del campus destinado a la población universitaria. En el año 2014, la universidad estableció un sistema de información al viajero denominado Hyperpuma que consiste en informar al usuario sobre el itinerario de transporte más conveniente dado un origen y destino al interior del campus, el cual considera transbordos entre el PumaBús, el Bicipuma y los espacios peatonales. Esta aplicación puede ser usada desde la internet o desde un teléfono móvil (Instituto de Ingeniería UNAM, 2014).

En Colombia un caso exitoso corresponde al sistema EnCicla que comenzó en el año 2012 en la ciudad de Medellín, consistente en un esquema de préstamo gratuito de bicicletas gratuitas que pretendía servir a los estudiantes de la Universidad Pontificia Bolivariana y la Universidad Nacional de Colombia Sede Medellín. Posteriormente

se abrió el espacio a la comunidad en general (Clear Air Institute, 2012).

En el caso particular de la Universidad Nacional de Colombia Sede Bogotá, se puede comentar el sistema Bicirrun que consiste en un esquema de préstamo gratuito de bicicletas para movilizarse al interior del campus y que se lanzó en el año 2006. Fue objeto de mal uso y también presentó fallas en su diseño por lo cual se terminó el servicio antes de lo pensado (Subsecretaría de Transportes del Ministerio de Transportes y Telecomunicaciones de Chile, 2011). Actualmente dentro del Plan Integral de Movilidad del campus se están realizando pruebas piloto para determinar la viabilidad de implementar nuevamente este sistema bajo otros parámetros que permiten la identificación del usuario con el fin de dar responsabilidades sobre el uso de la bicicleta.

## 4. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

La evidencia literaria resalta la importancia de diferenciar los dos enfoques o paradigmas en la planeación del estacionamiento que a su vez inciden en la conformación de la metodología de investigación que se propone en los campus universitarios de la ciudad de Bogotá.

En virtud de lo anterior y de la investigación histórica realizada en el estado arte se plantea evaluar y analizar la planificación del estacionamiento en dos campus universitarios seleccionados de la ciudad de Bogotá bajo los dos paradigmas conformados a través de la historia. Los resultados servirán de punto de partida para el país en virtud que dichos análisis no han sido evaluados en ningún campus universitario.

Se espera que al final de la aplicación de ambos enfoques en la planificación del estacionamiento se puedan obtener conclusiones sobre las diferencias generadas en cuanto a las necesidades de espacio destinadas al aparcamiento, las variables más representativas que tienen relación directa con la demanda de estacionamiento y las principales estrategias TDM que pueden tener efectos representativos para disminuir el número de viajes en vehículos particular hacia el campus y por tanto las necesidades de estacionamiento.

Por último, se pretende analizar las diferencias que presentan los resultados en el nuevo paradigma de la planificación del estacionamiento entre dos campus universitarios de la ciudad de Bogotá con características distintas en cuanto al nivel socioeconómico de su población universitaria.

### 4.1 Metodología para evaluar la planificación del estacionamiento bajo enfoques tradicionales

El análisis de la demanda de estacionamiento bajo el enfoque del viejo paradigma de la planificación se realizará con base en las metodologías y normativas descritas en el capítulo 3 que propenden por ofrecer tanto estacionamiento para satisfacer los niveles máximos de demanda y sin cobrar por el estacionamiento.

Hacen parte de este enfoque las siguientes metodologías y normativas:

- Decreto 190 de 2004 que establecía requisitos mínimos para el estacionamiento
- Decreto 364 de 2013 que establece requisitos máximos para el estacionamiento

- Estudios de rotación de la demanda de estacionamiento
- Metodología del Eno Center for Transportation ENO
- Metodología del Institute of Transportation Engineers ITE

Para esta parte de la metodología se hará uso de información secundaria para evaluar cada una de estas técnicas tradicionales en virtud de las siguientes razones: varios de estos métodos requieren insumos que son alcanzables a partir de otras fuentes de información (área del predio, área construida, población estudiantil, por ejemplo); también algunas de ellas simplemente ya han sido analizadas en estudios anteriores; y, su aplicación no significa ningún cambio en el análisis que siempre se ha efectuado en el estacionamiento de las universidades.

No se consideró la metodología desarrollada por el ULI relacionada con el estacionamiento compartido en virtud que el uso de suelo destinado a las universidades no presenta estas características de compatibilidad con otros usos, además porque esta metodología está orientada a ciertos usos como el de oficinas, ventas, hoteles, entretenimiento y residencial.

La finalidad de esta primera parte de la metodología es obtener cuánta sería la oferta de estacionamientos necesaria para los campus seleccionados según las técnicas tradicionales que se han identificado a través del estado del arte y que son las más utilizadas en la actualidad por los profesionales responsables de la planificación del estacionamiento.

## **4.2 Metodología para evaluar la planificación del estacionamiento bajo enfoques no tradicionales**

La revisión del estado del arte descrita en los subtítulos anteriores permiten ver un sinnúmero de variables que han tenido alguna relación significativa con la demanda de estacionamiento, ya sea para describir la atracción de viajes en vehículo particular o la reducción de estos viajes si se impone alguna restricción o estrategia para ello.

Son muchas las estrategias o acciones que pueden contribuir con el fin de reducir la dependencia hacia el automóvil identificadas a través del estado del arte. Lo importante dentro del análisis de la planificación del estacionamiento bajo el nuevo paradigma es establecer cuáles variables o cuáles medidas son relevantes para reducir la demanda de viajes motorizados hacia el campus. Para ello se pretende entonces, evaluar a través de una encuesta a los usuarios del estacionamiento en las universidades seleccionadas, las variables y las medidas que podrían contribuir a esta situación. Bien se sabe que la encuesta personal a usuarios es una manera de

recopilar información precisa para predecir el comportamiento de los viajeros en un sistema de transporte (Ortúzar, 2000).

A continuación se presentan las variables encontradas en la revisión literaria que pueden hacer parte de la encuesta a aplicarse en los campus universitarios que se seleccionan para tal fin.

Similar a la agrupación propuesta por Zhou (2012) se pueden resumir las siguientes variables que guardan relación con la demanda de estacionamiento de acuerdo a los siguientes factores o conjuntos:

1. Variables relacionadas con el entorno físico:
  - Clima
  - Estacionalidad
  - Topografía local
2. Variables relacionadas con el usuario:
  - Género
  - Edad
  - Tipo de población universitaria
  - Nivel educativo
  - Años de estudio en la universidad
  - Número de personas con quien viven
  - Número de hijos
  - Ubicación de compañeros de estudio cerca de la residencia
  - Disponibilidad del automóvil
  - Posesión de licencia de conducción
  - Tamaño del motor del vehículo
  - Permisos de estacionamiento
  - Ingresos mensuales
  - Tipos de usuario (esporádicos o permanentes)
  - Disponibilidad de la bicicleta
3. Variables relacionadas con el viaje:
  - Distancia entre el lugar de residencia y el campus
  - Tiempo de viaje entre el lugar de residencia y el campus
  - Hora del viaje
  - Tiempo de búsqueda del estacionamiento
  - Distancia entre el estacionamiento y el edificio de destino
  - Tiempo de caminata entre el estacionamiento y el edificio de destino
  - Número de paradas en el viaje de regreso
  - Uso del transporte público en el último mes
4. Variables relacionadas con la oferta de transporte:
  - Precio del estacionamiento
  - Precio del combustible
  - Cobro de peaje por congestión
  - Capacidad del estacionamiento
  - Tráfico vehicular
  - Estacionamiento vigilado
  - Sombra en el estacionamiento
  - Frecuencia del transporte público

- Paradas del servicio de transporte público cercano a la residencia
  - Proximidad a una línea directa de transporte público al campus
  - Disponibilidad, estado y seguridad vial de la infraestructura peatonal y de bicicletas
5. Variables relacionadas con estrategias TDM:
- Suministrar sombra al vehículo
  - Mejorar los accesos peatonales y la señalización del estacionamiento
  - Ofrecer servicio de transporte por parte de la universidad
  - Generar tarifas de estacionamiento
  - Asignar puestos de estacionamiento según la población universitaria (profesores, estudiantes, administrativos, personas en condición de discapacidad).
  - Promover la mayor ocupación en los vehículos (carpooling)
  - Reducir la subvención del estacionamiento
  - Subsidiar pasajes de transporte público
  - Ofrecer servicios de taxi compartidos
  - Dar dinero en efectivo en lugar del espacio de estacionamiento
  - Mejorar la oferta de transporte público hacia el campus
  - Ofrecer servicio de bicicletas a los usuarios del campus
  - Preferencias sobre el medio de transporte activo
  - Residencias para estudiantes cerca del campus
  - Cambiar el horario de actividades en el campus
  - Instalaciones sanitarias para los usuarios que se transportan en medios de transporte alternativos

Las variables identificadas en las experiencias mundiales que guardan relación con la demanda de estacionamiento son muchas y sería dispendioso, costoso y poco aplicable tratar de medirlas todas en esta investigación. Existen algunas de estas variables que se pueden descartar simplemente por su conveniencia de aplicación, por ejemplo, la variable estacionalidad fue escogida para analizar la influencia que tienen las distintas estaciones climáticas del año (primavera, verano, otoño, invierno) en la decisión del medio de transporte hacia el campus. Es claro que esta variable no sería de aplicación en un país ubicado en la zona intertropical del planeta Tierra como lo es Colombia. Lo mismo sucede con la topografía, el tamaño del motor, los permisos de estacionamiento, la sombra en el estacionamiento, los taxis compartidos, todas estas variables que respondan a características propias del usuario y del entorno físico donde se desarrollaron los estudios revisados.

Adicional a lo anterior, es conveniente tratar que la encuesta que se diseñe sea eficiente en términos de tiempo (no superior a los 10 minutos), que sea precisa en las variables que recopila, que no tenga muchas preguntas abiertas (no precodificadas), con información de viajes haciendo referencia a las actividades que las generaron y

encuestando a las personas mayores de 14 años preferiblemente (Ortúzar, 2000).

Realizando la selección de las variables más apropiadas para las universidades de la ciudad de Bogotá se conformó una encuesta a aplicar que se constituye en el insumo básico para registrar la información de los usuarios del estacionamiento en las universidades seleccionadas.

En la encuesta también se presentan preguntas según la agrupación de variables definida con anterioridad. La encuesta conformada para la Universidad Nacional contiene 28 preguntas de preferencias relevadas y 11 preguntas de preferencias declaradas asociados a las estrategias TDM. Por su parte, la encuesta conformada para la Universidad de los Andes contiene 19 preguntas de preferencias relevadas y 7 preguntas de preferencias declaradas asociados a las estrategias TDM. Como lo define Ortúzar (2000), las preguntas de preferencia revelada intentan registrar u observar el comportamiento real de los individuos y sus características principales, mientras que las preguntas de preferencias declaradas pretenden determinar el efecto de atributos relativamente subjetivos o difícilmente medibles. En el Anexo A se muestra la estructura de la encuesta aplicada en cada universidad.

Como se explicará más adelante esta situación en la cual no era posible aplicar exactamente la misma encuesta en ambas universidades y mediante el mismo método de recolección motivó a que la muestra fuera de tipo no probabilístico y por tanto todos los procedimientos y resultados deben estar enmarcados dentro de los métodos no probabilísticos.

### **4.3 Campus universitarios seleccionados**

La metodología para evaluar la planificación del estacionamiento bajo los dos enfoques históricos propuestos en esta investigación se aplicarán en dos universidades de la ciudad de Bogotá con el fin de obtener un punto de comparación entre dos poblaciones universitarias que tengan características que los diferencie significativamente entre sí.

Existen varios aspectos que limitan la escogencia de los campus a evaluar. En primer lugar, la existencia de campus universitarios en el área urbana de la ciudad de Bogotá que agrupan en un mismo sitio la siguiente definición son escasos, "espacio urbano donde se desarrolla sus actividades, en el que se encuentra situado un conjunto de edificios universitarios, destinados a la docencia, la investigación, el desarrollo tecnológico o a la prestación de servicios" (Universidad Politécnica de Madrid, 2011, p. 4). En la ciudad es común encontrar un sinnúmero de universidades que presentan sedes alejadas varios kilómetros entre sí, con programas

académicos distintos en cada sede e incluso con sedes en el centro de la ciudad y en la periferia del casco urbano.

Los campus universitarios que poseen un espacio único donde se unifiquen la mayoría de sus actividades académicas, investigativas y administrativas, misionales y no misionales, sin sedes dispersas por la ciudad, dentro del espacio urbano de Bogotá son limitados. Podríamos incluir apenas la Universidad Nacional de Colombia, la Universidad de los Andes y la Pontificia Universidad Javeriana. De ahí que, los campus a seleccionar que presenten estas características son bastantes pocos en comparación con la cantidad de universidades registradas en la ciudad.

Para la investigación se seleccionaron la Universidad Nacional de Colombia y la Universidad de los Andes dado que son dos campus universitarios que presentan las siguientes características:

**Tabla 4-1:** Características campus objeto de estudio

		U. ANDES	U. NACIONAL
<b>Tipología por carácter</b>		Privada	Oficial
<b>Población universitaria<sup>3</sup></b>			
Estudian tes	Pregrado	13.156	23.681
	Especialización	872	1.234
	Maestría	2.740	4.217
	Doctorado	355	656
Subtotal		17.123	29.788
Profesor es	Tiempo completo	610	1.963
	Ocasionales	0	743
	Cátedra	840	0
	En desarrollo	69	0
Subtotal		1.519	2.706
Administrativos		1.337	1.942
Total población		19.979	34.436
<b>Programas académicos</b>			
Facultades		9	11
Pregrado		32	49
Especialización		38	88
Maestría		47	95
Doctorado		15	31
Total programas		132	263
<b>Infraestructura física<sup>4</sup></b>			
Área campus (m2)		99.000	1.265.300
Área construida (m2)		163.370	398.316
Edificios		67	122
Estacionamientos		718	1.213

Fuente: Elaboración propia con base en referencias descritas en el pie de página

<sup>3</sup> Tomado de Universidad de los Andes (2014) con datos correspondientes al año 2013 y Universidad Nacional de Colombia (2013) con datos correspondientes al año 2012.

<sup>4</sup> Tomado de Universidad de los Andes (2014) y Universidad Nacional de Colombia (2004)

La Universidad Nacional de Colombia (UN) es una universidad pública y autónoma de orden nacional colombiana establecida en 1867. Por su parte, la Universidad de los Andes (Uniandes) es una universidad privada colombiana fundada en 1948.

Los campus seleccionados presentan poblaciones universitarias de gran tamaño por encima de las 19.000 personas, sin embargo, se notan claras diferencias en el tamaño de la infraestructura física la cual es superior para la UN, figurando una mayor capacidad instalada que se traduce en una cantidad considerable de programas académicos ofrecidos y un mayor número de población universitaria. Sin embargo, dado la naturaleza de su financiación y los costos de permanencia que comprenden cada una, los estudiantes que ingresan a cada institución son de hecho bien diferentes en términos socioeconómicos. El costo de la matrícula promedio en pregrado es 18 veces superior para la Uniandes en comparación con la misma matrícula registrada en el campus de la UN, lo cual es un factor determinante en la caracterización de los estudiantes de cada campus.

## 5. PLANIFICACIÓN DEL ESTACIONAMIENTO BAJO LOS ENFOQUES TRADICIONALES

En el presente capítulo se desarrollará la planificación del estacionamiento de los dos campus universitarios seleccionados bajo los métodos, procedimientos y estudios que hacen parte del enfoque tradicional o viejo paradigma de la planificación.

Como se definió en el capítulo 4.1 se determinarán las necesidades de estacionamiento y se identificarán las principales variables involucradas en cada enfoque tradicional. Los métodos que hacen parte del viejo paradigma de la planificación que se usarán en el capítulo son las siguientes:

- Decreto 190 de 2004 que corresponde a la normativa con la cual se aprobaron la totalidad de estudios de tránsito de universidades en la ciudad de Bogotá hasta el día de elaboración de la presente investigación. Se incluirá un análisis de la oferta necesaria a partir de lo estipulado en el nuevo Decreto, el 364 de 2013.
- Estudios de rotación de placas de estacionamientos, que se constituyen en la técnica tradicional para evaluar las necesidades de estacionamiento en los estudios de tránsito a nivel local y nacional.
- Metodología del Eno Center for Transportation ENO
- Metodología del Institute of Transportation Engineers ITE

A continuación se describe el procedimiento y resultado de cada enfoque tradicional en los dos campus universitarios seleccionados para la evaluación de la planificación del estacionamiento.

### 5.1 Estacionamiento a partir del Plan de Ordenamiento Territorial

La oferta de estacionamiento que se dimensiona generalmente a través de estudios de tránsito debe evaluar y cumplir los requisitos que se dispongan en el ámbito normativo, específicamente en el Plan de Ordenamiento Territorial de la ciudad. En seguida se muestran los principales resultados que se obtendrían si se aplican las disposiciones en torno al estacionamiento que brindan el Decreto 190 de 2004 y el Decreto 364 de 2013.

### 5.1.1 Estacionamiento según Decreto 190 de 2004

El Decreto 190 de 2004 describe el procedimiento para establecer la oferta mínima de estacionamiento que deben proporcionar los proyectos urbanísticos, en este caso las universidades, a partir de tres variables que se describen a continuación:

1. Escala del proyecto: las universidades se ubican dentro de la escala metropolitana según el Decreto 430 de 2005 si poseen más de 1.500 estudiantes. En otras palabras, la escala de la universidad está asociada al número de estudiantes.
2. Área construida generadora de estacionamiento: esta área se divide en área destinada a estacionamientos privados y área destinada a estacionamientos de visitantes. La primera se calcula con base en las áreas administrativas y la segunda con base en las áreas generadoras de estacionamientos descontando las áreas administrativas, es decir, son las áreas de aulas de clase, bienestar social, salas de lectura, salas de exposiciones, excluidos los servicios complementarios.
3. Ubicación de la universidad dentro de la ciudad: asociado a las zonas normativas por demanda de estacionamientos que cubren toda la ciudad las cuales "agrupan" necesidades de aparcamiento similares. En total son 4 zonas asociadas a una letra: A (Alta demanda), B (Media demanda), C (Media baja) y D (Baja demanda).

Considerando el número de estudiantes que poseen ambas universidades (Nacional y Andes), su ubicación dentro de las zonas normativas por demanda de estacionamiento (ZNDE), los valores de áreas construidas administrativas y áreas generadoras de estacionamientos en cada campus, tenemos lo siguiente:

**Tabla 5-1:** Cálculo de oferta de estacionamiento - Decreto 190 de 2004

Parámetro		U. Andes	U. Nacional
A	Estudiantes	17.123	29.788
B	Escala universidad	Metropolitana	Metropolitana
C	Ubicación en ZNDE	C	B
D	Factor de oferta por ZNDE	1 x 100 m <sup>2</sup>	1 x 60 m <sup>2</sup>
E	Área construida (m <sup>2</sup> )	163.370	398.316
F	Factor área generadora <sup>5</sup>	NA	70%
G	Áreas administrativas (m <sup>2</sup> )	11.687	25.633
H	Área generadora visitantes (m <sup>2</sup> )	126.383	277.194
I	Estacionamientos privados = G / 100 (factor D)	117	427
J	Estacionamientos visitantes = H / 100 (factor D)	1.264	4.620
K	Estacionamientos totales = I + J	1.381	5.047
L	Área necesaria (m <sup>2</sup> ) = K x 12,5	17.259	63.089

Fuente: Elaboración propia a partir de Decreto 190 de 2004

Según el Decreto 190 de 2004, la oferta mínima de estacionamiento que debe proporcionar cada universidad dadas las condiciones de ubicación y áreas construidas que posee cada una, es de 1.381 estacionamientos para la Universidad de los Andes y 5.047 estacionamientos para la Universidad Nacional, que comprende el conjunto de espacios destinados a usuarios privados y usuarios visitantes.

Estos resultados son cuantiosos por donde se les mire para ambas instituciones, la Universidad de los Andes actualmente ofrece 718 cupos para aparcamiento al interior de su campus mientras que la Universidad Nacional ofrece menos de 1.600. Esto quiere decir que la exigencia de cupos mínimos de la normativa supera hasta en un 192% y un 416% la oferta actual de estacionamiento de los Andes y la Nacional respectivamente.

Incluso en los estudios de tránsito de ambas universidades quienes elaboraron los informes son conscientes de que dichos valores que se obtienen a partir de la normativa son onerosos y desproporcionados en relación con la capacidad física de los campus. Esto se deja ver en el estudio de los Andes cuando adicionan a la oferta de estacionamientos de la universidad, los cupos de estacionamiento públicos que se encuentran en el área de influencia del campus para completar la exigencia mínima del Decreto. En el

<sup>5</sup> La relación entre el área generadora de estacionamientos y el área total construida presentada en los estudios de tránsito de las universidades locales estuvo entre un 63% y un 77%. Por tanto, para la Universidad Nacional se optó un valor central del 70% para hallar el área generadora de estacionamiento.

caso de la Nacional se nota al verificar que dicho cálculo fue evadido y no se presenta en ninguna parte del informe.

Si se supone que el área necesaria para proporcionar estos cupos de estacionamiento es toda en superficie, para el caso de la Universidad de los Andes se obtiene que representa un 17% del área total del campus, lo cual es de hecho un valor alto que como lo comenta el propio estudio de tránsito, podría ser aprovechable por otros usos más representativos de sus funcionales misionales como aulas de clase o laboratorios.

Para el caso de la Universidad Nacional dicha exigencia de cupos (si se fijarán en superficie) representarían el 5% de toda la extensión del campus que aunque es un valor pequeño en términos porcentuales, no lo es en términos absolutos del área requerida.

### **5.1.2 Estacionamiento según Decreto 364 de 2013**

Aunque los lineamientos del Decreto 364 de 2013 en términos de movilidad afirman que están basados en la búsqueda de una movilidad sostenible, con el fin de reducir los viajes en transporte individual y particular, y considerando que según el Artículo 289 no es necesario que los proyectos urbanísticos dispongan de manera obligatoria de espacios del estacionamiento, en la presente investigación se considera que los resultados derivados de su aplicación hacen parte del enfoque tradicional porque representan cuantiosas cantidades de área destinada al estacionamiento.

Aunque esta modificación excepcional del POT de la ciudad de Bogotá tuvo un elemento de cambio fundamental para evaluar el estacionamiento, pasando de un esquema de cupos mínimos necesarios a cupos máximos permitidos, es claro que los patrocinadores y responsables de los proyectos urbanísticos de la ciudad estarán tentados de ofrecer lugares para el aparcamiento de vehículos porque eso representa una tradición en el desarrollo urbano de la ciudad y porque puede ofrecerse al comprador como una ventaja comercial. Pensar en que debido al nuevo decreto los desarrollos urbanísticos de la ciudad no van a suministrar estacionamiento sería considerar una situación poco realizable.

Esto implica que seguramente a pesar del cambio en el enfoque del estacionamiento los desarrolladores evaluarán cuánta es la cantidad de estacionamiento máxima que podrían ofrecer en sus proyectos según la actual normativa.

En este caso, a partir del Decreto 364 de 2013 la determinación del área máxima de estacionamiento contempla una única variable:

1. Área de terreno: que corresponde a la que tiene antes de descontar las cargas urbanísticas.

Considerando el coeficiente o factor que se establece en el Artículo 289 del decreto en cuestión, se tienen los siguientes resultados que determinarían la oferta máxima de estacionamiento para las universidades seleccionadas.

**Tabla 5-2:** Cálculo de oferta de estacionamiento - Decreto 364 de 2013

Parámetro		U. Andes	U. Nacional
A	Uso	Dotacional	Dotacional
B	Factor área máxima permitida	0,7	0,7
C	Área del predio (m <sup>2</sup> )	99.000	1.265.300
D	Área máxima estacionamiento (m <sup>2</sup> ) = B X C	69.300	885.710
E	Cupos de estacionamiento = D / 28 m <sup>2</sup>	2.475	31.633

Fuente: Elaboración propia a partir de Decreto 364 de 2013

Según el Decreto 364 de 2013, la oferta máxima de estacionamiento que podría proporcionar cada universidad es de 2.475 estacionamientos para la Universidad de los Andes y 31.633 estacionamientos para la Universidad Nacional, que comprende el conjunto de espacios destinados a usuarios privados y usuarios visitantes.

El cupo de estacionamiento se calculó considerando un espacio necesario de 28 m<sup>2</sup> por cada cajón lo cual contempla el área necesaria para la circulación vehicular, de maniobra y rampas (Alcaldía Mayor de Bogotá, 2013).

Estos resultados son llamativos pues resultan en contradicción con la premisa del Decreto que pretende dar lineamientos que reduzcan la dependencia del automóvil. Si bien, ahora no es necesario brindar cupos de estacionamiento y se puede ofrecer una cantidad de cupos que sea inferior a la calculada, a pesar de ser requerimientos máximos no deberían ser tan elevados pues al fin y al cabo si el desarrollador del proyecto se ciñe a la norma está en pleno derecho de ofrecer esta cantidad de estacionamientos.

Los resultados son tan desmedidos que hacen pensar que los factores contemplados en el decreto están mal dispuestos o que es necesaria una reevaluación de este aspecto por parte de la Administración Distrital. Los cupos de estacionamiento obtenidos son superiores a los que se determinaron con el decreto derogado lo cual hace pensar en una inconsistencia normativa. La exigencia de cupos máximos de la normativa supera hasta en un 345% y en más del 2.000% la oferta actual de estacionamiento de los Andes y la Nacional respectivamente.

