

UNIVERSIDAD DEL BÍO-BÍO

FACULTAD DE INGENIERIA

DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA CIVIL Y AMBIENTAL

Profesor Guía: **Patricio Álvarez Mendoza MSc. PhD.**

**“CALIBRACIÓN DE MODELOS DE GENERACIÓN Y
ATRACCIÓN DE VIAJES EN CENTROS COMERCIALES
DURANTE DÍAS NO LABORALES”**

**Proyecto de Título presentado en conformidad a los requisitos para obtener el título de
Ingeniero Civil**

JORGE NICOLÁS REYES MORALES

Concepción, Diciembre 2015

A mis padres, Jorge y Ellen, mis hermanas, Javiera y Francisca. Por su apoyo, paciencia y amor incondicional en todo momento.

AGRADECIMIENTOS

Agradecer a Dios, la virgen y a mi familia. Sin ellos hubiese sido imposible poder realizar esta carrera en este tiempo, el cual con altos y bajos fue una etapa espectacular llena de emociones y alegrías.

A mis compañeros y amigos, quienes en muchas ocasiones me tendieron una mano importante sin esperar algo a cambio. En especial a aquellos que me acogieron en sus hogares cuando los viajes hacia mi hogar eran interminables. Sobre todo a Jaime Latrach, Mauricio Baeza, Cristian Cabrera, Felipe Matamala, Brian Rojas, Felipe Jara, Sebastián Valenzuela, Néstor Gutiérrez, Enzo Peña, compañeros, hermanos, confidentes en todo momento. En especial a Beatriz Sanzana, quien fue una persona importante en mi vida, me apoyó y alentó en momentos difíciles.

A mis compañeros de la rama de handball, un deporte único y especial, me llevó representar a mi universidad a nivel nacional y me enorgullece, en especial a don Jorge Bahamondes, quien me enseñó lo esencial.

A mis profesores que con sus clases me hicieron estar despierto durante varias y largas jornadas, gracias por el tiempo y dedicación. Su ejemplo y profesionalismo son dignos de imitarlos en esta nueva etapa que comienza.

Espero que en la vida profesional sea un verdadero aporte a mi país, a mi ciudad LOTA, una persona que ayude sin tener interés y sobre todo de disfrutar de la vida, que la humildad y serviciabilidad me acompañen.

CALIBRACIÓN DE MODELOS DE GENERACIÓN Y ATRACCIÓN DE VIAJES EN CENTROS COMERCIALES DURANTE DÍAS NO LABORALES

Autor: Jorge Nicolás Reyes Morales

Departamento de Ingeniería Civil y Ambiental, Universidad del Bío-Bío
jnreyes.ing@gmail.com

Profesor Patrocinante: Patricio Álvarez Mendoza

Departamento de Ingeniería Civil y Ambiental, Universidad del Bío-Bío
palvarez@ubiobio.cl

Resumen:

Durante los últimos años el Gran Concepción ha experimentado una serie de cambios propios en el aumento de la población, parque automotriz y uso de suelo al interior de sus límites urbanos. Dichos cambios involucran la aparición de nuevas infraestructuras asociadas a las nuevas demandas de actividad económica. En este sentido la ciudad ha visto como en un plazo no superior a 20 años han aparecido y se han consolidado los centros comerciales como una eficiente respuesta a las necesidades del retail.

Para este tipo de desarrollo, la legislación vigente exige que se evalúen los impactos de dicha actividad sobre el sistema de transporte existente, situación que se ve dificultada por la falta de información respecto de las características de la demanda de transporte dentro de este tipo infraestructura.

Este trabajo estima una serie de parámetros que caracterizan la operación desde el punto de vista de la demanda de transporte en centros comerciales del Gran Concepción. Para ello se selecciona una muestra representativa de centros comerciales de diferente tamaño y se mide en detalle la generación de viajes y la atracción de viajes en diferentes periodos del día, tanto en días laborales como no laborales.

Los resultados de los modelos calibrados indican que la variable que mejor explica la demanda de transporte en centros comerciales es el área del mismo, observándose además que dicha demanda tiende a ser igual en días laborales como en no laborales.

Palabras Claves: Transporte, Modelo, Atracción, Generación, Viajes, Días no laborales.

CALIBRATION OF GENERATION MODELS AND ATTRACTION TRIPS IN SHOPPING CENTERS DURING NON WORKING DAYS

Author: Jorge Nicolás Reyes Morales

Departamento de Ingeniería Civil y Ambiental, Universidad del Bío-Bío
jnreyes.ing@gmail.com

Sponsor Professor: Patricio Álvarez Mendoza

Departamento de Ingeniería Civil y Ambiental, Universidad del Bío-Bío
palvarez@ubiobio.cl

Abstract:

In recent years the Gran Concepción has undergone a series of changes in own population growth, car ownership and use of land within city limits. These changes obviously involve the development of new infrastructure associated with the new demands of economic activity of the city. In this sense the city has seen a period not exceeding 20 years have appeared and consolidated shopping centers as an effective response to the needs of retail within the city.