No cabe duda que a pesar de las nuevas consideraciones del Decreto 364 de 2013 en relación el decreto derogado, su aplicación en el

caso de las universidades sigue motivando la disposición de un gran número de cupos de estacionamiento que afectan considerablemente los propósitos de propender por una movilidad más sostenible en la ciudad.

## 5.2 Estacionamiento a partir de estudios de rotación de placas

El estudio de rotación de placas es el procedimiento más utilizado por los ingenieros para evaluar la planificación del estacionamiento en cualquier proyecto urbanístico incluido los campus universitarios.

El procedimiento consiste en registrar las placas de los vehículos que entran y salen de cada estacionamiento en períodos de 15 minutos, para con esto determinar la rotación del estacionamiento, el tiempo de permanencia de cada vehículo, la acumulación en cada franja horaria, entre otros parámetros operacionales.

Como se comentó, este tipo de estudio analiza las necesidades del estacionamiento únicamente a partir del comportamiento vehicular que se presente en el área de estudio. Las variables que se consideran en este caso son las siguientes:

1. Cantidad de vehículos que allegan al estacionamiento
2. Tiempo de entrada y salida de cada vehículo
3. Capacidad del estacionamiento

A continuación se presentan los resultados principales del estudio de rotación de placas realizado en cada universidad:

**Tabla 5-3:** Cálculo de oferta de estacionamiento - Rotación de placas

Parámetro	U. Andes	U. Nacional
Total vehículos (Ntt)	846	5.468
Duración de estacionamiento min. (De) = $60 * (Nth/Ntt)$	334	239
Capacidad (Qc)	463	1.600
Índice de rotación (Ir) = $Ntt / Qc$	1,83	3,42
Índice de rotación horaria (Irh) = $( Ir / Th)$	0,14	0,23
Entrada máxima horaria	138	684
Ocupación máxima horaria	395	1.516
Fecha del estudio de rotación de placas	17/Nov/2010	14/Mar/2012

Fuente: Universidad de los Andes (2012) y Universidad Nacional de Colombia (2012)

En la Universidad Nacional ingresan diariamente 5.468 vehículos al campus con una duración promedio de permanencia de 239 minutos y un índice de rotación de 3,42 vehículos a lo largo del día en un mismo cupo de estacionamiento. Por su parte, en la Universidad de los Andes ingresan 846 vehículos diariamente con una duración

permanencia en el campus de 334 minutos y un índice de rotación de 1,83.

Esto quiere decir que en la Nacional existe una mayor rotación o utilización del estacionamiento y una menor permanencia en el aparcamiento por parte de los vehículos. Mientras en la Nacional un espacio de estacionamiento es utilizado diariamente por más de tres vehículos, en los Andes es utilizado por menos de dos vehículos.

La ocupación del estacionamiento en la hora de máxima demanda es del 85% en el caso de los Andes y del 95% en el caso de la Nacional.

Si utilizamos la ecuación 1 que se usa comúnmente para estimar la oferta necesaria de estacionamiento en condiciones futuras en los estudios de tránsito tenemos que el número de parqueaderos necesarios en función del área construida es del 0,24% para la Universidad de los Andes y del 0,38% para la Universidad Nacional (Máxima ocupación horaria dividida el área construida actual).

$$\text{Número de parqueaderos Andes} = 0,24\% \times \text{Área construida futura (Ec. 3)}$$

$$\text{Número de parqueaderos Nacional} = 0,38\% \times \text{Área construida futura (Ec. 4)}$$

Estas ecuaciones traducen que por cada 414 m<sup>2</sup> de área nueva construida en los Andes se debe suministrar un cupo de estacionamiento, y en el caso de la Nacional que por cada 263 m<sup>2</sup> de área nueva construida se debe suministrar un cupo de estacionamiento.

Teniendo en cuenta los resultados del estudio de registro de placas y el área construida de cada campus, los dos factores anteriores serían suficientes para determinar la oferta mínima de estacionamiento a suministrar en casos de expansión de la planta física de cada universidad.

### **5.3 Estacionamiento a partir de metodología Eno Center For Transportation**

Whitlock (1982) publicó un análisis para la planificación del estacionamiento en hospitales, universidades y centros de convenciones, y estableció una fórmula algebraica (Ecuación 2) a partir de las observaciones que registró en varias de estas instituciones con la cual es posible establecer los espacios necesarios de estacionamiento.

Las variables que considera dicha ecuación son las siguientes:

1. Población total de estudiantes.
2. Población total de personal universitario (administrativos, profesores, empleados y visitantes).

3. Asistencia de la población universitaria en un día laborable.
4. Factor de acumulación vehicular en la hora pico.
5. Porcentaje de estudiantes y administrativos que llegan en vehículo al campus

Las variables relacionadas con la población universitaria son fácilmente encontradas en los boletines estadísticos de cada universidad. La asistencia de población en un día laborable pico es estimable a partir de los estudios de volúmenes no motorizados con que cuenta cada institución. El porcentaje de viajes en vehículo hacia el campus también se puede obtener de fuentes secundarias específicamente de los estudios de tránsito y transporte que realizan las universidades periódicamente. Tal vez el único factor que requiera de un estudio específico es el de acumulación vehicular en la hora pico.

Teniendo en cuenta la ecuación 2 se puede obtener, a partir de la información asociada a las cinco variables definidas en la metodología ENO, cuáles serían las necesidades de estacionamiento en cada campus universitario.

En este caso la fórmula descrita en la ecuación número 2 debe calcularse para los dos grupos poblacionales que considera la metodología. Un grupo correspondiente a los estudiantes (tanto de pregrado como de posgrado) y otro grupo correspondiente al personal (que contiene los profesores, administrativos y visitantes).

La Tabla 5-4 resume los cálculos y valores necesarios para determinar la oferta de estacionamientos para estudiantes necesaria en cada campus de acuerdo a la metodología ENO.

Para el grupo poblacional de estudiantes los resultados difieren en 1.201 plazas de estacionamiento superior en el caso de la Universidad de los Andes. Aunque la fórmula es proporcional al número de estudiantes (valor superior para la Universidad Nacional) también es proporcional al factor de tenencia del vehículo particular. Este factor claramente es mayor para el caso de los Andes, pues el 28% de sus estudiantes llegan en vehículo al campus según el estudio de tránsito realizado en el año 2010. Por su parte, el 9,2% de los estudiantes de la Universidad Nacional llegan en vehículo al campus.

**Tabla 5-4:** Cálculo de oferta de estacionamiento estudiantes -  
Metodología ENO

Parámetros estudiantes		Andes	Nacional	Observaciones
P	Población total estudiantes en el día	17.123	29.788	Total estudiantes
C	% de estudiantes viajeros que no son considerados como parte de administrativos ni profesores	1,000	1,000	Se adopta 100%
W	% de la población total que se espera llegue durante el día laborable pico de 07:00 a 16:00 horas	0,849	0,834	Andes: Estiman un arribo de 14.539 personas en un día (Universidad de los Andes, 2012) Nacional: Calculado a partir de estudio (Universidad Nacional de Colombia, 2012)
F	Factor de acumulación en la hora pico para los estudiantes que utilizan autos en las instalaciones	0,672	0,672	Andes: Promedio recomendado por Whitlock (1982) Nacional: Promedio recomendado por Whitlock (1982)
A	% de estudiantes viajeros que llegan como conductores	0,280	0,092	Andes: Valor estudio (Universidad de los Andes, 2012) UN: Tesis Pereira y Flórez (1999)
R	Espacios de estacionamiento estudiantes	2.736	1.535	= P x C x W x F x A

Fuente: Elaboración propia

La Tabla 5-5 muestra los cálculos y valores necesarios para determinar la oferta de estacionamientos para el personal necesaria en cada campus de acuerdo a la metodología ENO.

Para el grupo poblacional de personal universitario los resultados difieren en 1.194 plazas de estacionamiento a favor de la Universidad Nacional. Esto se debe básicamente a que el número de personal administrativo es superior para la universidad oficial y también porque el porcentaje de este grupo poblacional que llega en vehículo al campus es también superior para la universidad pública analizada.

**Tabla 5-5:** Cálculo de oferta de estacionamiento personal - Metodología ENO

Parámetros personal		Andes	Nacional	Observaciones
P	Población total personal en el día	2.856	4.648	Total profesores y administrativos
C	% de personal viajero que no es considerado como parte de estudiantes	1,000	1,000	Se adopta 100%
W	% de la población total que se espera llegue durante el día laborable pico de 07:00 a 16:00 horas	0,849	0,834	Andes: Estiman un arribo de 14.539 personas en un día (Universidad de los Andes, 2012) Nacional: Calculado a partir de estudio (Universidad Nacional de Colombia, 2012)
F	Factor de acumulación en la hora pico para el personal que utiliza auto en las instalaciones	0,672	0,672	Andes: Promedio recomendado por Whitlock (1982) Nacional: Promedio recomendado por Whitlock (1982)
A	% de personal viajero que llegan como conductor	0,348	0,635	Andes: Valor estudio (Universidad de los Andes, 2012) UN: Tesis Pereira y Flórez (1999)
R'	Espacios de estacionamiento profesores y administrativos	568	1.653	= P x C x W x F x A
R''	Espacios de estacionamiento visitantes	57	165	Corresponde al 10% de plazas para personal
R	Espacios de estacionamiento personal	624	1.818	Estacionamiento profesores, administrativos y visitantes = R' + R''

Fuente: Elaboración propia

Las plazas totales necesarias para el estacionamiento en cada campus universitario contemplando las necesidades de estudiantes, profesores, administrativos y visitantes según la metodología ENO resultan de sumar los resultados de las dos tablas anteriores:

**Tabla 5-6:** Cálculo de oferta de estacionamiento total - Metodología ENO

Parámetro	Andes	Nacional
Cupos de estacionamiento	3.360	3.353
Área necesaria para estacionamiento (m <sup>2</sup> )	42.000	41.913

Fuente: Elaboración propia

La oferta de estacionamiento resultante de la aplicación de la metodología establecida por Whitlock (1982) es similar para las dos universidades analizadas. Las plazas necesarias para el aparcamiento

son cuantiosas en términos cuantitativos y en comparación con la oferta actual de cada campus. Para el caso de los Andes significa un aumento del 468% del cupo de estacionamientos actual mientras que para la Universidad Nacional representaría un aumento del 276%.

Si todos los estacionamientos se consideraran en superficie representarían necesidades de terreno cercanas a los 42.000 m<sup>2</sup> para ambas universidades. Estos requerimientos de área disponible representarían el 42% del área total del campus para los Andes y el 3% para la Nacional. Proyectar estos valores de estacionamientos en ambas universidades reflejaría la adopción de un modelo totalmente dependiente del automóvil. Los costos ambientales de tales magnitudes de estacionamiento serían elevados.

Estos resultados demuestran que la metodología ENO hace parte del enfoque tradicional o viejo paradigma de la planificación donde se busca ofrecer tantos cupos de estacionamiento de tal manera que la ocupación nunca sobrepase el 100% y sin pensar en el costo del aparcamiento.

## **5.4 Estacionamiento a partir de metodología Institute of Transportation Engineers**

La metodología desarrollada por el ITE (1985) permite predecir las necesidades de estacionamiento en campus universitarios ubicados en áreas urbanas y suburbanas a partir de observaciones registradas en universidades de Norte América.

En este caso específico la demanda de estacionamientos se calcula a partir de la población universitaria, que se considera como el total de estudiantes, profesores y administrativos.

Los coeficientes obtenidos para el caso de universidades urbanas consideran que la demanda de estacionamientos promedio en el período de máxima demanda es de 0,22 vehículos por población universitaria con una desviación estándar de 0,07. El número de vehículos estacionados se puede predecir mediante la siguiente ecuación de regresión lineal.

$$\text{Vehículos estacionados en la HMD} = 0,17 \times \text{población universitaria} + 327 \text{ (Ec.5)}$$

La ecuación anterior tiene un coeficiente de correlación R<sup>2</sup> del 75% que explicaría el estacionamiento observado en el 75% de los casos, sin embargo, dado el pequeño tamaño de la muestra de donde se obtuvo el análisis (tan solo cinco) puede que no resulte ser muy significativo.

Las variables que se tienen en cuenta para este proceso de planificación del estacionamiento según la metodología ITE son las siguientes:

1. Localización dentro de área urbana o suburbana de la ciudad.
2. Población universitaria (total estudiantes, profesores y administrativos).

Los cálculos de la demanda de estacionamiento a partir de la metodología del ITE en los dos campus de la ciudad de Bogotá se muestran a continuación.

**Tabla 5-7:** Cálculo de oferta de estacionamiento - Metodología ITE

Parámetro		Andes	Nacional
A	Localización	Urbana	Urbana
B	Población universitaria	19.979	34.436
C	Coefficiente demanda de estacionamientos HMD	0,22	0,22
D	Fórmula demanda de estacionamientos HMD	Ecuación 5	Ecuación 5
E	Espacios de estacionamiento por coeficiente = B X C	4.395	7.576
F	Espacios de estacionamiento por fórmula = 0,17 X B + 327	3.723	6.181
G	Área necesaria estacionamientos por coeficiente (m <sup>2</sup> ) = E X 25	54.942	94.699

Fuente: Elaboración propia

Los valores obtenidos de espacios necesarios para el estacionamiento a partir del coeficiente y de la fórmula varían entre un 15% y un 19%. Quien vea estos coeficientes estaría tentado de usar el valor obtenido a partir del coeficiente y no de la fórmula pues la manera como es mostrado al lector genera mayor confianza al hablar de demanda de estacionamiento y no de vehículos estacionados.

Los resultados son onerosos para ambas universidades si se considera que sobrepasan los valores de oferta de estacionamientos suministrados actualmente por cada campus. Para el caso de los Andes significa un aumento del 612% del cupo de estacionamientos actual mientras que para la Universidad Nacional representaría un aumento del 625%.

Si todos los estacionamientos se consideraran en superficie representarían necesidades de terreno cercanas a los 55.000 m<sup>2</sup> para la Universidad de los Andes y de 94.700 m<sup>2</sup> para la Universidad Nacional. Estos requerimientos de área disponible significan el 55% del área total del campus para los Andes y el 7% para la Nacional. Proyectar estos valores de estacionamientos en ambas universidades

sería optar por un modelo de campus que estimula abiertamente los viajes en vehículo particular.

Estos resultados demuestran que la metodología ITE hace parte del enfoque tradicional o viejo paradigma de la planificación donde se busca ofrecer tantos cupos de estacionamiento de tal manera que la ocupación nunca sobrepase el 100% y sin pensar en el costo del aparcamiento.

Si bien los coeficientes y la fórmula proporcionada por el ITE provienen de observaciones de universidades ubicadas en Norte América donde las condiciones de movilidad, transporte y socioeconómicas de los usuarios son distintas a las de la ciudad de Bogotá, se han utilizado en este caso debido a la aceptación mundial que ha tenido este manual por mucho tiempo y por ser un referente investigativo en la planificación del estacionamiento por varias décadas.

## 6. PLANIFICACIÓN DEL ESTACIONAMIENTO BAJO LOS ENFOQUES NO TRADICIONALES

En el presente capítulo se muestra el procedimiento realizado para efectuar el análisis de la planificación del estacionamiento bajo enfoques no tradicionales o bajo el nuevo paradigma de la planificación. Como fue planteado en la metodología del trabajo se pretende examinar cuáles son las variables más representativas y las estrategias TDM que pueden contribuir con el objetivo de reducir la demanda de estacionamientos en ambos campus universitarios.

Para este fin se conformó una encuesta para cada campus universitario agrupando variables relacionadas con el entorno físico, con el usuario, el viaje, la oferta de transporte y las estrategias TDM tal como se definió en el capítulo 4.2.

En ambas encuestas se preguntó prácticamente lo mismo, la diferencia radicó en tres aspectos: i) el método de recolección de la información; ii) el número total de preguntas y; iii) la existencia o no de ciertas situaciones en los dos campus. Ambos aspectos se justifican en las siguientes situaciones:

1. El método de recolección de las encuestas fue diferente y no había manera de que fuera el mismo debido a que los campus analizados manejan políticas de seguridad y administración completamente diferentes. Mientras en la Universidad Nacional puede ingresar cualquier persona con su vehículo (ajena a la institución) prácticamente en cualquier momento del día, en la Universidad de los Andes esta situación no se presenta, pues existen estacionamientos destinados únicamente a la comunidad universitaria, es decir, existe control de acceso a los mismos.
2. Considerando que en la Universidad Nacional no existe una base de datos de los usuarios del estacionamiento la encuesta en línea (mediante correo electrónico) no era la mejor opción. Adicional a esto, las políticas recientes de la universidad están limitando el acceso a las encuestas en línea con lo cual no era posible llegar mediante este medio a toda la población objetivo.
3. Aprovechando que la Universidad de los Andes sí posee un listado de todas las personas que usan el estacionamiento en el campus, considerando que dicha institución no permite la realización de encuestas personales al interior de los aparcamientos y que la comunidad uniandina se encuentra acostumbrada a la aplicación de encuestas mediante el correo institucional, esta era la mejor y única opción para recolectar la información.

4. Considerando que la Universidad de los Andes no permite el acceso a la base de datos de los usuarios del estacionamiento a ninguna persona ajena a la Gerencia del Campus, el envío de la encuesta y la selección de los usuarios fue ajena al investigador y de manera no probabilística. Así mismo, la Gerencia del Campus limitó la aplicación de la encuesta a un número de preguntas más reducido en comparación con el total de preguntas realizadas en la encuesta aplicada en la Nacional.
5. Existen ciertas estrategias TDM que se aplican desde hace tiempo en la Universidad de los Andes al momento de elaborar la investigación, por tanto no fueron preguntadas de manera similar en ambas encuestas. Por ejemplo, el cobro del estacionamiento se realiza en este campus y hace parte de los ingresos de la institución mientras que en la Universidad Nacional es gratuito. Otro ejemplo, sería la estrategia de carro compartido la cual es aplicada actualmente por los usuarios uniandinos de manera organizada mediante un portal institucional disponible en la web, a diferencia de la Nacional donde no existen aún tales iniciativas.

Es resumen, en la Universidad Nacional se aplicó una encuesta de tipo personal en los estacionamientos del campus mientras que en la Universidad de los Andes se aplicó una encuesta mediante correo electrónico. En la primera se recopiló información de 37 variables y en la segunda de 25 variables, es decir que se obtuvo información de 25 variables que pueden ser comparables en ambas universidades.

Las situaciones anteriores condicionaron que la mejor manera de afrontar el muestreo, análisis, procesamiento y resultados de las encuestas era un método no probabilístico. En estos métodos la elección de los individuos no depende de que todos tienen la misma probabilidad de ser elegidos, sino de la decisión del investigador.

Según Hernández et al (1991) las muestras no probabilísticas tienen algunas desventajas y ventajas. Por un lado, "los datos no pueden generalizarse a una población, que no se consideró ni en sus parámetros, ni en sus elementos para obtener la muestra" (p. 278), es decir, que los resultados de los análisis sólo pueden ser referidos a la población muestreada pero no se pueden hacer inferencias al resto de la población. Por otro lado, tiene una ventaja importante y es su utilidad para el diseño del estudio, pues no requiere de una "representatividad de elementos de una población, sino de una cuidadosa y controlada elección de sujetos con ciertas características especificadas previamente en el planteamiento del problema" (p. 278).

Puede decirse que el método no probabilístico usado en la investigación considera una muestra por conveniencia donde se ha realizado un esfuerzo deliberado por obtener muestras

representativas mediante la inclusión en la muestra de grupos supuestamente típicos (Morales, 2012).

Las encuestas por tanto tienen la intención de recolectar información en dos tipos de preguntas:

- a) Las de tipo preferencia revelada pretenden recoger información relacionadas con las características del usuario, el viaje y la oferta de transporte y el entorno físico.
- b) Las de tipo preferencia declarada pretenden recoger información relacionada con la disposición a usar las estrategias TDM y abandonar el vehículo como medio de transporte al campus.

Las estrategias TDM que se incluyeron en la encuesta a partir de la literatura encontrada, de las experiencias mundiales y locales, que estuvieran al alcance de la administración de la universidad y la administración distrital, y considerando una encuesta de fácil aplicación, fueron:

1. Suministrar transporte público (PuT) exclusivamente a la población universitaria en horas pico con intervalos de 30 minutos administrado por la universidad.
2. Cobrar por el estacionamiento una tarifa plana de \$1.000 hora.
3. Cobrar por el estacionamiento una tarifa plana de \$3.000 hora (precio promedio del mercado en el área de influencia ó \$50 minuto).
4. Promocionar el carpooling (viaje compartido en automóvil) con miembros de la comunidad universitaria y con un incentivo en la reducción de la tarifa del estacionamiento.
5. Subsidiar un pasaje diario del transporte público.
6. Subsidiar dos pasajes diarios del transporte público.
7. Aumentar o mejorar la oferta del Sistema Integrado de Transporte Público SITP de la ciudad hacia el campus, con servicios que finalicen su recorrido en las inmediaciones del campus.
8. Implementar un sistema de préstamos de bicicletas gratuito para transportarse desde el hogar al campus.
9. Modificar el horario de inicio de actividades de la universidad a una hora antes del período de mayor congestión de la ciudad, es decir, a las 06:00 am.
10. Modificar el horario de inicio de actividades de la universidad a una hora después del período de mayor congestión de la ciudad, es decir, a las 09:00 am.
11. Implementar cicloparqueaderos cubiertos, vigilados y con duchas adecuadas para motivar los viajes a pie y en bicicleta.

Es claro que podían agruparse la estrategia 2 con la 3, la 5 con la 6, y la 9 con la 10, sin embargo, se consideró conveniente desagregar estas estrategias para verificar su efectividad de acuerdo a

distintas categorías y también porque representan estrategias nuevas por completo en el campus de la UN.

A continuación se explican los fundamentos de la técnica estadística utilizada para el análisis de la planificación del estacionamiento bajo enfoques no tradicionales considerando una muestra no probabilística. Posterior a ello, se presentan los resultados para cada universidad analizada.

## 6.1 Análisis de correspondencias – Técnica multivariada

Las técnicas de análisis multivariadas que se denotan como AM “tratan con datos asociados a conjuntos de medidas sobre un número de individuos u objetos” (Díaz y morales, 2001, p. 12). El conjunto de individuos y sus respectivas variables pueden configurarse de manera matricial, considerando que las filas corresponden a individuos y las columnas a cada una de las variables analizadas.

Las técnicas multivariadas pueden ser clasificadas a partir de la consideración de que los objetivos del análisis y el tipo de datos obtenidos sugieren el tratamiento de la información. Según este enfoque las AM pueden clasificarse en: simplificación de la estructura de datos, clasificación, interdependencia, dependencia, y formulación y pruebas de hipótesis (Díaz y Morales, 2011).

Dentro de esta clasificación, los métodos de interdependencia “buscan el cómo y el por qué se relacionan o asocian un conjunto de variables” (Díaz y Morales, 2011, p. 16). Dentro de los métodos de interdependencia existe el análisis de correspondencias el cual es bastante útil según la información capturada en la encuesta.

De acuerdo a la información recolectada en las encuestas aplicadas en los campus universitarios es posible construir matrices de datos con filas y columnas asociadas a variables categóricas que tengan como entrada la frecuencia absoluta o relativa de los individuos que toman valores en cada una de las posibles modalidades. Es decir, es posible construir una tabla de contingencias que consiste en “una tabla de doble entrada, donde en cada casilla figurará el número de casos o individuos que poseen un nivel de uno de los factores o características analizadas y otro nivel del otro factor analizado” (Vicéns y Medina, 2005, p. 1).

Un tipo de análisis de información recolectada en filas y columnas es posible precisamente a través del análisis de correspondencias el cual es denotado en los libros de estadística como AC. Según Lebart et al. (1984, c.p. Díaz y Morales, 2011, p. 438) esta técnica “puede ser vista como el procedimiento que encuentra la mejor representación para dos conjuntos de datos, los dispuestos en filas, o en las columnas de la respectiva matriz de datos”.

Otra manera de entender el análisis de correspondencia es que dicho método busca una tipología de filas y una de columnas para relacionarlas entre sí, usando la correspondencia, pues la técnica busca las filas o columnas que se correspondan en información, es decir, las filas o columnas que puedan estar suministrando información equivalente respecto a un conjunto de individuos.

Según Díaz y Morales (2011) el análisis de correspondencias obtiene un pequeño número de dimensiones (o factores) de tal forma que:

- La primera dimensión explica la mayor parte de la asociación entre filas y columnas, medidas a través del coeficiente ji-cuadrado.
- La segunda dimensión explica la mayor parte del residuo de la asociación no explicada por la primera dimensión.
- La tercera dimensión en adelante explican la mayor parte del residuo de la asociación que no fue explicada en la dimensión inmediatamente anterior, y así

Varios autores mencionan que el número máximo de factores o dimensiones es igual al menor número de categorías de cualquiera de las dos variables (fila o columna) menos uno. Díaz y Morales indican que "por lo común dos o tres dimensiones son suficientes para representar con rigor la asociación entre las dos variables" (2011, p. 439).

El análisis de correspondencias se puede realizar en dos tipos de tablas: una primera que contiene las frecuencias respecto a las modalidades de dos variables denominada análisis de correspondencias simple; la segunda tabla contiene información sobre varias variables y se le denomina análisis de correspondencias múltiples.

Para facilitar el procesamiento y análisis de la técnica multivariada aplicada se utilizó el programa estadístico SPSS (Statistical Package for the Social Sciences) que facilita la creación de archivos de datos de forma estructurada y la organización de bases de datos que pueden ser analizadas con diversas técnicas estadísticas. Según Castañeda et al (2010) el software SPSS es uno de los programas de mayor uso en Estados Unidos y en América Latina y permite efectuar tanto análisis estadísticos básicos como avanzados. Según la Universidad de Córdoba (2009) el programa SPSS:

Cubre casi todas las necesidades del cálculo estadístico de los investigadores y profesionales, no sólo del campo de las ciencias sociales, sino también de las humanas y de las biomédicas y, en general, de cualquier campo de actividad en el que se precise el tratamiento estadístico de la información (p. 2).

### 6.1.1 Categorías para variables de la encuesta

En virtud que el análisis de correspondencias sugiere que las variables sean categóricas tanto en filas como en columnas y considerando que la información recolectada en las encuestas de ambas universidades en ciertas variables eran continuas y de escala se hace necesaria la siguiente agrupación y codificación para cada una.

**Tabla 6-1:** Categorías para variables de la encuesta

<b>Género</b>		<b>Influencia del clima</b>	
Masculino	1	Nada	1
Femenino	2	Poco	2
<b>Edad</b>		A menudo	3
Jóvenes entre 18 y 25 años	1	Mucho	4
Adultos entre 25 y 45 años	2	<b>Pago estacionamiento hogar</b>	
Adultos entre 45 y 60 años	3	Sí	1
Adulto mayor a 60 años	4	No	2
<b>Distancia hogar - campus</b>		<b>Valor pago estacionamiento hogar</b>	
Menor a 1,6 Km	1	Menos de \$50.000	1
Entre 1,6 Km y 8,0 Km	2	Entre \$50.000 y \$100.000	2
Mayor a 8,0 Km	3	Más de \$100.000	3
<b>Tipo de población universitaria</b>		<b>Tráfico vehicular al campus</b>	
Estudiante pregrado	1	Muy congestionado	1
Estudiante posgrado	2	A menudo congestionado	2
Profesores	3	Indiferente	3
Administrativos	4	Poco congestionado	4
<b>Personas en el hogar</b>		Nada congestionado	5
Ninguna	1	<b>Vigilancia estacionamiento</b>	
Hasta tres personas	2	Nada importante	1
Más de tres personas	3	Poco importante	2
<b>Número de hijos</b>		Indiferente	3
Sin hijos	1	Importante	4
Hasta dos hijos	2	Muy importante	5
Más de dos hijos	3	<b>Tiempo caminata a parada PuT</b>	
<b>¿Desplazó a los hijos?</b>		Menor a 5 min	1
Sí	1	Entre 5 y 10 minutos	2
No	2	Mayor a 10 minutos	3
<b>¿Compañeros cerca del hogar?</b>		<b>Tiempo de espera en parada PuT</b>	
Sí	1	Menor a 5 min	1
No	2	Entre 5 y 10 minutos	2
<b>Número de vehículos</b>		Mayor a 10 minutos	3

No posee vehículo	1	<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2"><b>Estado infraestructura peatonal</b></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Discontinua e inadecuada</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>Regular</td> <td>2</td> </tr> <tr> <td>Continua y adecuada</td> <td>3</td> </tr> <tr> <th colspan="2"><b>Probabilidad accidentes de tránsito</b></th> </tr> <tr> <td>Nada probables</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>Regular</td> <td>2</td> </tr> <tr> <td>Muy probables</td> <td>3</td> </tr> <tr> <th colspan="2"><b>Escenarios estrategias TDM</b></th> </tr> <tr> <td>Nada dispuesto</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>Indeciso/Indiferente</td> <td>2</td> </tr> <tr> <td>Muy dispuesto</td> <td>3</td> </tr> <tr> <th colspan="2"><b>Preferencia de medio de transporte</b></th> </tr> <tr> <td>Caminata</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>Bicicleta</td> <td>2</td> </tr> <tr> <td>Transporte público</td> <td>3</td> </tr> <tr> <td>Taxi</td> <td>4</td> </tr> <tr> <th colspan="2"><b>Ingresos mensuales</b></th> </tr> <tr> <td>Menores a \$600.000</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>Entre \$600.001-\$1.200.00</td> <td>2</td> </tr> <tr> <td>Entre \$1.200.001-\$2.000.00</td> <td>3</td> </tr> <tr> <td>Entre \$2.000.001-\$2.800.00</td> <td>4</td> </tr> <tr> <td>Entre \$2.800.001-\$4.000.00</td> <td>5</td> </tr> <tr> <td>Entre \$4.000.001-\$5.500.00</td> <td>6</td> </tr> <tr> <td>Entre \$5.500.001-\$8.000.000</td> <td>7</td> </tr> <tr> <td>Mayores a \$8.000.000</td> <td>8</td> </tr> </tbody> </table>	<b>Estado infraestructura peatonal</b>		Discontinua e inadecuada	1	Regular	2	Continua y adecuada	3	<b>Probabilidad accidentes de tránsito</b>		Nada probables	1	Regular	2	Muy probables	3	<b>Escenarios estrategias TDM</b>		Nada dispuesto	1	Indeciso/Indiferente	2	Muy dispuesto	3	<b>Preferencia de medio de transporte</b>		Caminata	1	Bicicleta	2	Transporte público	3	Taxi	4	<b>Ingresos mensuales</b>		Menores a \$600.000	1	Entre \$600.001-\$1.200.00	2	Entre \$1.200.001-\$2.000.00	3	Entre \$2.000.001-\$2.800.00	4	Entre \$2.800.001-\$4.000.00	5	Entre \$4.000.001-\$5.500.00	6	Entre \$5.500.001-\$8.000.000	7	Mayores a \$8.000.000	8
<b>Estado infraestructura peatonal</b>																																																						
Discontinua e inadecuada	1																																																					
Regular	2																																																					
Continua y adecuada	3																																																					
<b>Probabilidad accidentes de tránsito</b>																																																						
Nada probables	1																																																					
Regular	2																																																					
Muy probables	3																																																					
<b>Escenarios estrategias TDM</b>																																																						
Nada dispuesto	1																																																					
Indeciso/Indiferente	2																																																					
Muy dispuesto	3																																																					
<b>Preferencia de medio de transporte</b>																																																						
Caminata	1																																																					
Bicicleta	2																																																					
Transporte público	3																																																					
Taxi	4																																																					
<b>Ingresos mensuales</b>																																																						
Menores a \$600.000	1																																																					
Entre \$600.001-\$1.200.00	2																																																					
Entre \$1.200.001-\$2.000.00	3																																																					
Entre \$2.000.001-\$2.800.00	4																																																					
Entre \$2.800.001-\$4.000.00	5																																																					
Entre \$4.000.001-\$5.500.00	6																																																					
Entre \$5.500.001-\$8.000.000	7																																																					
Mayores a \$8.000.000	8																																																					
Posee un vehículo	2																																																					
Posee más de un vehículo	3																																																					
<b>Número de bicicletas</b>																																																						
No posee bicicleta	1																																																					
Posee una bicicleta	2																																																					
Posee más de una bicicleta	3																																																					
<b>Acompañantes en el vehículo</b>																																																						
Sin acompañantes	1																																																					
Con acompañantes	2																																																					
<b>Desplazamiento diarios en el vehículo</b>																																																						
Dos desplazamientos	1																																																					
Más de dos desplazamientos	2																																																					
<b>Tiempo de viaje</b>																																																						
Menor a 15 minutos	1																																																					
Entre 15 y 30 minutos	2																																																					
Entre 30 y 60 minutos	3																																																					
Más de 60 minutos	4																																																					
<b>Tiempo búsqueda de estacionamiento</b>																																																						
Menor a 2 minutos	1																																																					
Entre 3 y 5 minutos	2																																																					
Más de 5 minutos	3																																																					
<b>Tiempo caminata al edificio</b>																																																						
Menor a 2 minutos	1																																																					
Entre 3 y 5 minutos	2																																																					
Más de 5 minutos	3																																																					

Fuente: Elaboración propia

La tabla anterior muestra todas las variables incorporadas en las encuestas aplicadas en ambas universidades y las categorías que toman sus valores para el análisis de correspondencias y la conformación de tablas de contingencia. La asignación de categorías trató de agrupar datos que fueran consistentes no sólo desde el punto de vista cualitativo sino también considerando el efecto que puedan tener en las estrategias TDM o en la evaluación de indicadores del sistema de transporte.

Por ejemplo, la variable "distancia hogar - campus" se obtuvo a partir de preguntar el barrio y localidad de residencia del encuestado y se categorizó de acuerdo con el siguiente esquema en concordancia con el Ministerio de Medio Ambiente, y Medio Rural y Marino, Gobierno de España (2010):

- Distancias menores a 1,6 Km: considerando que estas distancias son deseables para realizar viajes a pie y deberían guardar cierta relación con las estrategias TDM asociadas a los medios de transporte no motorizados.
- Distancias entre 1,6 Km y 8,0 Km: considerando que estas distancias son deseables para los viajes en bicicleta y deberían guardar cierta relación con las estrategias TDM asociadas al uso de la bicicleta.
- Distancias mayores a 8,9 Km: considerando que estas distancias sugieren la utilización de medios de transporte motorizados y deberían guardar cierta relación con las estrategias TDM asociadas al uso del transporte público.

En este mismo sentido se categorizaron las variables asociadas al tiempo de caminata a la parada del servicio de transporte público y el tiempo de espera del servicio de transporte público:

- Tiempo de espera menor a 5 minutos: considerando que este tiempo es un período óptimo en la hora de máxima demanda que estimula el uso del transporte público y que debería guardar alguna relación con las estrategias TDM asociadas al uso del transporte público.
- Tiempo de espera entre 5 y 10 minutos: considerando que este tiempo es un período aceptable y recomendable en la hora de máxima demanda.
- Tiempo de espera mayor a 10 minutos: considerando que este tiempo es un período deficiente en la hora de máxima demanda que desestimula el uso del transporte público.

### 6.1.2 Relaciones y asociaciones entre variables

En el tratamiento de las encuestas realizadas en ambos campus universitarios se utilizarán análisis de correspondencias múltiples inicialmente, para hallar las principales relaciones entre las variables independientes (ubicadas en las filas) y las variables dependientes (ubicada en las columnas). De acuerdo a estos resultados, se realizarán análisis de correspondencias simples y múltiples para medir el nivel de asociación entre dos o más variables que según el estado del arte presenten cierto grado de asociación.

En este caso la variable independiente (o las filas) es cualquiera de las características relacionadas con el entorno físico, el usuario, el viaje y la oferta de PuT. La variable dependiente (o las columnas) es la calificación obtenida en las estrategias TDM. Para facilitar y dar cierta jerarquía al análisis y a las variables se definieron algunas relaciones "primarias" y "secundarias" que pretenden encontrar asociaciones de tipo jerárquico entre ciertas variables.

Las relaciones primarias se definieron porque involucran las variables independientes más importantes de los parkers (o usuarios del estacionamiento) como el género, la edad y el tipo de población. También porque las variables independientes acá agrupadas pueden guardar relación con todas las estrategias TDM planteadas en la investigación. De esta manera, se pretende evaluar la relación entre estas variables con cada una de las estrategias TDM que se han planteado para desmotivar los viajes en vehículo particular hacia el campus.

Las relaciones primarias definidas a explorar en el análisis de correspondencias son las siguientes.

**Tabla 6-2:** Relaciones primarias entre variables

<b>Variable independiente</b>	<b>Variable dependiente</b>
Género	Todas las estrategias TDM
Edad	Todas las estrategias TDM
Tipo población universitaria	Todas las estrategias TDM

Fuente: Elaboración propia

Las relaciones secundarias se definen porque involucran algunas variables independientes que tienen relación con algunas estrategias TDM (no todas). Es decir, hicieron parte de la encuesta porque guardaban relación, a partir de la revisión del estado del arte del tema de investigación, con alguna estrategia TDM en específico.

A continuación se muestran las relaciones secundarias a explorar en el análisis de correspondencias.

- a) Considerando que las distancias menores a 1,6 Km son deseables para la caminata, las distancias entre 1,6 Km y 8,0 Km son deseables para la bicicleta, y las distancias mayores a 8,0 Km son deseables para el transporte motorizado (PuT o automóvil particular), se pretende evaluar si tienen relación con las estrategias TDM que se definen en el cuadro 2 relacionadas con los medios de transporte activos.

**Tabla 6-3:** Primera relación secundaria

Variable independiente	Variable dependiente
<ul style="list-style-type: none"> <li>Distancia lugar de residencia - campus</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Situación hipotética TDM 8</li> <li>Situación hipotética TDM 11</li> </ul>

Fuente: Elaboración propia

- b) Se pretende evaluar la relación existente entre el tamaño del grupo familiar, desplazamiento de los hijos previo a la llegada al campus y la existencia de compañeros cerca de la residencia, con la posibilidad de comenzar a usar la estrategia del carpooling.

**Tabla 6-4:** Segunda relación secundaria

Variable independiente	Variable dependiente
<ul style="list-style-type: none"> <li>Personas total en el hogar</li> <li>Número de hijos</li> <li>Si desplazó a los hijos antes de llegar al campus</li> <li>Compañeros cerca de la residencia o trabajo que se también asistan al campus</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Situación hipotética TDM 4</li> </ul>

Fuente: Elaboración propia

- c) Se pretende evaluar la relación existente entre el tiempo de caminata a la parada de PuT y el tiempo de espera del servicio de PuT, con la estrategia TDM 1 y 7, que consideran la migración de la escogencia modal del automóvil al servicio público colectivo.

**Tabla 6-5:** Tercera relación secundaria

Variable independiente	Variable dependiente
<ul style="list-style-type: none"> <li>Tiempo de caminata a la parada de PuT</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Situación hipotética TDM 1</li> <li>Situación hipotética TDM 7</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>Tiempo de espera del servicio de PuT</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Situación hipotética TDM 1</li> <li>Situación hipotética TDM 7</li> </ul>

Fuente: Elaboración propia

- d) Se pretende evaluar la relación existente las personas que tienen hijos y su disposición a cambiar hacia un medio de transporte activo.

**Tabla 6-6:** Cuarta relación secundaria

Variable independiente	Variable dependiente
<ul style="list-style-type: none"> <li>Número de hijos</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Situación hipotética TDM 1</li> <li>Situación hipotética TDM 5</li> <li>Situación hipotética TDM 6</li> <li>Situación hipotética TDM 7</li> <li>Situación hipotética TDM 8</li> <li>Situación hipotética TDM 11</li> </ul>

Fuente: Elaboración propia

- e) Se pretende evaluar la relación existente entre la disponibilidad del vehículo por parte del usuario con el hecho de cambiar hacia un medio de transporte activo.

**Tabla 6-7:** Quinta relación secundaria

Variable independiente	Variable dependiente
<ul style="list-style-type: none"> <li>Número de vehículos propios</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Situación hipotética TDM 1</li> <li>Situación hipotética TDM 5</li> <li>Situación hipotética TDM 6</li> <li>Situación hipotética TDM 7</li> <li>Situación hipotética TDM 8</li> <li>Situación hipotética TDM 11</li> </ul>

Fuente: Elaboración propia

- f) Se pretende evaluar la relación existente entre la disponibilidad de bicicletas por parte del usuario con el hecho de cambiar hacia un medio de transporte activo.

**Tabla 6-8:** Sexta relación secundaria

Variable independiente	Variable dependiente
<ul style="list-style-type: none"> <li>Número de bicicletas</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Situación hipotética TDM 1</li> <li>Situación hipotética TDM 5</li> <li>Situación hipotética TDM 6</li> <li>Situación hipotética TDM 7</li> <li>Situación hipotética TDM 8</li> <li>Situación hipotética TDM 11</li> </ul>

Fuente: Elaboración propia

- g) Se pretende evaluar la relación existente entre el número de desplazamientos diarios en vehículo con el hecho de cambiar hacia un medio de transporte activo.

**Tabla 6-9:** Séptima relación secundaria

<b>Variable independiente</b>	<b>Variable dependiente</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Desplazamientos diarios en el vehículo</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Situación hipotética TDM 1</li> <li>• Situación hipotética TDM 5</li> <li>• Situación hipotética TDM 6</li> <li>• Situación hipotética TDM 7</li> <li>• Situación hipotética TDM 8</li> <li>• Situación hipotética TDM 11</li> </ul>

Fuente: Elaboración propia

- h) Se pretende evaluar la relación existente entre el tiempo de viaje en vehículo particular con el hecho de cambiar hacia un medio de transporte activo.

**Tabla 6-10:** Octava relación secundaria

<b>Variable independiente</b>	<b>Variable dependiente</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Tiempo de viaje</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Situación hipotética TDM 1</li> <li>• Situación hipotética TDM 5</li> <li>• Situación hipotética TDM 6</li> <li>• Situación hipotética TDM 7</li> <li>• Situación hipotética TDM 8</li> <li>• Situación hipotética TDM 11</li> </ul>

Fuente: Elaboración propia

- i) Se pretende evaluar la relación existente entre la influencia del clima en la decisión de viaje en automóvil y la disposición a cambiar dicho medio de transporte por la caminata o la bicicleta.

**Tabla 6-11:** Novena relación secundaria

<b>Variable independiente</b>	<b>Variable dependiente</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Influencia del clima</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Situación hipotética TDM 8</li> <li>• Situación hipotética TDM 11</li> </ul>

Fuente: Elaboración propia

- j) Se pretende evaluar la relación existente entre percepción del tráfico vehicular desde el lugar de residencia hasta el campus, con la decisión de cambiar el medio de transporte a caminata y bicicleta que no sufren de problemas de congestión.

**Tabla 6-12:** Décima relación secundaria

<b>Variable independiente</b>	<b>Variable dependiente</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Percepción tráfico vehicular</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Situación hipotética TDM 8</li> <li>• Situación hipotética TDM 11</li> </ul>

Fuente: Elaboración propia

- k) Se pretende evaluar la relación existente entre la percepción del usuario en torno a la continuidad peatonal y estado de la infraestructura peatonal, con la decisión de cambiar el medio de transporte a caminata y bicicleta.

**Tabla 6-13:** Undécima relación secundaria

Variable independiente	Variable dependiente
<ul style="list-style-type: none"> <li>Percepción infraestructura peatonal y de bicicletas</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Situación hipotética TDM 8</li> <li>Situación hipotética TDM 11</li> </ul>

Fuente: Elaboración propia

- l) Se pretende evaluar la relación existente entre percepción del riesgo en seguridad vial (accidentes de tránsito) en la malla vial peatonal y de bicicletas, con la decisión de cambiar el medio de transporte a caminata y bicicleta.

**Tabla 6-14:** Duodécima relación secundaria

Variable independiente	Variable dependiente
<ul style="list-style-type: none"> <li>Percepción riesgos de accidente de tránsito en vías peatonales y ciclovías</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Situación hipotética TDM 8</li> <li>Situación hipotética TDM 11</li> </ul>

Fuente: Elaboración propia

- m) Se pretende evaluar la relación existente entre el tiempo de caminata desde el estacionamiento al edificio de destino y el tiempo de búsqueda del estacionamiento, con la decisión de cambiar a PuT, medio de transporte en el cual la accesibilidad física y topológica se reduce considerablemente en relación con el automóvil.

**Tabla 6-15:** Decimotercera relación secundaria

Variable independiente	Variable dependiente
<ul style="list-style-type: none"> <li>Tiempo de búsqueda del estacionamiento</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Situación hipotética TDM 1</li> <li>Situación hipotética TDM 5</li> <li>Situación hipotética TDM 6</li> <li>Situación hipotética TDM 7</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>Tiempo de caminata estacionamiento - edificio</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Situación hipotética TDM 1</li> <li>Situación hipotética TDM 5</li> <li>Situación hipotética TDM 6</li> <li>Situación hipotética TDM 7</li> </ul>

Fuente: Elaboración propia

- n) Se pretende evaluar la relación existente entre el número de hijos con el cambio en el horario de actividades de la universidad.

**Tabla 6-16:** Decimocuarta relación secundaria

<b>Variable independiente</b>	<b>Variable dependiente</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Número de hijos</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Situación hipotética TDM 9</li> <li>• Situación hipotética TDM 10</li> </ul>

Fuente: Elaboración propia

- o) Se pretende evaluar la relación existente entre las personas que pagan por el estacionamiento en el lugar de residencia, el género y la población universitaria con la posibilidad de pagar por el estacionamiento en el campus.

**Tabla 6-17:** Decimoquinta relación secundaria

<b>Variable independiente</b>	<b>Variable dependiente</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Paga por el estacionamiento en el lugar de residencia</li> <li>• Valor del cobro del estacionamiento en el lugar de residencia (columna T)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Situación hipotética TDM 2</li> <li>• Situación hipotética TDM 3</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Género</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Situación hipotética TDM 2</li> <li>• Situación hipotética TDM 3</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Población universitaria</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Situación hipotética TDM 2</li> <li>• Situación hipotética TDM 3</li> </ul>

Fuente: Elaboración propia

## 6.2 Recolección de información primara - encuestas

Las encuestas realizadas a usuarios del estacionamiento de ambos campus universitarios presentan diferencias en el método de recolección de la información, como se comentó ajenas a la voluntad del autor de esta investigación. Ambas encuestas se agrupan dentro de los métodos no probabilísticos o de muestras dirigidas.

### 6.2.1 Descripción método de recolección encuestas Universidad Nacional

La encuesta aplicada en la Universidad Nacional se realizó de manera de personal en los estacionamientos fuera de vía de mayor capacidad del campus específicamente en los siguientes:

- Estacionamiento Matemáticas y Estadística
- Estacionamiento Enfermería
- Estacionamiento Medicina
- Estacionamiento Ciencia y Tecnología
- Estacionamiento Economía
- Estacionamiento Odontología
- Estacionamiento Sociología
- Estacionamiento Instituto de Extensión e Investigación IEI

- Estacionamiento Posgrados Humanas

También se aplicaron algunas encuestas en el anillo vial entre los edificios de Posgrados de Ciencias Humanas y Contaduría en donde existe generalmente buena proporción de vehículos estacionados.

Puede decirse que en general se cubrieron los principales lugares de estacionamiento en el campus de la Nacional y considerando que no existen puestos fijos al interior del campus, se tuvo la oportunidad de registrar observaciones asociadas a todos los grupos poblaciones (estudiantes, profesores y administrativos) de un buen porcentaje de edificios y facultades.

La encuesta aplicada en la Universidad Nacional de Colombia presenta la siguiente ficha técnica.

**Tabla 6-18:** Ficha técnica encuesta UN

Tipo encuesta:	Personal
Fecha encuesta definitiva:	24 de abril de 2014
Fecha prueba piloto:	22 de abril de 2014
Lugar:	Estacionamientos UN
Horario:	08:00 - 18:00
Encuestadores necesarios:	13
Supervisores:	1
Encuestas realizadas:	225
Encuestas rechazadas:	5 (2,2%)
Encuestas aceptadas:	220 (97,8%)

Fuente: Elaboración propia

## 6.2.2 Descripción método de recolección encuestas Universidad de los Andes

La encuesta aplicada en la Universidad de los Andes se realizó por medio del correo electrónico enviado a los usuarios del estacionamiento en dicho campus:

- Usuarios estacionamiento privado: profesores y administrativos que cuentan con un contrato de planta a tiempo completo con la universidad de mínimo un año.
- Usuarios estacionamiento público: dirigido a la comunidad uniandina con carné vigente (incluye estudiantes, profesores y administrativos).

La encuesta aplicada en la Universidad de los Andes se envió a la totalidad de usuarios registrados en la base de datos de la Gerencia del Campus y la tasa de respuesta fue de 212 diligenciamientos. Esta encuesta presenta la siguiente ficha técnica.

**Tabla 6-19:** Ficha técnica encuesta Andes

Tipo encuesta:	Por correo electrónico
Fecha encuesta definitiva:	8 al 16 de mayo de 2014
Fecha prueba piloto:	6 de mayo de 2014
Lugar:	NA
Horario:	Disponibilidad de respuesta 24 horas
Encuestadores necesarios:	Ninguno
Supervisores:	1
Encuestas realizadas:	212
Encuestas rechazadas:	1 (0,5%)
Encuestas aceptadas:	211 (97,5%)

Fuente: Elaboración propia

## 6.3 Resultados enfoque no tradicional en la Universidad Nacional de Colombia

Se presentan a continuación los principales resultados obtenidos a partir del análisis de correspondencias ACS y ACM, llevado a cabo en el programa estadístico SPSS teniendo como base las categorías presentadas en el capítulo 6.1.1 y considerando la información recolectada en las encuestas de la Universidad Nacional de Colombia.

### 6.3.1 Relaciones primarias entre variables UN

El análisis de correspondencias múltiples para las variables principales y primarias definidas en la investigación (género, edad y población universitaria) se muestra en relación con el conjunto de estrategias TMD puestas a consideración de los encuestados en la Universidad Nacional para evaluar la disposición a abandonar el vehículo particular como medio de transporte al campus. Los análisis de correspondencias múltiples entre ambas universidades se muestran en el Anexo B.

#### 6.3.1.1 Género vs conjunto de estrategias TDM (UN)

El género (variable asociada al usuario) y el conjunto de estrategias TDM analizadas mediante el ACM reducida a sólo dos dimensiones o factores, presenta los siguientes resultados:

**Tabla 6-20:** Resumen modelo género vs conjunto de estrategias  
TDM (UN)

Dimensión	Alfa de Cronbach	Varianza contabilizada para		
		Total (autovalor)	Inercia	% de varianza
1	,803	3,796	,316	31,630
2	,692	2,735	,228	22,791
Total		6,531	,544	
Media	,757 <sup>a</sup>	3,265	,272	27,211

a. La media de alfa de Cronbach se basa en la media de autovalor.