However, for this type of development, the law requires that the impacts of this activity are evaluated on the existing transportation system, situation is hampered by the lack of information regarding the characteristics of demand for transport in such infrastructure.

In this paper a number of parameters characterizing the transaction from the point of view of transport demand in commercial centers of the Ggran Concepción is estimated. For this purpose a representative sample of different sized shopping centers is selected and measured in detail the trip generation and attraction of trips at different times of day, both on working days and non-working days

The results of the calibrated models indicate that the variable that best explains the demand for transport in malls is the same área, also it observed that the demand tends to be the same on working days and non-working days.

Keywords: Transport, Model, Attraction, Generation, Trips, Non-working days.

ÍNDICE GENERAL

1. INTRODUCCIÓN	1
2. OBJETIVOS.....	3
2.1. Objetivo General.....	3
2.2. Objetivos Específicos	3
2.3. Alcances del Estudio.....	3
3. MARCO TEÓRICO	4
3.1. Antecedentes Generales	4
3.2. Resumen del estado del arte.....	4
4. SELECCIÓN DE LOS CENTROS COMERCIALES	9
4.1. Proceso de Selección de los centros comerciales	9
4.1.1. Tamaño de la muestra	9
4.1.2. Requerimientos para la selección de centros comerciales	9
4.2. Elección de los centros comerciales	10
4.3. Características de los centros comerciales.....	11
5. RECOLECCIÓN DE DATOS	13
5.1. Campaña de medición.....	13
5.2. Instrumento de medición	13
5.3. Trabajo en terreno.....	14
5.4. Base de datos	16
6. CALIBRACIÓN DEL MODELO.....	18
6.1. Identificación y definición de la variable independiente	18
6.2. Perfil de demanda	19
6.2.1. Test de hipótesis y definición de modelos	21
6.3. Demanda de estacionamientos.....	33
6.4. Factor hora punta	34
7. COMPARACIONES CON OTROS ESTUDIOS.....	37
7.1. Comparación entre días laborales y días no laborales	37
7.1.1. Modelos obtenidos	37
7.1.2. Volumen ingresos totales	43
7.1.3. Demanda de estacionamientos de días laborales y no laborales	46

7.1.4. Factor de hora punta entre días laborales y no laborales.....	48
7.2. Capacidad de estacionamientos (OGUC)	50
7.3. Estudios de impacto sobre el sistema de transporte urbano (EISTU).....	50
7.4. Comparaciones con modelos anteriores.....	52
8. CONCLUSIONES	59
9. BIBLIOGRAFÍA.....	62

1. INTRODUCCIÓN

En el último tiempo, el desarrollo caracteriza al ser humano debido a que éste realiza actividades de la más variada índole que, según el lugar y la oportunidad con que se efectúan. Estas actividades están representadas por los diferentes usos de los espacios en la definición de los proyectos urbanos. En base a esto es necesario realizar una Evaluación de Impacto en el Sistema de Transporte Urbano (EISTU) con el fin de hacer un análisis crítico al efecto que se genera en el entorno de éstos, viendo el antes y después de éste; de tal forma que en el futuro se pueda contar con medidas de mitigación acordes al lugar y así procurar que la situación sea relativamente estable en el tiempo.

En la actualidad de Chile, son importantes estos estudios para poder determinar la demanda futura que generan los proyectos, considerando una certeza que los flujos tienen definida una magnitud y estructura de viaje. A nivel de proyecto, siempre es necesario evaluar el impacto de los centros comerciales sobre el sistema de transporte asociado a las actividades de llegada y salida de los usuarios a dichos centros de actividades.

En el caso del Gran Concepción, durante el último tiempo ha tenido un incremento considerable en la población, superando el millón de habitantes. El parque automotriz de la zona ha tenido un alza significativa, llegando a triplicarse en los últimos 20 años según el Instituto Nacional de Estadísticas (INE 2014). Además el desarrollo urbano genera un incremento considerable de los centros comerciales o los actualmente conocidos Strip Center, los cuales últimamente se han propagado en sectores de alta densidad demográfica y de fácil acceso, con el fin de renovar la industria del retail. Como consecuencia de este desarrollo, se generan incrementos en las demandas de viajes, aumento del sistema de transporte, entre otros.

Dados estos antecedentes, la demanda de viajes que atrae o genera un centro comercial se ve influenciada por diferentes variables, como por ejemplo: las actividades que se realizan en dichos centros, la localización, accesibilidad, capacidad, etc.

Para este estudio fue necesario el levantamiento de información correspondiente a los flujos vehiculares en los centros comerciales y características estructurales y de servicio que poseen cada una de estas instalaciones, de forma que se pudiera vincular estas variables y explicar la cantidad de viajes atraídos y generados durante días laborales por un modelo de regresión lineal simple.

2. OBJETIVOS

2.1. Objetivo General

- Calibrar modelos de generación y atracción de viajes para centros comerciales del Gran Concepción durante días no laborales.