Fuente: Elaboración propia con base en paquete estadístico SPSS

En la Tabla 6-20 la inercia indica la proporción de la varianza de los datos explicada por cada una de las dimensiones. Se observa que hay un 54,4% de la variabilidad de los datos explicada por las dimensiones consideradas en el modelo. Se nota que la primera dimensión explica más la varianza de los datos en comparación con la segunda.

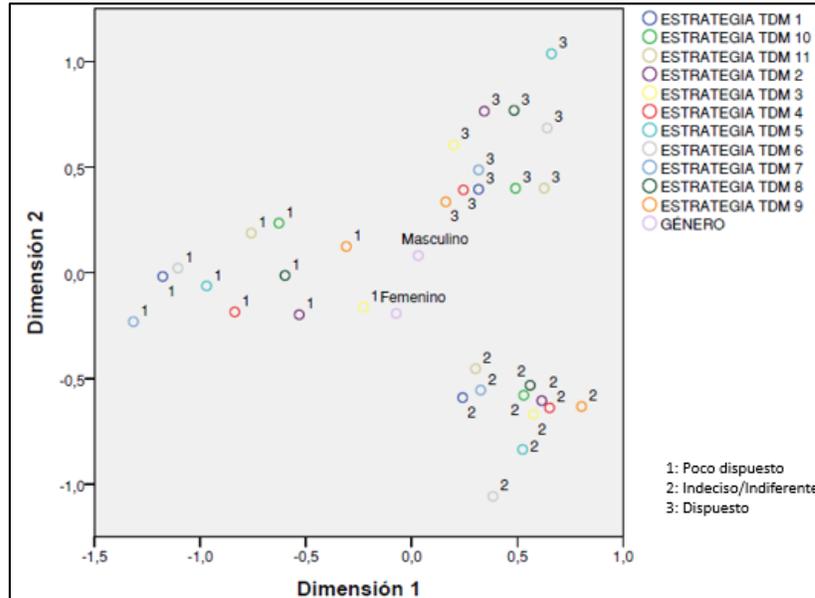
El coeficiente Alfa de Cronbach "mide la fiabilidad de la escala de medida y es una media ponderada de las correlaciones entre variables" (Vignera et al, 2012, p. 5). El valor máximo de este coeficiente es 1 y cuanto más se aproxima a la unidad mayor resulta la fiabilidad de la escala. Según Nunally (1967, c.p. Letelier et al, 2010) los valores de Cronbach se consideran aceptables cuando el coeficiente es superior a 0,70 y se consideran buenos cuando son superiores a 0,80. En este caso, el Alfa es de 0,803 para la primera dimensión lo cual puede ser considerado elevado en concordancia con Letelier et al (2010).

El análisis de correspondencias múltiples trata de describir las relaciones entre dos o más variables nominales múltiples en un espacio de pocas dimensiones. Estas dimensiones "contienen las categorías de las variables, así como los objetos pertenecientes a dichas categorías. La forma de visualizar dichas dimensiones es a través de mapas perceptuales" (Morales, 2004, p. 17).

Los mapas perceptuales obtenidos del programa estadístico están compuesto por ejes de coordenadas y puntos. "Los puntos representan los objetos y categorías de las variables. Los ejes (dimensiones) definen el espacio de representación de los puntos" (Morales, 2004, p. 17).

En la Figura 6-1 se muestra el mapa perceptual en que los ejes son las dos primeras dimensiones y los puntos en el plano representan las categorías de las variables. Cada uno de estos puntos son las coordenadas numéricas de las dimensiones 1 y 2 para cada categoría.

**Figura 6-1:** Mapa perceptual género vs conjunto de estrategias TDM (UN)



Fuente: Elaboración propia con base en paquete estadístico SPSS

Esta técnica nos permite evaluar las relaciones entre variables y las relaciones entre categorías de una misma variable y entre categorías de distintas variables. Se nota por ejemplo a partir de la Figura 6-1 que existe cierto grado de asociación entre las respuestas de los encuestados para cada una de las estrategias TDM.

Considerando la codificación definida en la TABLA 11 y la agrupación -cercanía- existente entre los puntos con etiqueta 1 en la Figura 6-1, tenemos que de manera general las mujeres están más cerca de estar poco y nada dispuestas a cambiar el automóvil por otro medio de transporte. En cambio, los hombres conductores pareciesen más cerca de la opción relacionada con "estar dispuesto" a cambiar su medio de movilización al campus por una estrategia TDM. Aquí verificamos una de las primeras relaciones encontradas en el estado del arte.

### 6.3.1.2 Edad vs conjunto de estrategias TDM (UN)

La edad (variable asociada al usuario) y el conjunto de estrategias TDM analizadas mediante el ACM reducida a sólo dos dimensiones o factores, presenta los siguientes resultados:

**Tabla 6-21:** Resumen modelo edad vs conjunto de estrategias TDM (UN)

Dimensión	Alfa de Cronbach	Varianza contabilizada para	
		Total (autovalor)	Inercia
1	,814	3,940	,328
2	,692	2,733	,228
Total		6,673	,556
Media	,764 <sup>a</sup>	3,336	,278

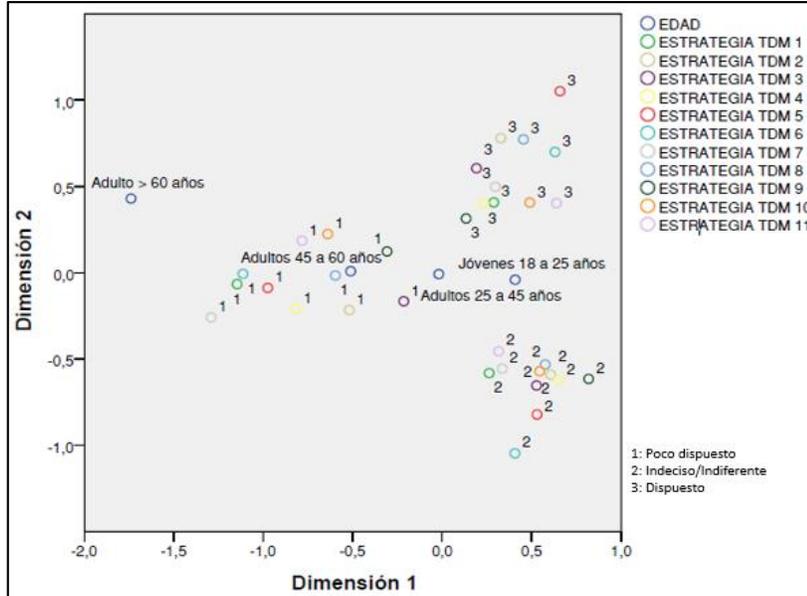
a. La media de alfa de Cronbach se basa en la media de autovalor.

Fuente: Elaboración propia con base en paquete estadístico SPSS

Se observa que hay un 55,6% de la variabilidad de los datos explicada por las dimensiones consideradas en el modelo. Se nota que la primera dimensión explica más la varianza de los datos en comparación con la segunda. El coeficiente Alfa de Cronbach de la primera dimensión es de 0,814 (considerado alto) lo cual nos indica en este caso la alta fiabilidad de la escala.

En la Figura 6-2 se muestra el mapa perceptual del conjunto de categorías de las variables edad y el conjunto de estrategias TDM.

**Figura 6-2:** Mapa perceptual edad vs conjunto de estrategias TDM (UN)



Fuente: Elaboración propia con base en paquete estadístico SPSS

Se puede apreciar a partir de la Figura 6-2 cierto nivel de asociación entre los grupos etarios definidos para el análisis de correspondencias que responden a las relaciones encontradas en el estado del arte. Vemos pues que los adultos entre 45 y 60 años están poco y nada dispuestos a cambiar su coche por otro medio de

transporte. Se observa en cambio que los jóvenes entre los 18 y 25 años se encuentran cercanos a la agrupación de respuestas relacionadas con el "estar dispuesto" lo cual supone el cumplimiento de unas de las suposiciones que establecía que las personas más jóvenes estarían más dispuestas a aceptar las estrategias TDM. Los adultos entre 25 y 45 años se encuentran entre los poco dispuestos, los indecisos e indiferentes. Y por último, los adultos mayores a 60 años parecen no tener una asociación fuerte con ninguna opción.

### 6.3.1.3 Población universitaria vs conjunto de estrategias TDM (UN)

El tipo de población universitaria (variable asociada al usuario) y el conjunto de estrategias TDM analizadas mediante el ACM reducida a sólo dos dimensiones o factores, presenta los siguientes resultados:

**Tabla 6-22:** Resumen modelo población universitaria vs conjunto de estrategias TDM (UN)

Dimensión	Alfa de Cronbach	Varianza contabilizada para		
		Total (autovalor)	Inercia	% de varianza
1	,810	3,885	,324	32,376
2	,693	2,745	,229	22,872
Total		6,630	,552	
Media	,762 <sup>a</sup>	3,315	,276	27,624

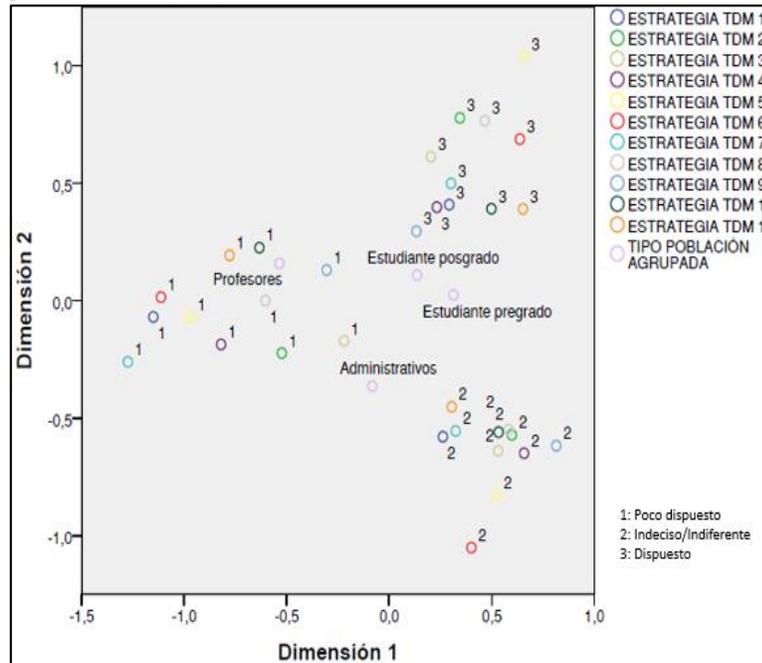
a. La media de alfa de Cronbach se basa en la media de autovalor.

Fuente: Elaboración propia con base en paquete estadístico SPSS

Se observa que hay un 55,2% de la variabilidad de los datos explicada por las dimensiones consideradas en el modelo. Se nota que la primera dimensión explica un poco más la varianza de los datos en comparación con la segunda. El coeficiente Alfa de Cronbach de la primera dimensión es de 0,81 (considerado alto) lo cual nos indica en este caso la alta fiabilidad de la escala.

En la Figura 6-3 se muestra el mapa perceptual del conjunto de categorías de las variables población universitaria y el conjunto de estrategias TDM.

**Figura 6-3:** Mapa perceptual población universitaria vs conjunto de estrategias TDM (UN)



Fuente: Elaboración propia con base en paquete estadístico SPSS

Se puede apreciar a partir de la Figura 6-3 cierto nivel de asociación entre los grupos de población universitario definidos para el análisis de correspondencias que responden a las relaciones encontradas en el estado del arte. Vemos que son los estudiantes tanto de pregrado como de posgrado el grupo poblacional que se encuentra más cercano de los puntos relacionados con el "estar dispuesto" a cambiar su automóvil por una estrategia TDM. Los profesores tal como lo describen otros estudios son los menos dispuestos a abandonar su opción de transporte privada para llegar al campus. Por su parte, el grupo de administrativos no presentan una asociación fuerte con ninguna opción pero se ubican entre las opciones de poco dispuesto, indeciso e indiferente.

### 6.3.2 Relaciones secundarias entre variables UN

Se presentan a continuación únicamente los procesamientos en donde se obtuvieron relaciones claras entre las variables a partir del análisis de correspondencias ACS y ACM, llevado a cabo en el programa estadístico SPSS teniendo como base las categorías presentadas en el capítulo 6.1.1 y considerando la información recolectada en las encuestas de la Universidad Nacional de Colombia. El procesamiento de las variables en donde no se encontraron relaciones claras es mostrado en el Anexo C.

### 6.3.2.1 Distancia hogar - campus vs estrategias TDM (UN)

La distancia entre el hogar y el campus (variable asociada al viaje) y ciertas estrategias TDM se analizan mediante el ACS para verificar la correspondencia, si es que existe, entre las distancias asociadas a la caminata (menores a 1,6 Km) y la bicicleta (distancias entre 1,6 Km y 8,0 Km) y las estrategias TDM relacionadas con la migración hacia los medios de transporte no motorizados, específicamente las estrategias 8 y 11.

El ACS entre la variable distancia hogar - campus y la estrategia 8 (implementar un sistema de préstamos de bicicletas gratuito) en la UN se evaluó mediante dos dimensiones (determinado como el valor mínimo entre el número de filas menos uno, y, el número de columnas menos uno, que este caso correspondían a,  $3-1=2$ , y  $3-1=2$ , respectivamente). Los resultados se presentan a continuación:

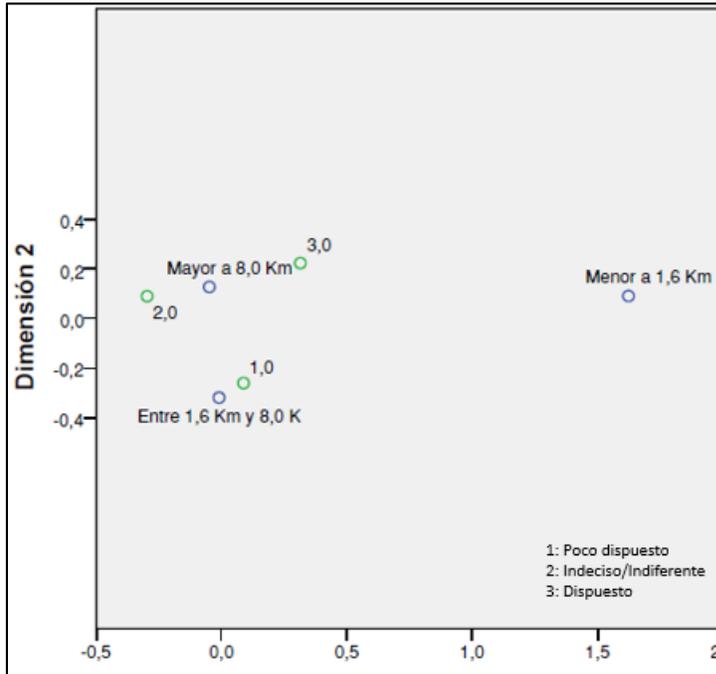
**Tabla 6-23:** Tabla de correspondencias Distancia hogar - campus vs estrategia TDM 8 (UN)

DISTANCIA HOGAR - CAMPUS	ESTRATEGIA TDM 8			
	1	2	3	Margen activo
Menor a 1,6 Km	2	2	1	5
Entre 1,6 Km y 8,0 Km	24	19	19	62
Mayor a 8,0 Km	75	47	29	151
Margen activo	101	68	49	218

Fuente: Elaboración propia con base en paquete estadístico SPSS

La tabla de correspondencias nos indica que la mayor parte de los encuestados (69,3%) viven a una distancia superior a los 8,0 kilómetros, lo cual supone que varios de estos 151 individuos pueden tener motivación a usar el transporte motorizado para llegar al campus. Se aprecia que los encuestados que viven a menos de 6,0 Km son muy pocos (2,3%) de los cuales se esperaría buena disposición hacia los medios de transporte no motorizados. Para este caso la mayoría de encuestados (46,3%) respondieron que tenían poca disposición a cambiar su vehículo por una bicicleta brindada de manera gratuita por la universidad. Dentro del grupo de personas que sí están a dispuestas a cambiar su coche, se registra que la mayoría (59,2%) se ubican a distancias mayores a 8,0 Km del campus lo cual desvirtuaría la suposición inicial de que las distancias más deseables para la bicicleta eran precisamente las menores a este límite. Lo anterior se resume en la Figura 6-4.

**Figura 6-4:** Mapa perceptual distancia hogar - campus vs estrategia TDM 8 (UN)



Fuente: Elaboración propia con base en paquete estadístico SPSS

**Tabla 6-24:** Resumen modelo distancia hogar - campus vs estrategia TDM 8 (UN)

Dimensión	Valor singular	Inercia	Chi cuadrado	Sig.	Proporción de inercia	
					Contabilizado para	Acumulado
1	,130	,017			,952	,952
2	,029	,001			,048	1,000
Total		,018	3,887	,421 <sup>a</sup>	1,000	1,000

Fuente: Elaboración propia con base en paquete estadístico SPSS

La segunda columna de la Tabla 6-24 muestra los valores propios o autovalores, que corresponden a “la correlación entre las puntuaciones de filas y de columnas. La inercia de cada dimensión es el cuadrado de cada autovalor, que es una medida relativa de la importancia de cada dimensión” (de la Fuente, 2011, p. 42).

La segunda columna de la Tabla 6-24 muestra la inercia total estimada como “la suma ponderada de todas las distancias al centroide (baricentro) que coincide con la distancia chi-cuadrado dividida entre el total de casos” (de la Fuente, 2011, p. 42). También muestra en las últimas columnas la contribución individual de cada dimensión a la inercia total. Se nota que sólo la primera dimensión contribuye el 95,2% de la inercia total con lo cual se puede afirmar que las dependencias observadas en la tabla vienen adecuadamente capturadas por esta dimensión.

La tercera columna muestra el estadístico chi-cuadrado que corresponde a la "suma ponderada de todas las distancias al cuadrado entre los perfiles de fila y el perfil medio de la fila, y entre los perfiles de columna y el perfil medio de columna" (de la Fuente, 2011, p. 42). La significación de este estadístico se muestra en la cuarta columna y cuando dicho valor sea menor a 0,05 "hace que se rechace la hipótesis nula, indicando una relación significativa entre las variables utilizadas" (de la Fuente, 2011, p. 42). Cuanto mayor sea esta distancia menor será su significación, lo que conduce a una elevada interrelación entre las variables. Según el valor obtenido en este caso no se tiene una alta relación entre las dos variables, sin embargo, esto también puede interpretarse como que dado el tamaño de la muestra y el tipo de muestreo elaborado no existe una relación altamente significativa entre las variables.

De ahora en adelante, se establece que cada vez que este valor sea menor a 0,05 indica que es necesario modificar ciertos parámetros del tipo de muestreo (tamaño o manera de selección de los usuarios) para obtener una mejor relación entre las variables. Sabiendo que el método de análisis de correspondencias no busca relaciones estadísticamente significativas (lo que tampoco es posible por el tipo de muestreo aplicado) sino las posibles relaciones entre variables se presentarán únicamente las tablas de contingencia y los mapas perceptuales de cada relación.

### **6.3.2.2 Varias variables vs estrategia TDM 4 (UN)**

Existen varias variables de los usuarios y de su viaje que según el estado del arte tienen relación con la estrategia TDM 4 (carpooling, o viaje compartido en automóvil). Se analizan mediante el ACS para verificar la correspondencia entre las variables asociadas al usuario (como número de personas en el hogar y existencia de compañeros cerca del hogar o el trabajo) y variables asociadas al viaje (como desplazamiento de los hijos en el vehículo antes de llegar al campus, acompañantes registrados en el vehículo el día de la encuesta) con la estrategia del carpooling acompañada de un incentivo en la tarifa de estacionamiento.

El ACS entre la variable compañeros cerca del hogar o trabajo que pertenezcan a la universidad y la estrategia 4 (carpooling) en la UN se evaluó mediante dos dimensiones. Los resultados se presentan a continuación:

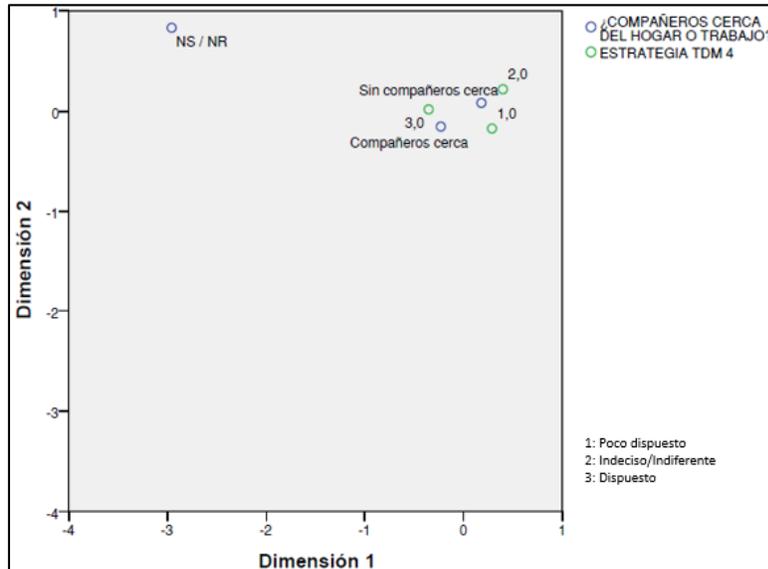
**Tabla 6-25:** Tabla de correspondencias compañeros cerca vs estrategia TDM 4 (UN)

¿COMPAÑEROS CERCA DEL HOGAR O TRABAJO?	ESTRATEGIA TDM 4			
	1	2	3	Margen activo
Compañeros cerca	24	15	43	82
Sin compañeros cerca	43	31	62	136
NS / NR	0	0	2	2
Margen activo	67	46	107	220

Fuente: Elaboración propia con base en paquete estadístico SPSS

La tabla de correspondencias nos indica que la mayoría de personas encuestadas (61,8%) no tiene compañeros ubicados cerca de su hogar o de su trabajo que pertenezcan a la universidad. Se verifica que de este grupo el 45,6% están dispuestos a usar la estrategia carpooling mientras que el 31,6% no lo está. Dentro del grupo de individuos que sí tiene compañeros cerca del hogar que pertenezcan al campus, la mayoría (52,4%) están dispuestos a compartir su vehículo. Las relaciones anteriores se ven en la Figura 6-5.

**Figura 6-5:** Mapa perceptual compañeros cerca - campus vs estrategia TDM 4 (UN)



Fuente: Elaboración propia con base en paquete estadístico SPSS

### 6.3.2.3 Tiempos asociados al PuT vs estrategia TDM asociadas al PuT (UN)

Existen dos variables asociadas a la oferta de transporte que según el estado del arte tienen relación con las estrategias asociadas al uso del transporte público. Se analizan mediante el ACS para verificar la correspondencia entre las variables tiempo de espera del servicio de transporte público y tiempo de caminata a la parada del servicio público con las estrategias TDM 1 y 7.

El ACS entre el tiempo de caminata a la parada del servicio de transporte público y la estrategia 1 (suministrar servicios de transporte público por parte de la universidad) en la UN presenta los siguientes resultados:

**Tabla 6-26:** Tabla de correspondencias tiempo de caminata a parada PuT vs estrategia TDM 1 (UN)

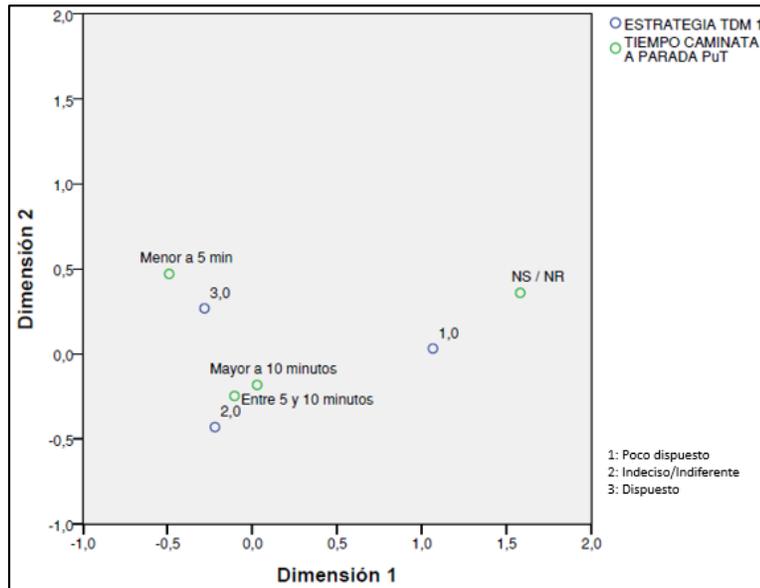
TIEMPO CAMINATA A PARADA PuT	ESTRATEGIA TDM 1			
	1	2	3	Margen activo
Menor a 5 min	5	15	32	52
Entre 5 y 10 minutos	11	23	30	64
Mayor a 10 minutos	17	29	39	85
NS / NR	10	3	6	19
Margen activo	43	70	107	220

Fuente: Elaboración propia con base en paquete estadístico SPSS

La tabla de correspondencias nos indica que la mayor parte de los encuestados (38,6%) caminan más de 10 minutos desde su hogar hasta la parada del servicio de transporte público lo cual no es recomendable en cualquier sistema de transporte porque esto se traduce en distancias mayores a los 500 metros, valor establecido como la distancia máxima a caminar para tomar un servicio de PuT. También significa una reducida accesibilidad topológica de la malla del servicio de transporte público en la ciudad. Seguido de éste se encuentran los individuos que caminan hasta la parada entre 5 y 10 minutos (29,1%) lo cual es un tiempo recomendable en una ciudad de este tamaño. Luego se encuentran los que caminan menos de 5 minutos (23,6%) lo cual viene siendo un óptimo en la prestación del servicio, seguramente porque dichos individuos viven cerca de un corredor de movilidad.

La Figura 6-6 muestra que quienes caminan más de 5 minutos hasta la parada del servicio de transporte se encuentran relacionados con la opción de respuesta vinculada a estar indecisos e indiferentes. Quienes caminan menos de 5 minutos hasta la parada pareciesen estar relacionados con la opción de sí estar dispuestos al cambio del transporte privado al transporte público ofrecido por la universidad.

**Figura 6-6:** Mapa perceptual tiempo caminata vs estrategia TDM 1 (UN)



Fuente: Elaboración propia con base en paquete estadístico SPSS

El ACS entre el tiempo de caminata a la parada del servicio de transporte público y la estrategia 7 (mejorar la oferta del SITP con servicios que finalicen su recorrido en las inmediaciones del campus) en la UN presenta los siguientes resultados:

**Tabla 6-27:** Tabla de correspondencias tiempo de caminata a parada PuT vs estrategia TDM 7 (UN)

TIEMPO CAMINATA A PARADA PuT	ESTRATEGIA TDM 7			
	1	2	3	Margen activo
Menor a 5 min	8	22	22	52
Entre 5 y 10 minutos	13	19	32	64
Mayor a 10 minutos	14	28	43	85
NS / NR	8	4	7	19
Margen activo	43	73	104	220

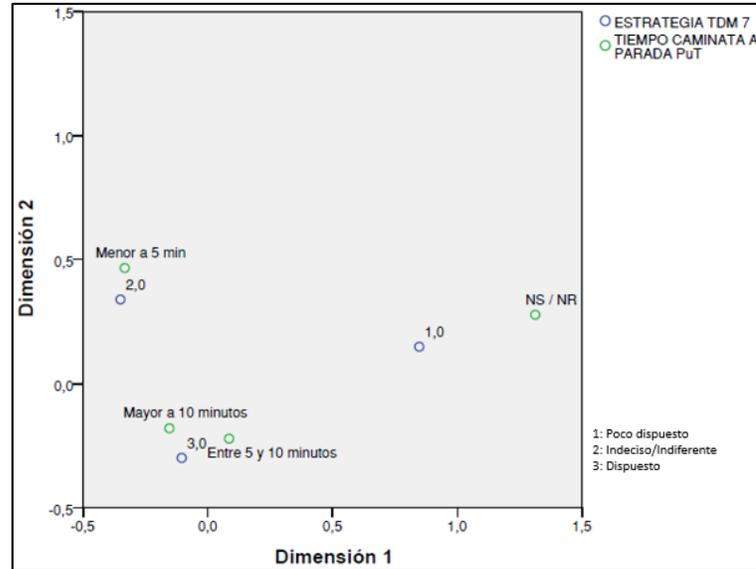
Fuente: Elaboración propia con base en paquete estadístico SPSS

Dentro del grupo de los que caminan más de 10 minutos hasta la parada del servicio de PuT la mayoría (50,6%) están dispuestos a cambiar su vehículo si se mejora la oferta del SITP hacia la universidad. Situación que se repite dentro de los encuestados que caminan entre 5 y 10 minutos (con el 50,0%). Por el contrario dentro del grupo de individuos que caminan menos de 5 minutos hasta la parada se encuentra equiparada la repartición entre quienes sí están dispuestos a cambiar de medio de transporte y quienes se encuentran indecisos e indiferentes (42,3% cada uno).

La Figura 6-7 muestra que quienes caminan más de 5 minutos hasta la parada del servicio de transporte se encuentran dispuestos a cambiar el automóvil por el SITP. Quienes caminan menos de 5 minutos hasta

la parada pareciesen estar relacionados con la opción de indecisión e indiferencia ante la situación hipotética planteada.

**Figura 6-7:** Mapa perceptual tiempo caminata vs estrategia TDM 7 (UN)



Fuente: Elaboración propia con base en paquete estadístico SPSS

### 6.3.2.4 Tenencia de vehículo propio vs estrategia TDM asociadas a medios de transporte activos (UN)

El número de vehículos propios o tenencia del automóvil (variable asociada al usuario) según el estado del arte puede tener cierta relación con las estrategias asociadas al uso de medios de transporte activos (caminata, bicicleta y transporte público). Se analizan mediante el ACM para verificar la correspondencia entre la variable tenencia del vehículo con las estrategias TDM 1, 5, 6, 7, 8 y 11.

El número de vehículos y el conjunto de estrategias TDM analizadas mediante el ACM reducida a sólo dos dimensiones o factores, presenta los siguientes resultados:

**Tabla 6-28:** Resumen modelo tenencia de vehículo vs estrategia TDM (medios activos UN)

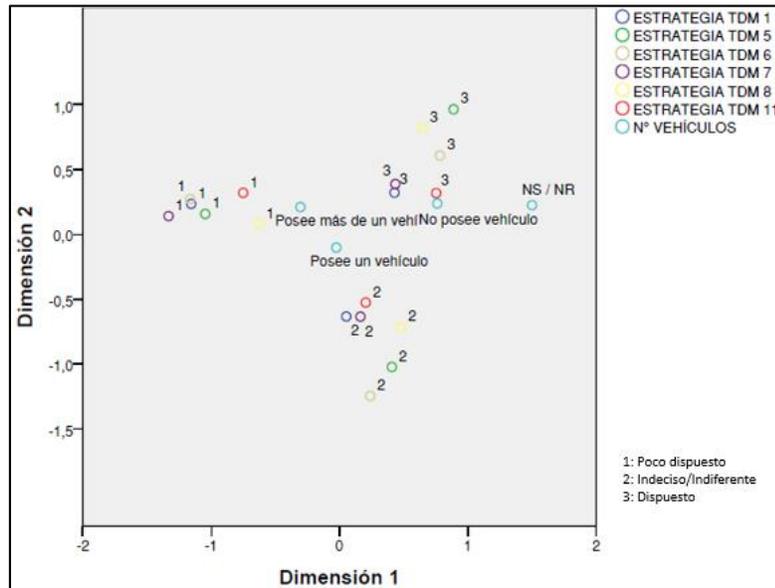
Dimensión	Alfa de Cronbach	Varianza contabilizada para		
		Total (autovalor)	Inercia	% de varianza
1	,779	3,009	,430	42,991
2	,616	2,118	,303	30,250
Total		5,127	,732	
Media	,712 <sup>a</sup>	2,563	,366	36,620

Fuente: Elaboración propia con base en paquete estadístico SPSS

Se observa que hay un 73,2% de la variabilidad de los datos explicada por las dimensiones consideradas en el modelo. Se nota que la primera dimensión explica un poco más la varianza de los datos en comparación con la segunda. El coeficiente Alfa de Cronbach promedio obtenido es de 0,71 lo cual nos indica en este caso una aceptable fiabilidad de la escala.

En la Figura 6-8 se muestra el mapa perceptual del conjunto de categorías de las variables número de vehículos y el conjunto de estrategias TDM contempladas.

**Figura 6-8:** Mapa perceptual tenencia vehículo vs estrategias TDM (medios activos UN)



Fuente: Elaboración propia con base en paquete estadístico SPSS

Se puede apreciar a partir de la Figura 6-8 cierto nivel de agrupación entre las variables analizadas. El punto que representa a las personas que no poseen vehículo propio se ubica muy cercano a la opción relacionada con el sí estar dispuesto a optar por cambiar el coche y utilizar cualquier medio de transporte activo. Los que poseen un vehículo tienen cierta relación con la no disposición a cambiar su medio de movilización hacia el campus y quienes poseen más de dos vehículos no presentan una asociación clara con las opciones de respuesta.

### 6.3.2.5 Percepción del tráfico vehicular vs estrategia TDM asociadas a medios de transporte no motorizados (UN)

La percepción del tráfico vehicular desde el hogar hasta el campus (variable asociada al viaje) según el estado del arte puede tener cierta relación con las estrategias asociadas a cambiar el coche por un medio de transporte no motorizado. Se analizan mediante el

ACM para verificar la correspondencia entre las variables percepción tráfico vehicular con las estrategias TDM 8 y 11.

La percepción del tráfico vehicular y el conjunto de estrategias TDM analizadas mediante el ACM reducida a sólo dos dimensiones o factores, presenta los siguientes resultados:

**Tabla 6-29:** Resumen modelo percepción tráfico vehicular vs estrategias TDM (medios no motorizados UN)

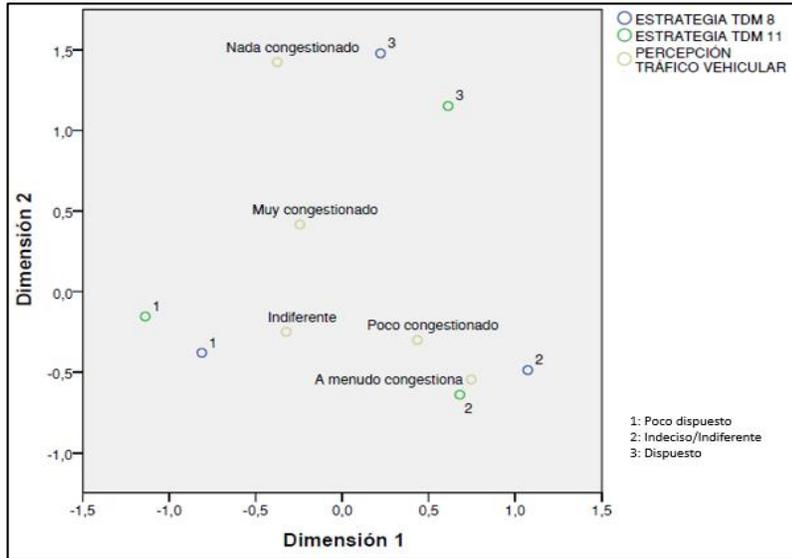
Dimensión	Alfa de Cronbach	Varianza contabilizada para		
		Total (autovalor)	Inercia	% de varianza
1	,570	1,612	,537	53,743
2	,434	1,407	,469	46,892
Total		3,019	1,006	
Media	,506 <sup>a</sup>	1,510	,503	50,318

Fuente: Elaboración propia con base en paquete estadístico SPSS

Se observa que hay un 100% de la variabilidad de los datos explicada por las dimensiones consideradas en el modelo. Se nota que la primera dimensión explica un poco más la varianza de los datos en comparación con la segunda. El coeficiente Alfa de Cronbach promedio obtenido es de 0,506 lo cual nos indica en este caso la poca fiabilidad de la escala. Esto último puede significar que en la escala de la percepción del tráfico vehicular hubiese sido posible reducir o reagrupar las cinco categorías para así elevar un poco la medida de este parámetro.

En la Figura 6-9 se muestra el mapa perceptual del conjunto de categorías de la percepción del tráfico vehicular y el conjunto de estrategias TDM contempladas.

**Figura 6-9:** Mapa perceptual tenencia vehículo vs estrategias TDM (medios activos UN)



Fuente: Elaboración propia con base en paquete estadístico SPSS

Se puede apreciar a partir de la Figura 6-9 que existe algún nivel de asociación entre las categorías conformadas respecto a la percepción del tráfico vehicular desde el hogar hasta el campus con la disposición a cambiar el coche por otras alternativas como los medios no motorizados. Específicamente, quienes perciben que el tráfico no es nada congestionado se asocian a los individuos que están dispuestos a abandonar el coche y pasar a la caminata o bicicleta como medio de transporte. Quienes perciben que el tráfico es a menudo congestionado parecen indecisos e indiferentes con la decisión de cambiar a una estrategia TDM. Las otras dos categorías, "muy congestionado" y "poco congestionado" no están relacionadas con ninguna opción.

### 6.3.2.6 Percepción estado de la infraestructura no motorizados vs estrategia TDM asociadas a medios de transporte no motorizados (UN)

La percepción del estado de la infraestructura peatonal y de bicicletas desde el hogar hasta el campus (variable asociada a la oferta de transporte) según el estado del arte puede tener cierta relación con las estrategias asociadas a cambiar por el coche por un medio de transporte no motorizado. Se analizan mediante el ACM para verificar la correspondencia entre las variables percepción de infraestructura peatonal con las estrategias TDM 8 y 11.

La percepción de la infraestructura peatonal y el conjunto de estrategias TDM analizadas mediante el ACM reducida a sólo dos dimensiones o factores, presenta los siguientes resultados:

**Tabla 6-30:** Resumen modelo percepción infraestructura no motorizada vs estrategias TDM (medios no motorizados UN)

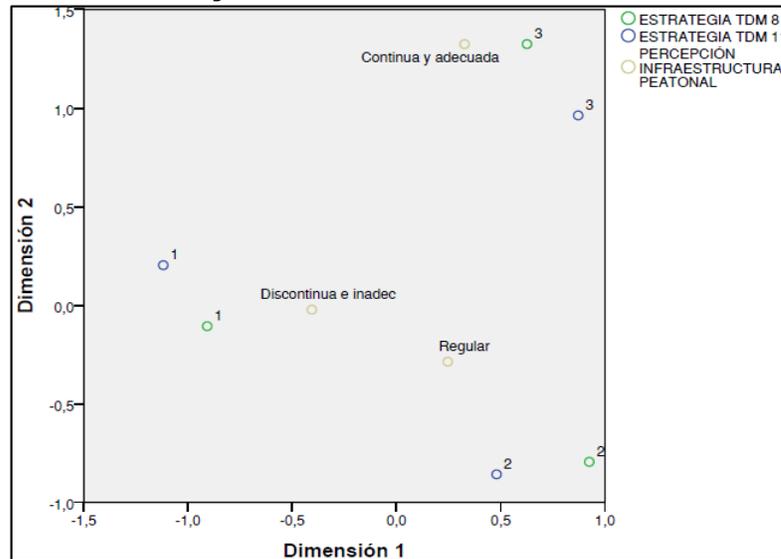
Dimensión	Alfa de Cronbach	Varianza contabilizada para		
		Total (autovalor)	Inercia	% de varianza
1	,552	1,583	,528	52,763
2	,399	1,363	,454	45,427
Total		2,946	,982	
Media	,482 <sup>a</sup>	1,473	,491	49,095

Fuente: Elaboración propia con base en paquete estadístico SPSS

Se observa que hay un 98,2% de la variabilidad de los datos explicada por las dimensiones consideradas en el modelo. Se nota que la primera dimensión explica un poco más la varianza de los datos en comparación con la segunda. El coeficiente Alfa de Cronbach promedio obtenido es de 0,482 lo cual nos indica en este caso la poca fiabilidad de la escala. Esto último puede significar que en la escala de la percepción del estado de la infraestructura peatonal hubiese sido posible reducir o reagrupar las tres categorías para así elevar un poco la medida de este parámetro.

En la Figura 6-10 se muestra el mapa perceptual del conjunto de categorías de la percepción del estado de la infraestructura peatonal y el conjunto de estrategias TDM contempladas.

**Figura 6-10:** Mapa perceptual percepción infraestructura no motorizada vs estrategias TDM (medios no motorizados UN)



Fuente: Elaboración propia con base en paquete estadístico SPSS

Se puede apreciar a partir de la Figura 6-10 que existe cierto nivel de asociación entre las categorías conformadas respecto a la percepción del estado de la infraestructura peatonal y de bicicletas desde el hogar hasta el campus con la disposición a cambiar el coche por otras alternativas como los medios no motorizados.

Específicamente, quienes perciben que la infraestructura es continua y adecuada se asocian a los individuos que están dispuestos a abandonar el coche y pasar a la caminata o bicicleta como medio de transporte. Quienes perciben que la infraestructura es discontinua e inadecuada parecen estar más cercanos de no estar dispuestos al cambio modal, mientras que quienes la consideran regular no tienen una relación muy fuerte con las opciones de respuesta.

## 6.4 Resultados enfoque no tradicional en la Universidad de los Andes

Se presentan a continuación los principales resultados obtenidos a partir del análisis de correspondencias ACS y ACM, llevado a cabo en el programa estadístico SPSS teniendo como base las categorías presentadas en el capítulo 6.1.1 y considerando la información recolectada en las encuestas de la Universidad de los Andes.

### 6.4.1 Relaciones primarias entre variables Andes

El análisis de correspondencias múltiples para las variables principales y primarias definidas en la investigación (género, edad y población universitaria) se muestra en relación con el conjunto de estrategias TMD puestas a consideración de los encuestados en la Universidad de los Andes para evaluar la disposición a abandonar el vehículo particular como medio de transporte al campus. Los análisis de correspondencias múltiples entre ambas universidades se muestran en el Anexo B.

#### 6.4.1.1 Género vs conjunto de estrategias TDM (ANDES)

El género y el conjunto de estrategias TDM analizadas mediante el ACM reducida a sólo dos dimensiones o factores, presenta los siguientes resultados:

**Tabla 6-31:** Resumen modelo género vs conjunto estrategias TDM (ANDES)

Dimensión	Alfa de Cronbach	Varianza contabilizada para		
		Total (autovalor)	Inercia	% de varianza
1	,727	2,749	,344	34,362
2	,525	1,850	,231	23,126
Total		4,599	,575	
Media	,646 <sup>a</sup>	2,300	,287	28,744

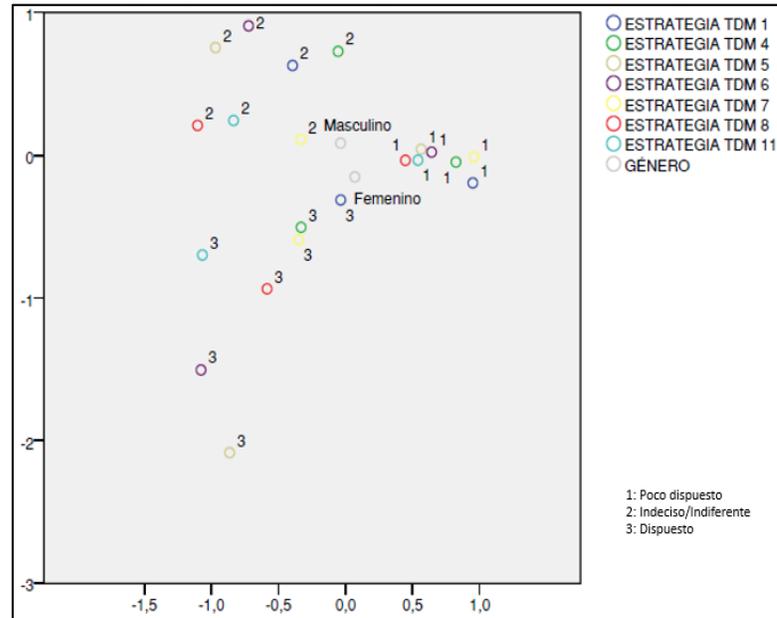
Fuente: Elaboración propia con base en paquete estadístico SPSS

Se observa a partir de la Tabla 6-31 que hay un 57,5% de la variabilidad de los datos explicada por las dimensiones consideradas en el modelo. Se nota que la primera dimensión explica más la

varianza de los datos en comparación con la segunda. El coeficiente Alfa de Cronbach obtenido de la primera dimensión es de 0,727 lo cual nos indica en este caso una aceptable fiabilidad de la escala.

En la Figura 6-11 se muestra el mapa perceptual de género y el conjunto de estrategias TDM contempladas.

**Figura 6-11:** Mapa perceptual género vs estrategia TDM (ANDES)



Fuente: Elaboración propia con base en paquete estadístico SPSS

Es apreciable a partir la Figura 6-11 que de manera general las mujeres están más cerca de estar dispuestas a cambiar el automóvil por otro medio de transporte. En cambio, los hombres pareciesen más cerca de la opción relacionada con estar indecisos e indiferentes para cambiar su medio de movilización al campus por una estrategia TDM. Si bien la relación no es muy fuerte porque los puntos en el gráfico no se encuentran lo suficientemente agrupados como en otros casos, es preciso notar estas dos relaciones para el género y su disposición al cambio modal de transporte.

Esta es la primera relación primaria que se obtiene para la Universidad de los Andes que se presenta de manera contraria a las relaciones encontradas en otras universidades identificadas en el estado del arte donde se evidenció que los hombres eran más propensos al cambio del vehículo por estrategias TDM.

#### 6.4.1.2 Edad vs conjunto de estrategias TDM (ANDES)

La edad y el conjunto de estrategias TDM analizadas mediante el ACM reducida a sólo dos dimensiones o factores, presenta los siguientes resultados:

**Tabla 6-32:** Resumen modelo edad vs conjunto estrategias TDM (ANDES)

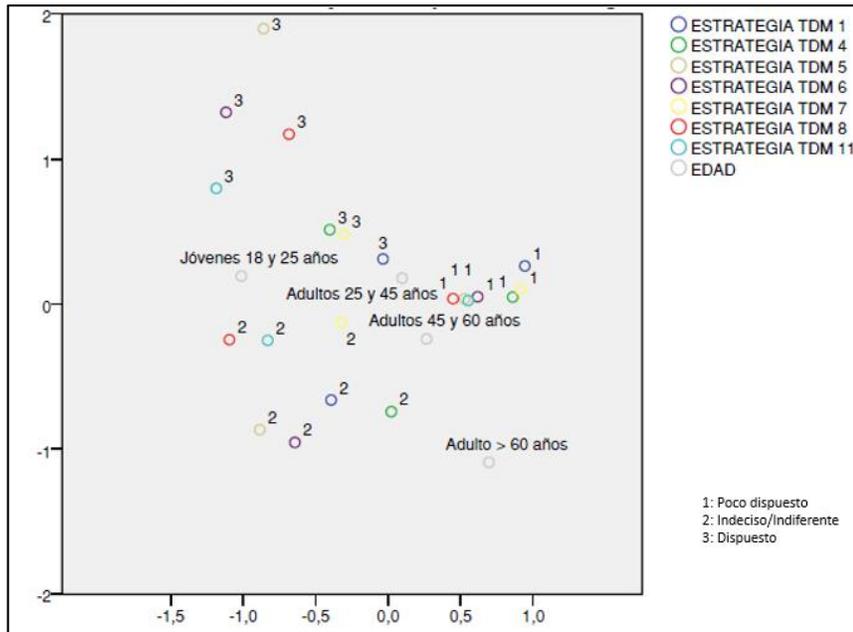
Dimensión	Alfa de Cronbach	Varianza contabilizada para		
		Total (autovalor)	Inercia	% de varianza
1	,747	2,890	,361	36,122
2	,541	1,900	,237	23,748
Total		4,790	,599	
Media	,666 <sup>a</sup>	2,395	,299	29,935

Fuente: Elaboración propia con base en paquete estadístico SPSS

Se observa que hay un 59,9% de la variabilidad de los datos explicada por las dimensiones consideradas en el modelo. Se nota que la primera dimensión explica más la varianza de los datos en comparación con la segunda. El coeficiente Alfa de Cronbach de la primera dimensión es de 0,747 lo cual nos indica en este caso una aceptable fiabilidad de la escala.

En la Figura 6-12 se muestra el mapa perceptual del conjunto de categorías de las variables edad y el conjunto de estrategias TDM.

**Figura 6-12:** Mapa perceptual edad vs estrategia TDM (ANDES)



Fuente: Elaboración propia con base en paquete estadístico SPSS

Se puede apreciar a partir de la Figura 6-12 cierto nivel de asociación entre los grupos etarios definidos para el análisis de correspondencias que responden a las relaciones encontradas en el estado del arte. Vemos pues que los adultos entre 45 y 60 años están poco dispuestos a cambiar su coche por otro medio de transporte. Se observa para los jóvenes entre los 18 y 25 años una relación no muy clara que se encuentra entre estar dispuesto y estar indeciso o

indiferente. Los adultos entre 25 y 45 años tampoco tienen según el gráfico una relación clara con alguna de las opciones planteadas, sin embargo, puede apreciarse que están más cerca del grupo que se abstiene al cambio. Por último, los adultos mayores a 60 años parecen no tener una asociación fuerte con ninguna opción.

### 6.4.1.3 Población universitaria vs conjunto de estrategias TDM (ANDES)

La población universitaria y el conjunto de estrategias TDM analizadas mediante el ACM reducida a sólo dos dimensiones o factores, presenta los siguientes resultados:

**Tabla 6-33:** Resumen modelo población universitaria vs conjunto estrategias TDM (ANDES)

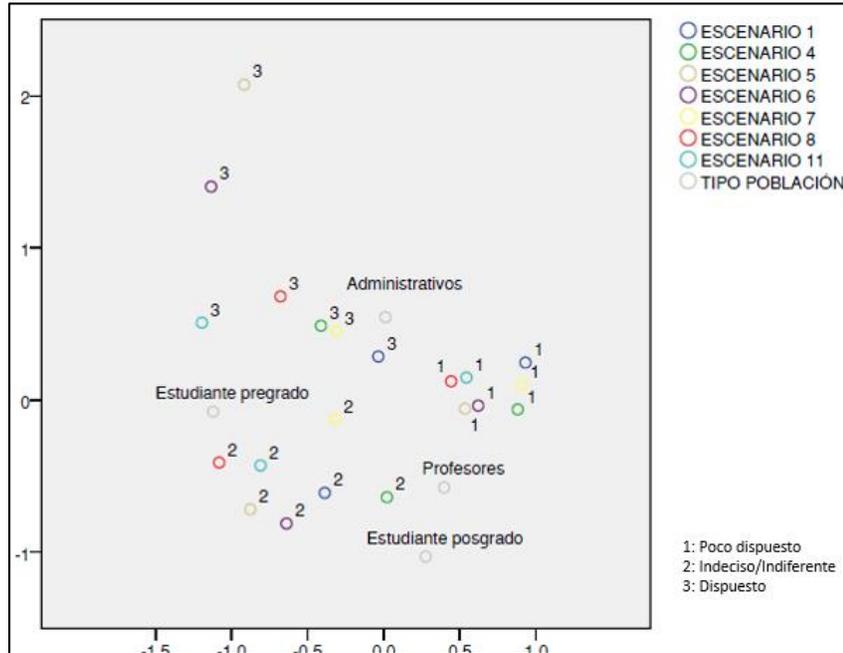
Dimensión	Alfa de Cronbach	Varianza contabilizada para		
		Total (autovalor)	Inercia	% de varianza
1	,750	2,912	,364	36,395
2	,572	2,001	,250	25,018
Total		4,913	,614	
Media	,678 <sup>a</sup>	2,457	,307	30,706

Fuente: Elaboración propia con base en paquete estadístico SPSS

Se observa que hay un 61,4% de la variabilidad de los datos explicada por las dimensiones consideradas en el modelo. Se nota que la primera dimensión explica un poco más la varianza de los datos en comparación con la segunda. El coeficiente Alfa de Cronbach de la primera dimensión es de 0,75 lo cual nos indica en este caso una aceptable fiabilidad de la escala.

En la Figura 6-13 se muestra el mapa perceptual del conjunto de categorías de las variables población universitaria y el conjunto de estrategias TDM.

**Figura 6-13:** Mapa perceptual población universitaria vs estrategia TDM (ANDES)



Fuente: Elaboración propia con base en paquete estadístico SPSS

Se puede apreciar a partir de la Figura 6-13 cierto nivel de asociación entre los grupos de población universitario definidos para el análisis de correspondencias que difieren completamente con las relaciones encontradas en el estado del arte. Vemos que el único grupo poblacional que se encuentra más cercano de los puntos relacionados con el "estar dispuesto" a cambiar su automóvil por una estrategia TDM son los administrativos. Los profesores y los estudiantes de posgrado se encuentran cerca del grupo de puntos relacionados con el estar indeciso e indiferente para cambiar su medio de transporte privado. Por su parte, los estudiantes de pregrado no presentan una asociación fuerte con ninguna opción pero se ubican más cerca de la opción "indeciso e indiferente".

Es claro que para el caso de la Universidad de los Andes, las relaciones encontradas con la disposición a cambiar el automóvil por una estrategia TDM presentan diferencias claras con lo evidenciado en el estado del arte. Por ejemplo, se esperaba que los estudiantes de pregrado estuvieran muy cerca de la opción a estar dispuestos al cambio. Los administrativos en este caso han tomado el puesto de los estudiantes y demuestran que poseen una mayor disposición con aceptar medidas de cambio en su elección modal.

#### 6.4.2 Relaciones secundarias entre variables ANDES

Se presentan a continuación únicamente los procesamientos en donde se obtuvieron relaciones claras a partir del análisis de

correspondencias ACS y ACM, llevado a cabo en el programa estadístico SPSS teniendo como base las categorías presentadas en el capítulo 6.1.1 y considerando la información recolectada en las encuestas de la Universidad de los Andes. El procesamiento de las variables en donde no se encontraron relaciones claras es mostrado en el Anexo C.

#### 6.4.2.1 Distancia hogar - campus vs estrategias TDM (ANDES)

El ACS entre la variable distancia hogar - campus y la estrategia 11 (implementar cicloparqueaderos vigilados con duchas) en los Andes se evaluó mediante dos dimensiones.

**Tabla 6-34:** Tabla de correspondencia distancia hogar - campus vs estrategia TDM 11 (ANDES)

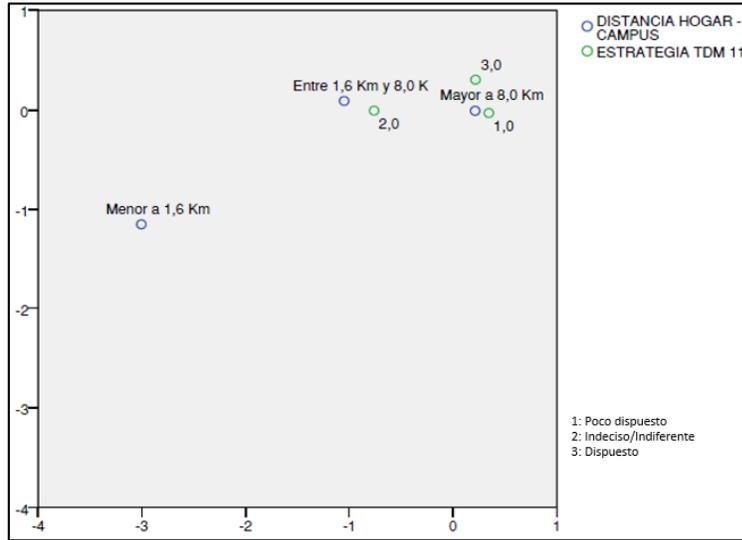
DISTANCIA HOGAR - CAMPUS	ESTRATEGIA TDM 11			
	1	2	3	Margen activo
Menor a 1,6 Km	0	1	0	1
Entre 1,6 Km y 8,0 Km	13	18	2	33
Mayor a 8,0 Km	118	45	14	177
Margen activo	131	64	16	211

Fuente: Elaboración propia con base en paquete estadístico SPSS

La tabla de correspondencias nos indica que la mayoría de personas encuestadas (62,1%) se encuentran poco dispuestas de aceptar la estrategia TDM planteada para cambiar el vehículo por opciones de medios no motorizados. Le siguen el grupo de personas encuestadas que se encuentran indecisas e indiferentes (30,3%). Por último, se encuentra el grupo de personas que sí estarían dispuestas a usar la caminata o la bicicleta como medio de transporte, aunque no son muchos en comparación con el total de encuestados (7,6%).

La Figura 6-14 muestra que quienes viven a más de 8,0 Km se encuentran poco dispuestos a cambiar su medio de transporte por la caminata o la bicicleta lo cual es razonable dada la distancia a recorrer en el viaje. Quienes viven entre 1,6 y 8,0 Km están relacionados con la opción asociada a la respuesta de indecisión e indiferencia.

**Figura 6-14:** Mapa perceptual distancia hogar - campus vs estrategia TDM 11 (ANDES)



Fuente: Elaboración propia con base en paquete estadístico SPSS

#### 6.4.2.2 Tiempos asociados al PuT vs estrategia TDM asociadas al PuT (ANDES)

El ACS entre el tiempo de caminata a la parada del servicio de transporte público y la estrategia 1 (suministrar servicios de transporte público en horas pico por parte de la universidad) en los Andes presenta los siguientes resultados:

**Tabla 6-35:** Tabla de correspondencia tiempo de caminata a parada PuT vs estrategia TDM 1 (ANDES)

TIEMPOS DE CAMINATA A PARADA PuT	ESTRATEGIA TDM 1			Margen activo
	1	2	3	
Menor a 5 min	9	25	35	69
Entre 5 y 10 minutos	9	26	36	71
Mayor a 10 minutos	14	15	42	71
Margen activo	32	66	113	211

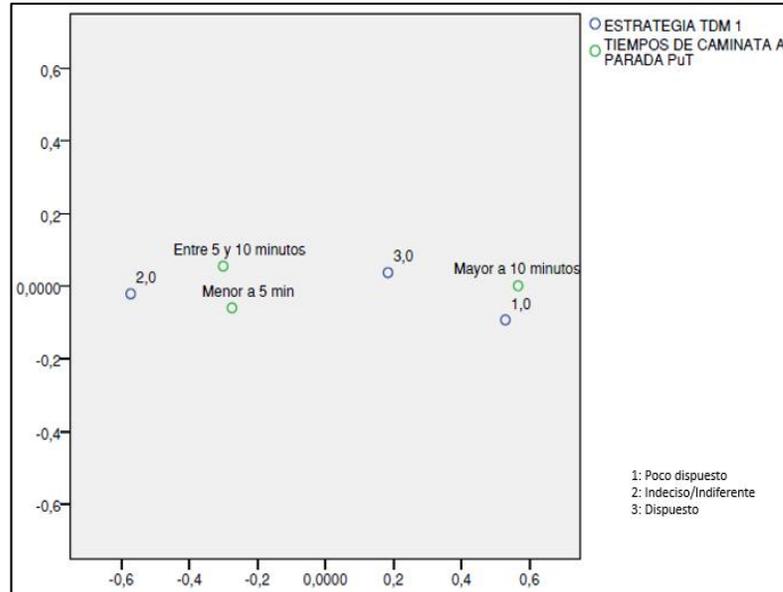
Fuente: Elaboración propia con base en paquete estadístico SPSS

La tabla de correspondencias nos indica que dentro del grupo de los que caminan más de 10 minutos hasta la parada del servicio de PuT la mayoría (59,2%) se encuentran dispuestos a cambiar su vehículo por buses de transporte público colectivo brindados por la universidad. Situación que se repite dentro de los encuestados que caminan entre 5 y 10 minutos (con el 50,7%) y de igual manera con los individuos que caminan menos de 5 minutos hasta la parada (50,7%).

La Figura 6-15 muestra cierto nivel de asociación entre quienes caminan más de 10 minutos hasta la parada del servicio de transporte público y el grupo de individuos que no ve llamativa la opción de cambiar su coche por la estrategia TDM planteada. Esto coincide con

lo descubierto en el estado del arte, pues quienes perciben poca accesibilidad al servicio de transporte urbano ven poco atractivo cambiar hacia este medio de transporte.

**Figura 6-15:** Mapa perceptual tiempo de caminata a parada PuT vs estrategia TDM 1 (ANDES)



Fuente: Elaboración propia con base en paquete estadístico SPSS

### 6.4.2.3 Tenencia de vehículo propio vs estrategia TDM asociadas a medios de transporte activos (ANDES)

El número de vehículos propios o tenencia del automóvil (variable asociada al usuario) según el estado del arte puede tener cierta relación con las estrategias asociadas al uso de medios de transporte activos (caminata, bicicleta y transporte público). Se analizan mediante el ACM para verificar la correspondencia entre la variable tenencia de vehículo con las estrategias TDM 1, 5, 6, 7, 8 y 11.

El número de vehículos y el conjunto de estrategias TDM analizadas mediante el ACM reducida a sólo dos dimensiones o factores, presenta los siguientes resultados:

**Tabla 6-36:** Resumen modelo tenencia de vehículo vs estrategias TDM (Medios activos ANDES)

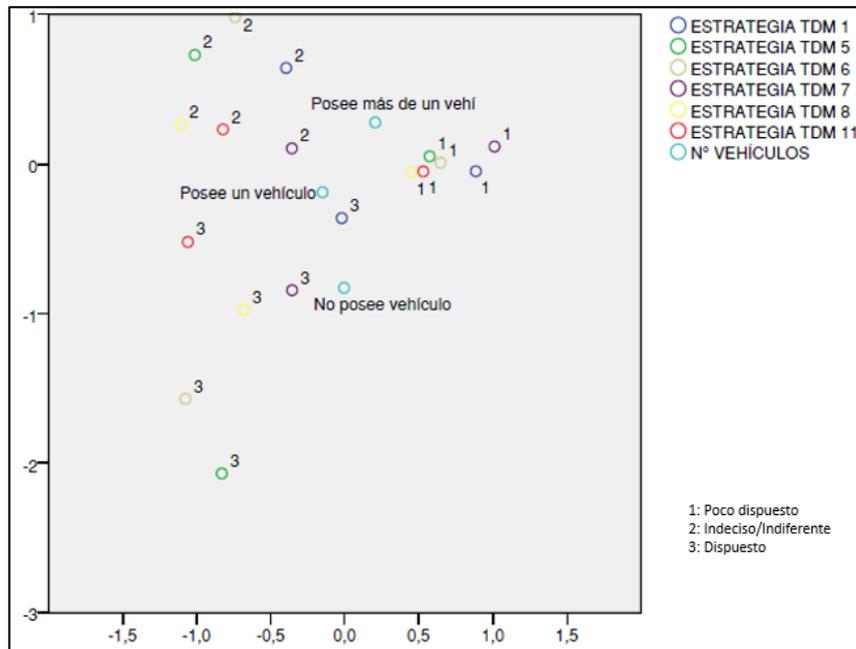
Dimensión	Alfa de Cronbach	Varianza contabilizada para		
		Total (autovalor)	Inercia	% de varianza
1	,724	2,634	,376	37,628
2	,484	1,709	,244	24,410
Total		4,343	,620	
Media	,629 <sup>a</sup>	2,171	,310	31,019

Fuente: Elaboración propia con base en paquete estadístico SPSS

Se observa que hay un 62,0% de la variabilidad de los datos explicada por las dimensiones consideradas en el modelo. Se nota que la primera dimensión explica un poco más la varianza de los datos en comparación con la segunda. El coeficiente Alfa de Cronbach promedio obtenido es de 0,629 lo cual nos indica en este caso la poca fiabilidad de la escala. Esto último puede significar que en la escala del número de vehículos hubiese sido posible reducir o reagrupar las tres categorías para así elevar un poco la medida de este parámetro.

En la Figura 6-16 se muestra el mapa perceptual del conjunto de categorías de las variables número de vehículos y el conjunto de estrategias TDM contempladas.

**Figura 6-16:** Mapa perceptual tenencia vehículo vs estrategias TDM (Medios activos ANDES)



Fuente: Elaboración propia con base en paquete estadístico SPSS

Se puede apreciar a partir de la Figura 6-16 cierto nivel de asociación entre las variables analizadas. El punto que representa a las personas que no poseen vehículo propio se ubica muy cercano a la opción relacionada con el sí estar dispuesto a cambiar el coche y utilizar cualquier medio de transporte activo. Los que poseen un vehículo tienen cierta relación con la disposición a cambiar su medio de movilización hacia el campus y quienes poseen más de dos vehículos no presentan una asociación clara con las opciones de respuesta. En efecto el no poseer vehículo puede aumentar las probabilidades de usar otros medios de transporte activos.

#### 6.4.2.4 Percepción estado de la infraestructura no motorizados vs estrategia TDM asociadas a medios de transporte no motorizados (ANDES)

La percepción del estado de la infraestructura peatonal y de bicicletas desde el hogar hasta el campus (variables asociadas a la oferta de transporte) según el estado del arte puede tener cierta relación con las estrategias asociadas a cambiar por el coche por un medio de transporte no motorizado. Se analizan mediante el ACM para verificar la correspondencia entre las variables percepción de infraestructura peatonal con las estrategias TDM 8 y 11.

La percepción de la infraestructura peatonal y el conjunto de estrategias TDM analizadas mediante el ACM reducida a sólo dos dimensiones o factores, presenta los siguientes resultados:

**Tabla 6-37:** Resumen modelo percepción infraestructura no motorizada vs estrategias TDM (Medios no motorizados ANDES)

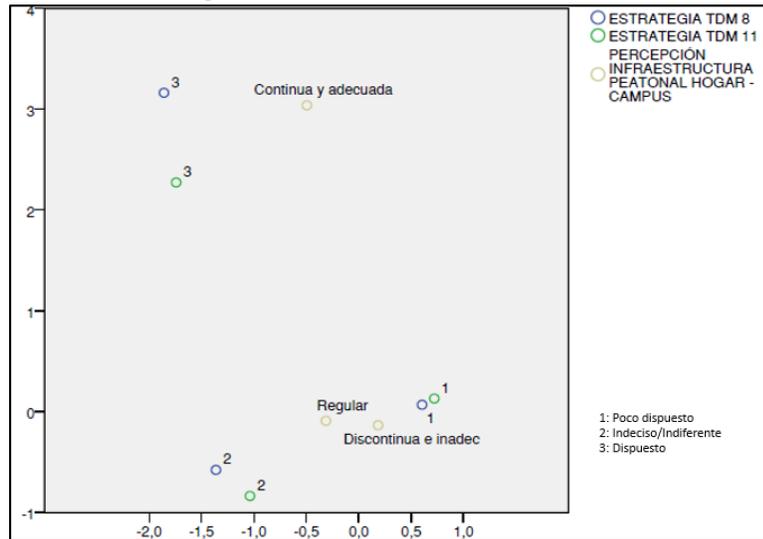
Dimensión	Alfa de Cronbach	Varianza contabilizada para		
		Total (autovalor)	Inercia	% de varianza
1	,669	1,805	,602	60,166
2	,431	1,404	,468	46,792
Total		3,209	1,070	
Media	,565 <sup>a</sup>	1,604	,535	53,479

Fuente: Elaboración propia con base en paquete estadístico SPSS

Se observa que hay un 100% de la variabilidad de los datos explicada por las dimensiones consideradas en el modelo. Se nota que la primera dimensión explica un poco más la varianza de los datos en comparación con la segunda. El coeficiente Alfa de Cronbach promedio obtenido es de 0,565 lo cual nos indica en este caso la poca fiabilidad de la escala. Esto último puede significar que en la escala de la variable percepción del estado de la infraestructura peatonal y de bicicletas hubiese sido posible reducir o reagrupar las tres categorías para así elevar un poco medida de este parámetro.

En la Figura 6-17 se muestra el mapa perceptual del conjunto de categorías de la percepción del estado de la infraestructura peatonal y el conjunto de estrategias TDM contempladas.

**Figura 6-17:** Mapa perceptual percepción infraestructura no motorizada vs estrategias TDM (Medios no motorizados ANDES)



Fuente: Elaboración propia con base en paquete estadístico SPSS

Se puede apreciar a partir de la Figura 6-17 que existe cierto nivel de asociación entre las categorías conformadas respecto a la percepción del estado de la infraestructura peatonal y de bicicletas desde el hogar hasta el campus con la disposición a cambiar el coche por otras alternativas como los medios no motorizados. Específicamente, quienes perciben que la infraestructura es continua y adecuada se asocian a los individuos que están dispuestos a abandonar el coche y pasar a la caminata o bicicleta como medio de transporte. Quienes perciben que la infraestructura es discontinua e inadecuada parecen estar más cercanos de no estar dispuestos al cambio modal, mientras que quienes la consideran regular no tienen una relación muy fuerte con las opciones de respuesta. Estas relaciones coinciden con lo encontrado en el estado del arte, pues la existencia de una infraestructura peatonal y de bicicletas en buenas condiciones motiva a las personas a utilizar los medios de transporte no motorizados.

#### 6.4.2.5 Percepción riesgos de accidentes sobre infraestructura no motorizada vs estrategia TDM asociadas a medios de transporte no motorizados (ANDES)

La percepción del riesgo de sufrir accidentes de tránsito en la infraestructura no motorizada desde el hogar hasta el campus (variables asociadas a la oferta de transporte) según el estado del arte puede tener cierta relación con las estrategias asociadas a cambiar por el coche por un medio de transporte no motorizado. Se analizan mediante el ACM para verificar la correspondencia entre las variables percepción riesgos accidentes de tránsito con las estrategias TDM 8 y 11.

La percepción de riesgos de accidentes de tránsito y el conjunto de estrategias TDM analizadas mediante el ACM reducida a sólo dos dimensiones o factores, presenta los siguientes resultados:

**Tabla 6-38:** Resumen modelo percepción riesgos accidentes de tránsito vs estrategias TDM (Medios no motorizados ANDES)

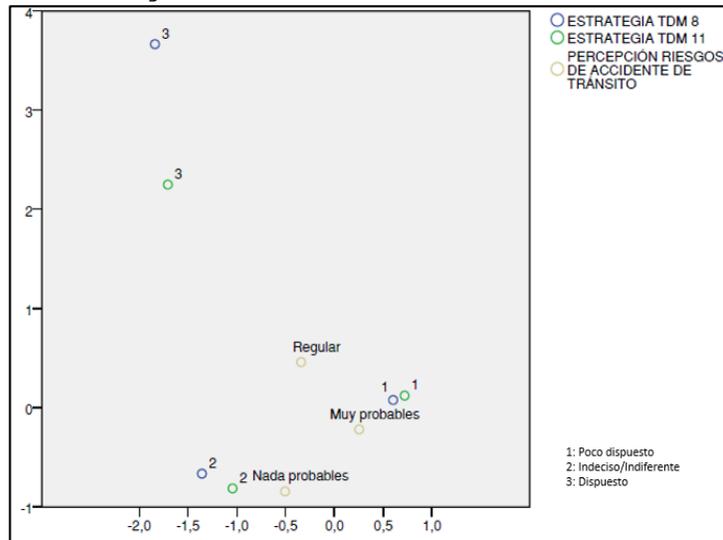
Dimensión	Alfa de Cronbach	Varianza contabilizada para		
		Total (autovalor)	Inercia	% de varianza
1	,676	1,820	,607	60,666
2	,347	1,301	,434	43,376
Total		3,121	1,040	
Media	,539 <sup>a</sup>	1,561	,520	52,021

Fuente: Elaboración propia con base en paquete estadístico SPSS

Se observa que hay un 100% de la variabilidad de los datos explicada por las dimensiones consideradas en el modelo. Se nota que la primera dimensión explica un poco más la varianza de los datos en comparación con la segunda. El coeficiente Alfa de Cronbach promedio obtenido es de 0,539 lo cual nos indica en este caso la poca fiabilidad de la escala. Esto último puede significar que en la escala percepción de los riesgos de accidente en viajes a pie o en bicicleta desde el hogar al campus hubiese sido posible reducir o reagrupar las tres categorías para así elevar un poco la medida de este parámetro.

En la Figura 6-18 se muestra el mapa perceptual del conjunto de categorías de la percepción de los riesgos de accidentes de tránsito y el conjunto de estrategias TDM contempladas.

**Figura 6-18:** Mapa perceptual percepción riesgos accidentes de tránsito vs estrategias TDM (Medios no motorizados ANDES)



Fuente: Elaboración propia con base en paquete estadístico SPSS

Se puede apreciar a partir de la Figura 6-18 que quienes respondieron que los riesgos de sufrir accidentes de tránsito son muy probables

(si se considera un viaje a pie o en bicicleta desde el hogar hasta el campus) están relacionados con la opción de respuesta de estar poco y nada dispuestos a migrar su elección modal del automóvil hacia los medios no motorizados. Quienes piensan que dicho riesgo de sufrir accidentes de tránsito en la situación planteada es nada probable se relacionan con la opción de respuesta que los ubica dentro de la indecisión y el estar indiferente. Los que consideran que la probabilidad de sufrir el accidente de tránsito es regular no se relacionan con alguna respuesta.

La relación encontrada en este caso coincide con una de las relaciones evidenciadas en el estado del arte pues quienes perciben altos riesgos de sufrir accidentes de tránsito en un viaje a pie o en bicicleta están menos dispuestos a utilizar los medios de transporte no motorizados en su viaje.

## **7. ANÁLISIS Y EVALUACIÓN DE LOS RESULTADOS DE AMBOS ENFOQUES DE PLANIFICACIÓN DEL ESTACIONAMIENTO**

En el presente capítulo se discutirán los principales resultados de la aplicación de ambos enfoques de la planificación del estacionamiento en los campus universitarios seleccionados de la ciudad de Bogotá, principalmente en términos de cantidad de espacios necesarios y de las variables involucradas en cada proceso.

### **7.1 Requerimientos de espacio de estacionamiento en cada enfoque de planificación**

Bajo el enfoque tradicional de la planificación del estacionamiento, o viejo paradigma de la planificación, se evaluaron cuatro metodologías para determinar las necesidades de espacios destinados al aparcamiento de los vehículos en cada campus universitario.

Dos de estas metodologías (Plan de Ordenamiento Territorial y estudio de rotación de placas) corresponden a la manera como los ingenieros y urbanistas locales realizan la planificación del estacionamiento en la ciudad de Bogotá. Las otras dos metodologías (ENO é ITE) son publicaciones de origen estadounidense reconocidas por su papel e influencia en el ordenamiento de las ciudades norteamericanas y de otras ciudades en el mundo que han seguido este modelo de desarrollo.

Los resultados de estas metodologías que se enmarcan en los enfoques tradicionales de la planificación procuran por ofrecer estacionamiento de acuerdo con los máximos niveles de demanda percibidos en el área de estudio.

Por su parte, la metodología conformada para evaluar la planificación del estacionamiento bajo enfoques no tradicionales, o nuevo paradigma de la planificación, contempló la aplicación de una encuesta a los usuarios del estacionamiento en las universidades que recopiló una serie de variables asociadas al entorno físico, el usuario, el viaje y la oferta de transporte, así como la disposición a cambiar el vehículo por una serie de estrategias de gestión de la demanda de transporte (TDM) que en otros estudios e investigaciones resultaron importantes para reducir el número de viajes en coche hacia los campus, y por tanto, la demanda de estacionamiento en estas instalaciones.

Las preguntas de tipo preferencia declarada les presentó a los encuestados distintas situaciones hipotéticas relacionadas con la

implementación de una u otra estrategia TDM para que indicara qué tan dispuesto o motivado, bajo este escenario hipotético, estaría para abandonar el automóvil y cambiarlo por otro medio de transporte.

El resumen de los resultados en torno a los espacios necesarios bajo ambos enfoques de la planificación del estacionamiento se muestra a continuación para cada universidad contemplada en la investigación.

### 7.1.1 Requerimientos de espacio Universidad Nacional de Colombia

Para la universidad de tipo oficial y pública que hizo parte de la investigación los cálculos resultantes de cupos necesarios para el estacionamiento u oferta de estacionamiento presentó los siguientes resultados para las metodologías tradicionales.

**Tabla 7-1:** Requerimientos de espacio metodologías tradicionales - UN -

Metodología	Cupos	Aumento oferta	Excedente de oferta	Área estacionamiento (m2)	Porcentaje área campus	Porcentaje área construida
Decreto 190 de 2004	5.047	416%	333%	63.089	5%	16%
Decreto 364 de 2013	31.633	2608%	2087%	395.406	31%	99%
Rotación de placas	1.516	125%	NA	18.950	1%	5%
ENO	3.353	276%	221%	41.913	3%	11%
ITE	7.576	625%	500%	94.699	7%	24%

Fuente: Elaboración propia

La primera columna de la Tabla 7-1 indica la metodología del enfoque tradicional que se está evaluando. La segunda columna muestra el número de espacios necesarios para el estacionamiento u oferta de estacionamiento según cada metodología. La tercera columna muestra el aumento que generaría ese valor en relación con la oferta actual de estacionamiento de la universidad. La cuarta columna muestra el excedente de oferta que se generaría si se ofrece los cupos de estacionamiento resultantes de la metodología en relación con la ocupación máxima de vehículos percibida en el estudio de tránsito. La quinta columna muestra el área necesaria para los cupos establecidos si se considera construir los estacionamientos de menor inversión (en superficie). La sexta columna muestra el porcentaje de área requerida por los cupos de estacionamiento en comparación con el área total del campus. La última columna muestra el mismo porcentaje de área requerida por los cupos de estacionamiento pero en comparación con el área construida del campus.

Exceptuando el estudio de rotación de placas que mide la demanda de estacionamiento percibida durante un día típico, según los datos entregados para la Universidad Nacional no existe alguna metodología que ofrezca menos de lo necesario en términos de plazas de

aparcamiento. Si actualmente la universidad aloja un máximo de 1.516 vehículos en su campus durante un día típico la aplicación de estas metodologías generaría un excedente de estacionamiento superior al 200% en los tres referentes analizados dentro del enfoque tradicional, llegando a más del 2.000% de excedente en uno de los casos.

Llama la atención que la metodología del Decreto 190 de 2004 generaría un excedente del 333% a sabiendas que fue la normativa con la cual se aprobaron la totalidad de estudios de tránsito y planes de regularización y manejo de las universidades en Bogotá. También es interesante que este es un decreto reciente y que fue modificado sólo hasta el año pasado (en el 2013) y a pesar de ello se siguen obteniendo resultados desmesurados. Esto indica que el cambio de paradigma de planificación en la ciudad es aún tan desconocido como poco aplicado.

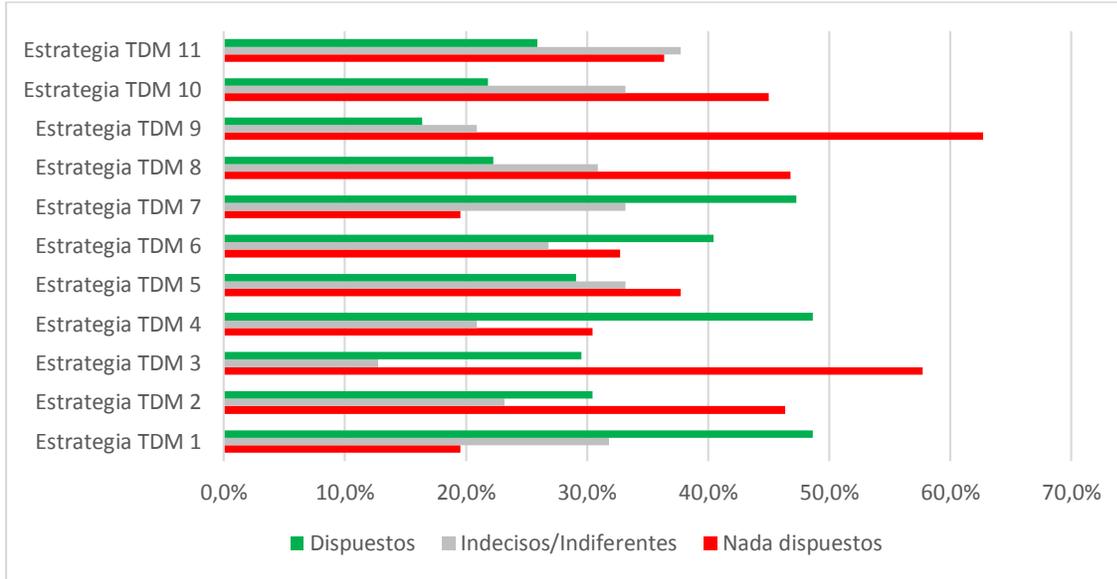
Los valores anteriores son todavía más preocupantes si se considera que la ocupación máxima de vehículos percibida en el campus que es de 1.516 coches se obtuvo en una universidad donde no existe cobro del estacionamiento ni control de acceso ni una sola estrategia TDM que procure mejores formas de movilidad. Es decir, de los 1.516 vehículos que se registraron demandando un espacio de estacionamiento se incluyen visitantes de la universidad y visitantes de lugares aledaños al campus pero que no hacen parte del mismo, los cuales aprovechan el campus como un sitio de estacionamiento gratuito. Si no se consideraran estos factores el excedente de oferta resultaría superior pues el número de accesos vehiculares a la universidad seguramente se verían disminuidos.

Se aprecia que el área necesaria para el estacionamiento en unos de los casos alcanza el 33% del área total del predio. Considerando las magnitudes que tiene el campus de la Universidad Nacional el resultado no es despreciable en virtud del gran número de espacios verdes que posee. Si en vez de considerar el área del campus se considera el área construida en su interior, se obtendría que el área necesaria para el estacionamiento según las metodologías tradicionales llegaría hasta a un 99%, valor impensable para la financiación de cualquier obra o proyecto urbanístico.

Respecto a los requerimientos de espacio resultantes del enfoque no tradicional se evalúa a continuación cuál es el porcentaje de reducción de viajes encuestados en vehículo hacia el campus, o mejor, la reducción de la demanda de estacionamiento, que se generaría si se consideran estrategias complementarias al estacionamiento para mejorar la movilidad hacia la universidad. En este caso el enfoque es totalmente distinto, pasamos de hablar de número de plazas necesarias para el estacionamiento en el viejo paradigma, a número de plazas que dejarán de ser usadas si se ofrecen ciertas estrategias a los usuarios bajo el nuevo paradigma de la planificación del estacionamiento.

El resumen de la efectividad en la aplicación de estrategias TDM que tengan como fin reducir la demanda de estacionamiento vehicular en el campus de la Universidad Nacional es mostrado en la Figura 7-1.

**Figura 7-1:** Efectividad estrategias TDM Universidad Nacional



Fuente: Elaboración propia con base en datos encuesta UN

Para los usuarios del estacionamiento en la UN existen dos estrategias que son igualmente efectivas o llamativas en relación con abandonar el automóvil como medio de transporte para usar otra opción alternativa. Corresponden a la estrategia TDM 1 y la estrategia TDM 4 que lograron que el 48,6% de los encuestados manifestaran su intención de estar dispuestos a cambiar su coche por alguna de estas dos opciones: i) suministrar transporte público exclusivamente a la población universitaria durante las horas pico con intervalos de 30 minutos y administrado por la universidad, y, ii) compartir el vehículo con otros miembros de la comunidad universitaria con un incentivo en la tarifa del estacionamiento.

Una opción generaría una reducción importante en los espacios de estacionamiento de hasta el 50% de los encuestados mientras que la otra opción seguiría requiriendo los mismos espacios de estacionamiento pero tendría la virtud de aumentar la ocupación del vehículo, lo cual también traduce altos impactos positivos en la movilidad y el ambiente.

Adicional a las dos estrategias más efectivas en la UN, existen otras dos que generan una buena porción de personas dispuestas al cambio en su elección modal. Son la estrategia TDM 6 (subvencionar dos pasajes diarios de transporte público) y la estrategia TDM 7 (aumentar la oferta de servicios del SITP hacia el campus con rutas

que terminen su recorrido en las inmediaciones del campus). Ambas estrategias proporcionan una reducción de la demanda de estacionamiento en el campus de más del 40% del total de encuestados.

Acá se verifica que fue importante desglosar o separar la estrategia relacionada con subvencionar pasajes de transporte, pues subsidiar un solo pasaje de transporte público genera una reducción de la demanda de estacionamiento del 29,1% (Estrategia TDM 5) mientras que subsidiar dos pasajes logró un aumento de este indicador al 47,3% (Estrategia TDM 6).

Por su parte, las demás estrategias TDM puestas a consideración de los usuarios del estacionamiento generan disminución de la demanda de espacio para aparcar vehículos de entre el 20 y 30 por ciento. La opción que tuvo una menor aceptación por parte de los encuestados en la UN (16,0% de disposición al cambio) fue la estrategia 9 relacionada con modificar el horario de actividades académicas y administrativas en el campus a un horario previo al período de mayor congestión vehicular de la ciudad en la mañana, es decir, iniciar labores en el campus a las 6 de la mañana.

## 7.1.2 Requerimientos de espacio Universidad de los Andes

Para la universidad de tipo privada que hizo parte de la investigación los cálculos resultantes de cupos necesarios para el estacionamiento u oferta de estacionamiento presentó los siguientes resultados para las metodologías tradicionales.

**Tabla 7-2:** Requerimientos de espacio metodologías tradicionales - ANDES -

Metodología	Cupos	Aumento oferta	Excedente de oferta	Área estacionamiento (m2)	Porcentaje área campus	Porcentaje área construida
Decreto 190 de 2004	1.381	192%	350%	17.259	17%	11%
Decreto 364 de 2013	2.475	345%	627%	30.938	31%	19%
Rotación de placas	395	55%	NA	4.938	5%	3%
ENO	3.360	468%	851%	42.000	42%	26%
ITE	4.395	612%	1113%	54.942	55%	34%

Fuente: Elaboración propia

Exceptuando el estudio de rotación de placas que mide la demanda de estacionamiento percibida durante un día típico, según los datos entregados por la Tabla 7-2 no existe alguna metodología que ofrezca menos de lo necesario en términos de plazas de aparcamiento. Si actualmente la universidad aloja un máximo de 395 vehículos en su campus durante un día típico la aplicación de estas metodologías generaría un excedente de oferta de estacionamiento superior al 350%

en los tres referentes analizados dentro del enfoque tradicional, llegando al 2.000% de excedente en uno de los casos.

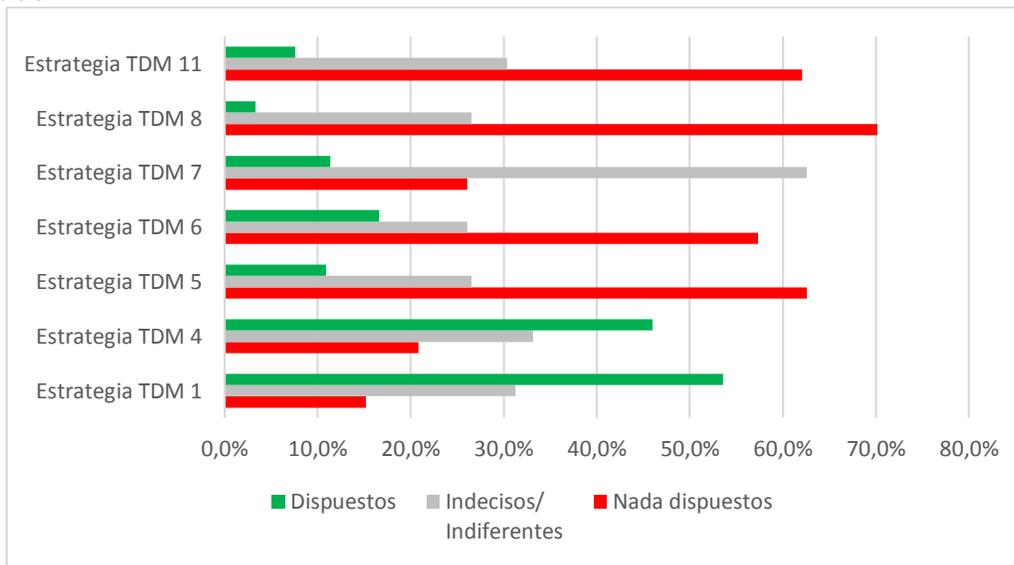
La metodología del Decreto 190 de 2004, al igual que en el caso de la Universidad Nacional, generaría un excedente del 350% con las mismas consideraciones que fue la normativa con la cual se aprobaron la totalidad de estudios de tránsito y planes de regularización y manejo de las universidades en Bogotá.

Si se aprecia el área necesaria se puede ver que existen necesidades superficiales que oscilan entre el 17% y 55% del área total de campus según la metodología establecida. Estos valores y su aplicación en la Universidad de los Andes causarían varios traumatismos en la institución considerando las preocupaciones actuales en términos de área con que cuenta el campus y las necesidades de expandir su planta física dedicada a actividades misionales donde no son propias las áreas para el estacionamiento.

Respecto a los requerimientos de espacio resultantes del enfoque no tradicional se evalúa a continuación cuál es el porcentaje de reducción de viajes en vehículo hacia el campus, o mejor, la reducción de la demanda de estacionamiento, que se generaría si se consideran estrategias complementarias al estacionamiento para mejorar la movilidad hacia la universidad.

El resumen de la efectividad en la aplicación de estrategias para la gestión de la demanda que tengan como fin reducir la demanda de estacionamiento vehicular en el campus de la Universidad de los Andes es mostrado a continuación.

**Figura 7-2:** Efectividad estrategias TDM Universidad de los Andes



Fuente: Elaboración propia a partir de datos de la encuesta Andes

Para los usuarios del estacionamiento en la Universidad de los Andes la estrategia más efectiva en relación con abandonar el automóvil como medio de transporte para usar otra opción alternativa corresponde a la estrategia TDM 1 (suministrar transporte público exclusivamente a la población universitaria durante las horas pico administrado por la universidad), la cual arroja una reducción en la demanda de estacionamiento del 53,6%. Tanto la estrategia como el porcentaje son muy similares con los resultados en la Universidad Nacional, esto indica que definitivamente es la mejor opción que puede reducir potencialmente la necesidad de espacios destinados al estacionamiento en ambos campus.

Adicional a la anterior, existe otra estrategia que genera una buena porción de personas dispuestas al cambio en su forma de movilización al campus. Es la estrategia TDM 4 (compartir el vehículo con otros miembros de la comunidad universitaria con un incentivo en la tarifa del estacionamiento) que proporcionaría una que el 46% del total de encuestados se motiven a aplicar esta opción.

Las demás estrategias TDM puestas a consideración de los usuarios del estacionamiento generan una disminución de la demanda de espacio para aparcar vehículos inferior al 20 por ciento. La opción que tuvo una menor aceptación por parte de los encuestados en los Andes (3,3% de disposición al cambio) fue la estrategia 8 relacionada con ofrecer un sistema de bicicletas gratuito para desplazarse del hogar al campus. Esto implica en términos generales una menor aceptación a las estrategias TDM por parte de la comunidad uniandina.

## **7.2 Variables involucradas en cada enfoque de planificación**

Bajo el enfoque tradicional de la planificación del estacionamiento, o viejo paradigma de la planificación, las cuatro metodologías consideradas tienen un número limitado de variables involucradas. Bajo el enfoque no tradicional de la planificación del estacionamiento, o nuevo paradigma de la planificación, la metodología conformada trató un sinnúmero de variables que según el estado del arte eran importantes en el proceso de planificación y se evaluó a través de un análisis de correspondencias cuáles de ellas procuran alguna relación con la demanda de estacionamiento a nivel local.

Como en cada capítulo donde se evalúa la planificación del estacionamiento se han precisado de manera detallada cuáles son las variables más importantes en el proceso y su significado, a continuación se resumen dichas variables y se asignan de acuerdo a la agrupación considerada en el capítulo 4.2.

En la Tabla 7-3 se describen y agrupan las variables que se incorporan en el proceso de planificación del estacionamiento bajo los métodos tradicionales.

**Tabla 7-3:** Resumen variables enfoque tradicional

Metodología	N°	Variable	Grupo
Decreto 190 de 2004	1	Número de estudiantes o escala del proyecto	Infraestructura
	2	Área construida generadora de estacionamientos	Infraestructura
	3	Ubicación de la universidad	Oferta de transporte
Rotación de placas	1	Cantidad de vehículos que llegan al estacionamiento	Tránsito vehicular
	2	Hora de entrada y salida de cada vehículo	Tránsito vehicular
	3	Capacidad del estacionamiento	Oferta de transporte
Metodología ENO	1	Número de estudiantes	Infraestructura
	2	Número de personal (profesores, administrativos, visitantes)	Infraestructura
	3	Asistencia diaria en día laborable típico	Tránsito vehicular y peatonal
	4	Factor de acumulación vehicular en la hora pico	Tránsito vehicular
	5	Porcentaje de población que realiza el viaje en vehículo	Usuario
Metodología ITE	1	Localización de la universidad (área urbana o suburbana)	Oferta de transporte
	2	Número de población universitaria total	Infraestructura

Fuente: Elaboración propia

En este caso se han agrupado el número de estudiantes o de población universitaria en el grupo de variables asociadas a la infraestructura del proyecto dado que la cantidad de personas es directamente proporcional al espacio o área construida que posee cada universidad.

El número de variables en las metodologías propias del enfoque tradicional oscilan entre dos y cinco variables en el mejor de los casos. El Decreto 190 de 2004, el estudio de rotación de placas y la metodología ITE con solo dos y tres variables realizan la planificación del estacionamiento en un uso de suelo tan importante y de escala metropolitana como las universidades.

También se nota que la metodología que más variables involucra es la desarrollada por el instituto ENO, aunque de las cinco que maneja sólo una está asociada al usuario. De hecho, en términos generales, variables propias del usuario no son muy tenidas en cuenta en estas metodologías. Tal como lo plantea el estado del arte y la literatura son técnicas que se enfocan en el comportamiento vehicular y en el tamaño de la infraestructura o proyecto urbanístico.

Para el otro lado de la investigación, se describen y agrupan las variables que se incorporan en el proceso de planificación del estacionamiento bajo los métodos no tradicionales, o nuevo paradigma de la planificación. Se consideran sólo las variables que tuvieron alguna relación importante y congruente con la metodología conformada. También se consideran para efectos del resumen sólo las estrategias de gestión de la demanda de transporte que generarían reducciones de la demanda de estacionamiento superiores al 40%, aunque esto no signifique que las demás no pueden ser efectivas para mejorar la movilidad hacia los campus universitarios.

**Tabla 7-4:** Resumen variables enfoque no tradicional

N°	Variable	Grupo	Universidad	
			NACIONAL	ANDES
1	Género	Usuario	X	X
2	Edad	Usuario	X	X
3	Tipo población universitaria	Usuario	X	X
4	Distancia hogar - campus	Viaje		X
5	Número de personas en el hogar	Usuario		X
6	Compañeros cerca del hogar	Usuario	X	
7	Tiempo de espera PuT	Oferta de transporte	X	
8	Tiempo de caminata a parada del transporte público	Oferta de transporte	X	X
9	Tenencia del vehículo	Usuario	X	X
10	Percepción del tráfico vehicular desde el hogar al campus	Oferta de transporte	X	
11	Percepción estado de la infraestructura peatonal y de bicicletas	Oferta de transporte	X	X
12	Percepción riesgos de accidentes de tránsito	Oferta de transporte		X
13	Ofrecer transporte público exclusivamente a la población universitaria en las horas pico administrado por la universidad	Estrategia TDM	X	X
14	Compartir el vehículo con otros miembros de la comunidad universitaria con un incentivo en la tarifa del estacionamiento	Estrategia TDM	X	X
15	Subvencionar dos pasajes diarios de transporte público	Estrategia TDM	X	
16	Aumentar la oferta de servicios del SITP hacia el campus con rutas que terminen su recorrido en las inmediaciones del campus	Estrategia TDM	X	

Fuente: Elaboración propia

En la Tabla 7-4 se muestran con una equis 'X' según corresponda la universidad donde se obtuvo una relación importante de esa variable con alguna estrategia de gestión de la demanda de transporte. Se

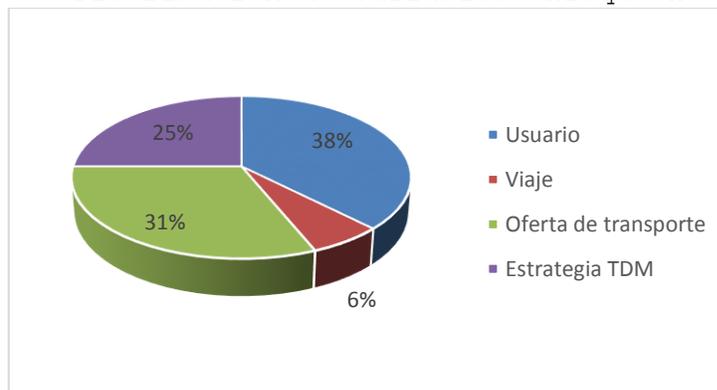
aprecia que se obtuvieron un total de 16 variables que pueden ser consideradas en el proceso de planificación del estacionamiento. La Universidad Nacional fue la institución donde se obtuvo un mayor número de relaciones claras entre variables, en total 14, mientras que en la Universidad de los Andes este número alcanzó un total de 11.

Se verifica que las estrategias TDM más efectivas y que podrían reducir la demanda de estacionamiento en más del 40% de los viajes encuestados son en total 4 para la Universidad Nacional y 2 para la Universidad de los Andes. De ellas, la estrategia de ofrecer servicio de transporte público por parte de la universidad para los miembros de la institución en las horas de máxima demanda con intervalos de 30 minutos y la estrategia de compartir el vehículo con otros miembros de la comunidad universitaria con un incentivo en la tarifa de estacionamiento, son las de mayor impacto y además presentan el mismo orden de eficiencia para ambas universidades.

Esto implica que ambas estrategias podrían ser las primeras opciones que se podrían evaluar por parte de las universidades para comenzar programas de movilidad sostenible.

Del total de variables que resultaron importantes en el proceso de planificación del estacionamiento bajo las técnicas no tradicionales se tiene la siguiente distribución.

**Figura 7-3:** Distribución de variables enfoque no tradicional



Fuente: Elaboración propia con base en datos encuestas UN y Andes

La mayoría de variables dentro del enfoque no tradicional resultaron estar asociadas al usuario con el 38%, seguido de éstas, se encuentran las variables asociadas a la oferta de transporte (31%); luego, se encuentran las variables asociadas a las estrategias TDM (25%), y por último, una única variable asociada al viaje (6%).

Este análisis sencillo de la agrupación de variables deja ver que no son necesariamente las variables asociadas al comportamiento vehicular y la infraestructura los parámetros más importantes en relación con establecer la demanda de estacionamiento. Es importante

resaltar que las variables asociadas al usuario, la oferta de transporte y las estrategias TDM tienen una repartición casi equitativa en su influencia dentro de la planificación del estacionamiento en las universidades seleccionadas.

Una conclusión importante de esto es que es necesario verificar, identificar y asociar variables propias del usuario y de la oferta de transporte para establecer estrategias que procuren por reducir la dependencia del automóvil en los campus estudiados.

Por ejemplo, en la Universidad Nacional sería importante dirigir en primer lugar las estrategias TDM al género masculino pues resultaron estar más dispuestos a usar medio alternativos de transporte. Así mismo, deberían dirigirse dichas estrategias a la gente más joven y a los estudiantes, debido a que son el grupo poblacional con mejor disposición al cambio. Por su parte, la Universidad de los Andes debería procurar dirigir sus estrategias con más ahínco al género femenino, a los jóvenes, a los administrativos y a quienes vivan a menos de 8,0 Km para obtener mejores resultados y una mayor efectividad en la reducción de los viajes motorizados. Y así, podrían establecerse muchas más relaciones entre variables y las estrategias TDM más convenientes según las características de la población.

Sería contraproducente comenzar un proceso de planificación del estacionamiento sin tener en cuenta estas variables y sin considerar que el estacionamiento hace parte de un sistema de transporte que no se encuentra aislado sino que al contrario, presenta muchas relaciones con los demás componente del sistema y que al evaluarlo de manera aislada es cuando se obtienen necesidades de espacio desproporcionadas que aumentan los costos de inversión de la universidad, la contaminación y los problemas de movilidad de la ciudad.

## 8. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 8.1 Conclusiones

Las conclusiones más representativas que se derivan de la investigación son las siguientes:

- La planificación del estacionamiento vehicular en las universidades de la ciudad y en general en cualquier proyecto urbanístico debe ser entendido como una parte no aislada del sistema de transporte en donde deben evaluarse las implicaciones que tiene el funcionamiento de los otros elementos que lo componen y las relaciones que se desprenden entre ellos. Si el fin del sistema de transporte es facilitar el desplazamiento de los bienes y servicios entre distintos lugares geográficos bajo ciertas condiciones que minimicen los impactos negativos de esta actividad, el subsistema de estacionamiento debería propender por alinearse dentro de ese fin. Cuando se analiza el estacionamiento de manera aislada se desconocen procesos y variables importantes lo cual repercute en afrontar mal el proceso de planificación.
- La manera en que los desarrolladores urbanísticos enfrentan el proceso de planificación del estacionamiento presenta problemas desde el comienzo, al sólo pensar que su proyecto debe ser capaz de alojar tantos vehículos como sean necesarios, sin cobrar por el estacionamiento y adoptando metodologías e indicadores con problemas estructurales como se demostró en la investigación.
- Existen tres maneras para evaluar la planificación del estacionamiento en campus universitarios y en general en cualquier proyecto urbanístico que fueron reconocidos en el documento: un método normativo, uno técnico y otro analítico. Los dos primeros corresponden a la manera como los ingenieros y las universidades elaboran la planificación del estacionamiento. Parte del tercer método, en cambio, no es bien conocido y mucho menos considerado en los procesos de planeación de los proyectos.
- El método normativo de la planificación del estacionamiento consiste en las disposiciones relacionadas con la oferta de estacionamiento que se encuentran en los planes de ordenamiento de las ciudades, en donde se establecen ciertos parámetros que generalmente dependen del área del terreno o área construida a partir del cual se determina el número de cupos de estacionamiento que debe ofrecer la universidad. Esta evaluación a partir de la normativa es obligación para la

obtención de licencias urbanísticas y quedan consignadas en los estudios de tránsito que se elaboran para ello.

- El método técnico se relaciona con la ejecución de estudios de tránsito que elaboran los ingenieros para determinar la demanda de estacionamiento en un lugar específico, en este caso los campus universitarios. Generalmente, el estudio más aceptado y difundido en el medio local para la determinación de esa demanda es el estudio de rotación de placas. Éste permite obtener la acumulación, rotación y tiempo de permanencia de los vehículos que ingresan a un estacionamiento específico, pero no alcanza a determinar la demanda potencial o excedente del lugar, por ejemplo, aquellos usuarios que no llegan en su vehículo porque saben que no encuentran un lugar, aquellos que al ver la entrada o el lote congestionado deciden buscar otro lugar de aparcamiento o aquellos que están planeando aumentar los viajes motorizados al campus.
- El método analítico de la planificación del estacionamiento conformado en la propuesta comprende los aportes, metodologías y procedimientos científicos que varios investigadores y académicos han desarrollado para dar un enfoque más profundo al estacionamiento. En éste, se reconoce un cambio fundamental para abordar el problema del estacionamiento, que generó dos enfoques completamente distintos conocidos como el viejo paradigma y nuevo paradigma de la planificación.
- El viejo paradigma o enfoque tradicional de la planificación del estacionamiento supone que el estacionamiento debe ser abundante y gratuito en la mayoría de destinos. Se esfuerza por maximizar la oferta y reducir al mínimo el precio. Supone que los estacionamientos nunca se deben llenar y que el costo de las instalaciones debe ser incorporado en los costes propios de cada edificio.
- El nuevo paradigma o enfoque no tradicional de la planificación del estacionamiento se esfuerza por ofrecer estacionamiento óptimo y con precio. Considera que los precios bajos para el estacionamiento son tan dañinos como los precios altos. Se esfuerza por utilizar de manera eficiente las instalaciones de estacionamiento y considera que los aparcamientos pueden permanecer llenos si son tratados los problemas de congestión y si se proveen medidas alternativas para la movilización de las personas.
- La planificación del estacionamiento en las universidades de la ciudad de Bogotá se realiza con base en el enfoque tradicional o viejo paradigma de la planificación en virtud que la aplicación de las prescripciones normativas del Plan de Ordenamiento Territorial (Decreto 290 de 2004 y Decreto 364 de 2013) resultan en una cantidad cuantiosa de cupos de

estacionamiento que generan un excedente de oferta superior al 300% en las dos universidades seleccionadas en comparación con la ocupación máxima registrada en el estudio de tránsito.

- Las metodologías que hacen parte del enfoque tradicional de la planificación del estacionamiento y que se evaluaron para determinar la oferta de cajones de aparcamiento de las universidades seleccionadas en la investigación fueron los decretos 190 de 2004 y 364 de 2013 (asociados al POT de la ciudad), y las metodologías de origen americano propuestas por el Eno Center For Transportation ENO y el Institute of Transportation Engineers ITE. La aplicación de estas metodologías generó un excedente de oferta (en relación con la ocupación máxima de estacionamiento registrada en los estudios de tránsito) de entre el 220% y 2.000% para la Universidad Nacional de Colombia Sede Bogotá, y de entre el 350% y 1.100% para la Universidad de los Andes Sede Bogotá.
- La metodología que se conformó para realizar la planificación del estacionamiento dentro del enfoque no tradicional en las universidades seleccionadas consistió en la aplicación de una encuesta a usuarios del estacionamiento que recopiló información a través de preguntas de preferencia revelada de variables consideradas importantes en el proceso de planeación según el estado del arte asociadas al entorno físico, el usuario, el viaje y la oferta de transporte. También recopiló información a través de preguntas de preferencia declarada para determinar qué tan dispuestos estarían los usuarios de migrar del automóvil privado a otros medios de transporte establecidos a través de estrategias TDM o estrategias de gestión de la demanda de transporte.
- Se encontró en la planificación del estacionamiento a partir del enfoque no tradicional que existe un buen porcentaje de variables asociadas al usuario, a la oferta de transporte y a las estrategias TDM que son importantes en el proceso y que mostraron relación con la demanda de estacionamiento en ambas universidades. Variables como el género, la edad, el tipo de población universitaria, el tiempo de caminata a la parada del servicio de transporte, la tenencia de vehículo particular, la percepción del estado de la infraestructura peatonal y de bicicletas, y la percepción de los riesgos de accidentes de tránsito en viajes no motorizados, resultaron tener relación con la disposición para el cambio modal del automóvil hacia medios alternativos con resultados particulares en cada universidad.
- Realizar un adecuado estudio y análisis de las características de los usuarios del estacionamiento es importante en el proceso de planificación del estacionamiento pues cada institución tiene poblaciones con características particulares que

repercuten en el proceso para determinar las necesidades de aparcamiento al interior del campus. Esto se deja ver al comparar las relaciones primarias encontradas en ambas instituciones en el sentido en que para la Universidad Nacional el género masculino, los jóvenes de 18 a 25 años y los estudiantes de pregrado y posgrado, son los usuarios que presentan mayor disposición a usar medios alternativos de transporte en lugar del automóvil particular. En cambio, en la Universidad de los Andes es el género femenino y los administrativos, los usuarios con mayor disposición al cambio modal.

- También se encontró en la planificación del estacionamiento a partir del enfoque no tradicional que la implementación de estrategias TDM pueden contribuir de manera importante con el fin de disminuir el número de viajes en vehículo hacia el campus, y por tanto, reducir la demanda de estacionamiento. Las estrategias de suministrar transporte público administrado por la universidad exclusivamente para la población universitaria por los principales corredores viales de la ciudad durante las horas pico con intervalos de media hora, y compartir el vehículo con otros miembros de la universidad con un incentivo en la tarifa de transporte, resultaron igualmente efectivas en ambos campus universitarios pues según los datos de la encuesta pueden generar reducciones de alrededor del 50% de la demanda de estacionamientos capturada en ambas instalaciones.
- La investigación demostró que es importante considerar dentro del proceso de planificación del estacionamiento en campus universitarios algunas variables asociadas al usuario, el viaje y la oferta de transporte, y que considerar la implementación de estrategias de gestión de la demanda de transporte puede mejorar el proceso de planificación y contribuir notablemente a los fines de movilidad sostenible de la ciudad. También demostró que la manera como se está elaborando dicha planificación hasta el momento no es la más adecuada pues resulta en necesidades de estacionamiento elevadas, que representan excedentes de oferta, con un número restringido de variables involucradas en el proceso y afrontando el problema de estacionamiento de manera aislada.

## 8.2 Recomendaciones

Las recomendaciones que se generan en torno a la investigación realizada, al proceso y metodología elaborada, y a sus resultados son las siguientes:

- Es importante ahondar en estudios que determinen el efecto que han tenido los requisitos en torno a la oferta de estacionamiento establecidos en los planes de ordenamiento territorial no sólo de la ciudad sino de otros municipios del país y en relación con varios usos de suelo, no sólo los educativos de nivel superior, para verificar la necesidad de cambiar o mejorar la forma en que las entidades de planeación municipal decretan las necesidades de aparcamiento mínimas de cada proyecto urbanístico.
- Los resultados obtenidos en la planificación del estacionamiento en los campus universitarios seleccionados a partir del Decreto 190 de 2004 y el Decreto 364 de 2013 sugieren un trabajo de revisión y ajuste por parte de la Secretaría Distrital de Planeación de los indicadores establecidos para determinar la oferta en usos educativos.
- Se recomienda a las universidades de la ciudad de Bogotá y a la Secretaría Distrital de Movilidad que a partir de los resultados encontrados en esta investigación, analicen y evalúen si realizar la planificación del estacionamiento únicamente a partir de estudios de rotación de placas es la manera más conveniente y adecuada para los fines de movilidad, sostenibilidad y economía que ha planteado el nuevo siglo.
- Se recomienda a la Universidad Nacional de Colombia y a la Universidad de los Andes sumar esfuerzos para realizar un estudio similar al conformado en la planificación del estacionamiento bajo enfoques no tradicionales con un muestreo de tipo probabilístico para mejorar las conclusiones sobre las preferencias de la población universitaria en torno al uso y aceptación de estrategias de gestión de la demanda de transporte.
- Se recomienda a la Universidad Nacional de Colombia y a la Universidad de los Andes a partir de los resultados de la presente investigación comenzar el estudio para establecer medidas o estrategias de gestión de la demanda de transporte que puedan contribuir a disminuir la demanda de estacionamientos en sus instalaciones. Se recomienda analizar las opciones de ofrecer servicio público destinado únicamente a la población universitaria, y organizar y fortalecer el programa de vehículo compartido entre la población universitaria con un incentivo en la tarifa de estacionamiento, las cuales pueden representar acciones efectivas para disminuir la dependencia hacia el automóvil y la necesidad de espacios de estacionamiento al interior de los campus universitarios.
- Se recomienda a la Universidad Nacional evaluar mediante un estudio técnico las necesidades de mejorar la operación del

estacionamiento y adecuarlo a las características del nuevo paradigma de la planificación. Esto es, evaluar la necesidad de cobrar por el estacionamiento al interior del campus, adecuar un control de acceso, regular el estacionamiento al interior del campus, disminuir la oferta de estacionamiento sobre todo la oferta ilegal que sucede en varias partes de las instalaciones por el poco control y regulación que se hace del mismo, y evaluar la necesidades de generar estrategias de gestión de la demanda de transporte que puedan disminuir la demanda de estacionamiento.

- Según la evaluación que resultó de aplicar los indicadores establecidos por el Institute of Transportation Engineers ITE y por las preocupaciones e imprecisiones que algunos autores han encontrado en dicha publicación, no es recomendable adoptar la sugerencia que se establece en el Plan de Ordenamiento de Estacionamientos de la ciudad de Bogotá relacionada con calibrar los modelos estadísticos y analíticos de obras como el Trip Generation y Parking Generation para establecer la demanda de estacionamiento en grandes centros generadores de viajes. Es claro que estos modelos hacen parte del viejo paradigma de la planificación y que resultan en procesos que propenden por ofrecer espacios de estacionamiento de acuerdo a los niveles máximos de demanda que se registran en un día, dejando de lados factores importantes en el proceso y evaluando el estacionamiento de manera aislada.
- Por último, se recomienda como línea de trabajo futura evaluar la planificación del estacionamiento en motocicletas al interior de los campus universitarios haciendo énfasis en las medidas de seguridad vial que deben presentar al interior del campus, y también verificando que variables inciden en el uso de este tipo de vehículo y cuáles serían las estrategias para desincentivar su uso y promocionar otros medios alternativos de transporte.



## Bibliografía

- Albert, G., & Mahalel, D. (2006). Congestion tolls and parking fees: A comparison of the potential effect in travel behavior. *Transport Policy*, *XIII*, 496–502.
- Alcalde Mayor de Bogotá. (22 de 06 de 2004). *Decreto 190 de 2004. Por medio del cual se compilan las disposiciones contenidas en los Decretos Distritales 619 de 2000 y 469 de 2003*. Obtenido de <http://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=139>
- Alcalde Mayor de Bogotá. (25 de 11 de 2005). *Por el cual se reglamenta el artículo 430 del Decreto 190 de 2004, mediante la definición del procedimiento para el estudio y aprobación de los planes de regularización y manejo y se dictan otras disposiciones*. Obtenido de <http://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=18327>
- Alcalde Mayor de Bogotá. (2006). *Decreto 319 de 2006. Por el cual se adopta el Plan Maestro de Movilidad para Bogotá Distrito Capital, que incluye el ordenamiento de estacionamientos, y se dictan otras disposiciones*. Bogotá D.C., Colombia.
- Alcalde Mayor de Bogotá. (26 de 12 de 2007). *Decreto 596 de 2007. Por el cual se señalan las reglas para la exigencia, realización y presentación de estudios de movilidad de desarrollos urbanísticos y arquitectónicos en el Distrito Capital*. Obtenido de <http://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=28124>
- Alcalde Mayor de Bogotá. (2013). *Decreto 364 de 2013. Por el cual se modifican excepcionalmente las normas urbanísticas del Plan de Ordenamiento Territorial de Bogotá D.C*. Bogotá D.C.
- Alcalde Mayor de Bogotá, D.C. (5 de 2 de 2004). *Decreto 036 de 2004. Por el cual se establecen las normas para los inmuebles habilitados como estacionamientos en superficie y se acogen los diseños de espacio público y fachadas*. Obtenido de <http://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=11727>
- Alcaldía Mayor de Bogotá. (2013). *Análisis de los impactos económicos de la propuesta de modificación excepcional del Plan de Ordenamiento Territorial*. Bogotá.
- Anderson, S., & André, d. P. (2004). The economics of pricing parking. *Journal of Urban Economics*, *LV*, 1-20.

- Aoun, A., Abou-Zeid, M., Kaysi, I., & Myntti, C. (2013). Reducing parking demand and traffic congestion at the American University of Beirut. *Transport Policy*, XXV, 52-60.
- Balsells, J. (2004). *Guía de diseño de aparcamientos urbanos*. Barcelona, España: Colección Ingeniería de Puertos, Caminos y Puertos.
- Barata, E., Cruz, L., & Ferreira, J.-P. (2011). Parking at the UC campus: Problems and solutions. *Cities*, XXVIII, 406-413.
- Castañeda, M. B., Cabrera, A. F., Navarro, Y., & de Vries, W. (2010). *Procesamiento de datos y análisis estadísticos utilizando SPSS. Un libro práctico para investigadores y administrativos educativos*. Porto Alegre, Brasil: EDIPUCRS – Editora Universitária da PUCRS.
- Clear Air Institute. (2012). *Revisión de los sistemas de bicicletas públicas para américa Latina: Beneficios y Obstáculos*. Washington, D.C.
- Concejo de Bogotá D.C. (2003). *Acuerdo 79 de 2003. Por el cual se expide el Código de Policía de Bogotá D.C.* Bogotá, D.C.
- Congreso de Colombia. (18 de 07 de 1997). *Ley 388 de 1997. Por la cual se modifica la Ley 9 de 1989, y la Ley 2 de 1991 y se dictan otras disposiciones*. Obtenido de <http://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=339>
- Congreso de la República. (06 de 08 de 2002). *Ley 769 de 2002. Por la cual se expide el Código Nacional de Tránsito Terrestre y se dictan otras disposiciones*. Obtenido de [http://www.secretariassenado.gov.co/senado/basedoc/ley/2002/ley\\_0769\\_2002.html#inicio](http://www.secretariassenado.gov.co/senado/basedoc/ley/2002/ley_0769_2002.html#inicio)
- Consejo Nacional de Política Económica y Social. (2010). *Conpes 3677. Conpes de movilidad integral para la región capital Bogotá - Cundinamarca*. Bogotá.
- de la Fuente Hernández, S. (2011). *Análisis correspondencias simples y múltiples*. Madrid.
- Delmelle, E. M., & Delmelle, E. C. (2012). Exploring spatio-temporal commuting patterns in a university environment. *Transport Policy*, XXI, 1-9.
- Díaz Monroy, L. G., & Morales Rivera, M. A. (2011). *Estadística multivariada: inferencia y métodos*. Bogotá, Colombia: Editorial Universidad Nacional de Colombia.
- Environmental Protection Agency. (2006). *Parking Spaces / Community Places. Finding the balance through smart growth solutions*. Washington, DC.
- Franco Soto, D. C. (2014). *Consultoría Estadística. Apuntes de clase*. Universidad Nacional de Colombia. Bogotá, Colombia: Apuntes no publicados.

- Fundación Universitaria Panamericana. (2010). *Estudio de tránsito para la ampliación de sedes. Plan de Regularización y Manejo Fundación Universitaria Panamericana*. Bogotá, D.C.
- Guo, L., Huang, S., & Sadek, A. W. (2013). A novel agent-based transportation model of a university campus with application to quantifying the environmental cost of parking search. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 86-104.
- Hensher, D. A., & King, J. (2001). Parking demand and responsiveness to supply, pricing and location in the Sydney central business district. *Transportation Research Part A*, XXXV, 177-196.
- Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C., & Baptista Lucio, P. (1991). *Metodología de la investigación* (Primera ed.). México D.F.: McGRAW - HILL INTERAMERICANA DE MÉXICO, S.A. de C.V.
- Institute of Transportation Engineers. (2008). *Transportation Planning Handbook* (Tercera ed.). Washington, D.C.
- Institute of Transportation Engineers. (2010). *Parking Generation* (Cuarta ed.). Washington D.C.
- Instituto de Ingeniería UNAM. (2014). HiperPuma: Sistema Avanzado de Información al Viajero. *Gaceta Número 101 del Instituto de Ingeniería UNAM*, 10.
- Ison, S., & Rye, T. (2006). Editorial Parking. *Transport Policy*, XIII, 445-446.
- Ison, S., & Wall, S. (2002). Attitudes to traffic-related issues in urban areas of the UK and the role of workplace parking charges. *Journal of Transport Geography*, X, 21-28.
- Lam, W. H., Li, Z.-C., Huang, H.-J., & Wong, S. (2006). Modeling time-dependent travel choice problems in road networks with multiple user classes and multiple parking facilities. *Transportation Research Part B*, XL, 368-395.
- Letelier, M. J., Aller, M. B., Henao, D., Sánchez-Pérez, I., Vargas Lorenzo, I., de Lassaletta, J. C., . . . Vázquez Navarrete, M. L. (2010). Diseño y validación de un cuestionario para medir la continuidad asistencial entre niveles desde la perspectiva del usuario: CCAENA. *Gaceta Sanitaria*, 339-346.
- Litman, T. A. (2011). *Parking Management. Strategies, Evaluation and Planning*. Victoria, Canadá: Victoria Transport Policy Institute.
- Marsden, G. (2006). The evidence base for parking policies—a review. *Transport Policy*, XIII, 447-457.
- Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. (2010). *Decreto 1469 de 2010. Por el cual se reglamentan las disposiciones relativas a las licencias urbanísticas; al*

*reconocimiento de edificaciones; a la función pública que desempeñan los curadores urbanos y se expiden otras disposiciones.* Bogotá D.C., Colombia.

Ministerio de Medio Ambiente, y Medio Rural, y Marino. Gobierno de España. (2010). *Sistema de indicadores y condicionantes para ciudades grandes y medianas.* Madrid, España.

Moeinaddinia, M., Asadi-Shekaria, Z., Ismailb, C. R., & Zaly Shaha, M. (2012). A practical method for evaluating parking area level of service. *Land Use Policy*, XXIII, 1-10.

Molina, J. E., & Nieto, M. I. (1987). *Estudio de estacionamiento en la ciudad universitaria.* Tesis de pregrado. Universidad Nacional de Colombia. Bogotá, Colombia.

Monroe County Department of Planning and Development. (2007). *Statistical analyses of parking by land use.* Rochester, New York.

Morales Vallejo, P. (13 de Diciembre de 2012). *Tamaño necesario de la muestra: ¿Cupantos sujetos necesitamos?* Obtenido de Universidad Pontificia Comillas Madrid:  
<http://www.upcomillas.es/personal/peter/investigacion/Tama%F1oMuestra.pdf>

Morales, J. (2004). *Aplicación e interpretación de técnicas de reducción de datos según escalamiento óptimo (análisis de correspondencias múltiple y análisis de componentes principales categórico).* Tesis de pregrado. Universidad de Chile. Santiago, Chile.

Ommeren, J. v., Wentink, D., & Dekkers, J. (2011). The real price of parking policy. *Journal of Urban Economics*, LXX, 25-31.

Organización Panamericana de la Salud. (2009). *Informe sobre el estado de la seguridad vial en la región de las Américas.* Washington, D.C. .

Ortúzar S., J. d. (2000). *Modelos de demanda de transporte.* México, D.F.: Ediciones Universidad Católica de Chile de la Pontificia Universidad Católica de Chile.

Pereira F., H. F., & Flórez V., C. F. (1999). *Hacia una política de estacionamiento vehicular en la Universidad Nacional, sede Santafé de Bogotá.* Tesis de pregrado. Universidad Nacional de Colombia. Bogotá, Colombia.

Pineda, M., & Abadia, X. (2011). *Criterios de movilidad. El estacionamiento urbano en superficie. Orientaciones para la definición de políticas locales de movilidad.* Barcelona, España: Fundación RACC.

Pontificia Universidad Javeriana -Bogotá-. (2013). *Estudio de tránsito. Plan de Regularización y Manejo Pontificia Universidad Javeriana.* Bogotá, D.C.

Qian, Z. S., Xiao, F. E., & Zhang, H. (2012). Managing morning commute traffic with parking. *Transportation Research Part B*, XLVI, 894-916.

- Secretaría de Tránsito y Transporte. (2005). *Planeación del transporte urbano. En: Manual de Planeación y Diseño para la Administración del Tránsito y el Transporte*. Bogotá D.C., Colombia.
- Secretaría de Tránsito y Transporte. (2006). *Plan de Ordenamiento de Estacionamientos. En: Formulación del plan maestro de movilidad para Bogotá D.C., que incluye ordenamiento de estacionamientos*. Bogotá D.C., Colombia.
- Shannon, T., Giles-Corti, B., Pikora, T., Bulsara, M., Shilton, T., & Bull, F. (2006). Active commuting in a university setting: Assessing commuting habits and potential for modal change. *Transport Policy*, XIII, 240-253.
- Shoup, D. (1997). The high cost of free parking. *Journal of Planning Education and Research*, 3-20.
- Shoup, D. (2005). *The high cost of free parking*. Chicago IL: American Planning Association.
- Sill, O. (1969). *Construcción de aparcamientos. Manual para la planificación, construcción y explotación de edificios de aparcamiento y garajes subterráneos*. Barcelona, España: Editorial Blume.
- Simicevic, J., Milosavljevic, N., Maletic, G., & Kaplanovic, S. (2012). Defining parking price based on users' attitudes. *Transport Policy*, XXIII, 70-78.
- Smith, W. and Associates. (1965). *Parking in the City Center*. New Haven, Connecticut, Estados Unidos de América.
- Subsecretaría de Transportes del Ministerio de Transportes y Telecomunicaciones de Chile. (2011). *Implementación de un Sistema de Bicicletas Públicas en La Serena*. La Serena, Chile.
- Thompson, R. G., & Richardson, A. J. (1998). A parking search model. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, XXXII(3), 159-170.
- Tsamboulas, D. A. (2001). Parking fare thresholds: a policy tool. *Transport Policy*, VIII, 115-124.
- Universidad de Córdoba, Facultad de Ciencias de la Educación. (2009). *El análisis de datos mediante procedimientos informáticos. Curso: Métodos de investigación en educación. Educación Especial*. Córdoba, España.
- Universidad de La Salle. (2010). *Estudio de Tránsito. En: Plan de Regularización y Manejo de la Universidad de La Salle*. Bogotá D.C., Colombia.
- Universidad de los Andes. (2008). *Estudio de tránsito edificio de estacionamientos Centro Deportivo Universidad de los Andes*. Bogotá, D.C.
- Universidad de los Andes. (2012). *Estudio de tránsito. Plan de Regularización y Manejo Universidad de los Andes*. Bogotá, D.C.

- Universidad de los Andes. (2014). *Boletín estadístico 2013*. Bogotá.
- Universidad Nacional de Colombia. (2004). *Estudio de Tránsito. En: Plan de Regularización y Manejo de la Universidad Nacional de Colombia Sede Bogotá*. Bogotá D.C.
- Universidad Nacional de Colombia. (2004). *Plan de Regularización y Manejo Universidad Nacional de Colombia Sede Bogotá*. Bogotá, D.C.
- Universidad Nacional de Colombia. (2012). *Aforos vehiculares y peatonales en el campus por Planeación de Sede*. Bogotá.
- Universidad Nacional de Colombia. (2013). *Informe de gestión 2012*. Bogotá, D.C.
- Universidad Politécnica de Madrid. (2011). *Modelo de organización y gestión del campus universitario de la Universidad Politécnica de Valencia*. Madrid.
- Universidade de Sao Paulo. (04 de 05 de 2011). *USP disponibiliza bicicletas para usuários da Cidade Universitária*. Obtenido de Universidade de Sao Paulo. Faculdade de Saude Publica: <http://www.fsp.usp.br/site/paginas/mostrar/972>
- Urban Land Institute. (1983). *Shared parking* (Primera ed.). Washington D.C.: ULI- The Urban Land Institute.
- Vicéns Otero, J., & Medina Moral, E. (2005). *Análisis de datos cualitativos*. Madrid.
- Vignera, M. L., Batto, M., Strangi, G., Alcaraz, G., Strangi, E., Basso, M., & G., N. (2012). *Búsqueda del perfil docente de una universidad nacional argentina*. Córdoba, Argentina.
- Watters, P., O'Mahony, M., & Caulfield, B. (2006). Response to cash outs for work place parking and work place parking charges. *Transport Policy, XIII*, 503-510.
- Weant, R. A., & Levinson, H. S. (1990). *Parking*. Washington D.C.: Eno Foundation for Transportation.
- Weinberger, R., Kaehny, J., & Rufo, M. (2012). *Políticas Estadounidenses de Estacionamiento: una visión general de las estrategias de gestión*. New York, NY: Instituto de Políticas para el Transporte y el Desarrollo.
- Whitlock, E. M. (1982). *Parking for institutions and special events*. Connecticut: Eno Foundation for Transportation.
- Zhou, J. (2012). Sustainable commute in a car-dominant city: Factors affecting alternative mode choices among university students. *Transportation Research Part A, XLVI*, 1013-1029.