2.2. Objetivos Específicos

1. Resumir el estado del arte para la modelación de la generación y atracción de viajes.
2. Revisar los modelos de generación y atracción existentes para el Gran Concepción
3. Implementar una campaña de medición para la recolección de datos.
4. Calibrar los modelos de generación y atracción de viajes para un conjunto de centros comerciales que mejor expliquen la muestra observada.
5. Comparar resultados con referencias en la literatura.

2.3. Alcances del Estudio

El presente estudio se limita al análisis de la atracción y generación de viajes de distintos centros comerciales del Gran Concepción, de modo que se pueda estimar un modelo de regresión lineal simple que explique el comportamiento de los usuarios dentro de diferentes periodos de tiempo y en días no laborales. Para realizar estas estimaciones se contará con una base de datos de los flujos de entrada y salida en los establecimientos, áreas respectivas de cada lugar y otros antecedentes que puedan explicar el modelo a proponer.

3. MARCO TEÓRICO

3.1. Antecedentes Generales

Las evaluaciones de impacto en el sistema de transporte urbano se realizan fundamentalmente para demostrar la factibilidad que tiene la instalación de una determinada actividad, desde la perspectiva del sistema de transporte. Estos estudios hacen referencia sobre los elementos que se sitúan tanto al exterior del proyecto como dentro de su área de influencia, teniendo presente que estos antecedentes serán un aspecto a tener en cuenta para el desarrollo de los futuros proyectos de ingeniería.

Los centros comerciales se definen como establecimientos de gran tamaño que concentran un número significativo de actividades, brindando un espacio relativamente reducido a una amplia oferta de productos y servicios, convirtiéndose en áreas de consumo y recreación. Estos centros son comúnmente contemplados en diferentes estudios de generación de viajes, debido a la capacidad que poseen para atraer y generar viajes, pero también debido a la proliferación de dichos establecimientos.

3.2. Resumen del estado del arte

Para el desarrollo de este estudio se consideraron antecedentes presentes en este último tiempo, del tal forma que se pueda establecer alguna relación con investigaciones anteriores acerca del comportamiento de estos viajes, las cuales presentan diferentes modelos calibrados en base a las ciudades o regiones estudiadas.

En primer lugar se presenta la metodología elaborada por Orellana (2003). Este modelo proviene de una tesis de pregrado de la Universidad del Bío-Bío, “Calibración de parámetros para la generación y atracción de viajes en medianos y grandes centros comerciales del Gran Concepción”, la cual fue elaborada a partir de información de 8 centros comerciales distribuidos en diferentes puntos del Gran Concepción. Dentro de los datos obtenidos se destaca lo siguiente:

- El área de atención de los centros comerciales variaba entre los 1600 y 48000 m², con una media de 14300 m².
- El número de estacionamientos fluctuaba entre los 100 y 2250 espacios, con una media de 738 espacios.
- El número de cajas presentes en los centros comerciales variaba entre 4 y 248 cajas, con una media de 61 cajas.
- El número de empleados en los establecimientos fluctuaba entre los 50 y 1915 empleados, con una media de 417 empleados.
- Se consideran variables dummy para identificar la seguridad y accesibilidad del recinto.

Mediante un análisis de modelos comparativos, el que mejor se ajustaba de acuerdo a los datos observados era la forma:

$$y = \alpha * \sqrt{x}$$

Donde:

y: variable dependiente

α : constante

x: variable independiente

El modelo considera que la variable independiente que mejor explica la atracción y generación de viajes en estos establecimientos, es el área de atención. A partir de esto se elaboraron modelos de atracción y generación de viajes, enfocados a las horas punta y diferenciando entre días de la semana y fin de semana. Las ecuaciones obtenidas fueron:

Atracción:

PMD semana: $y = 7.50645\sqrt{x}$; $R^2 = 0.87$

PT semana: $y = 9.28333\sqrt{x}$; $R^2 = 0.94$

Generación:

PMD semana: $y = 6.45799\sqrt{x}$; $R^2 = 0.74$

PT semana: $y = 8.72782\sqrt{x}$; $R^2 = 0.90$

Donde:

PMD: punta medio día

PT: punta tarde

x: área de atención

En segundo lugar, se presenta la metodología elaborada por Castillo (2012). Perteneciente a una tesis de pregrado de la Universidad Central de Venezuela, “Determinación de tasas de generación de viajes para centros de actividad comercial ubicados en ejes de transporte masivo del área metropolitana de Caracas”, la cual se enfoca en el estudio de 3 grandes centros comerciales de Caracas, de actividad mixta y adyacentes a estaciones de medios de transporte masivo. La información relevante de este estudio fue:

- El área de los centros comerciales variaba entre los 35715 y 72000 m².
- El número de estacionamientos fluctuaba entre los 1349 y 4000 espacios.
- El número de locales en los establecimientos rondaba entre los 200 y 800 comprendiendo tanto locales como oficinas.

Los modelos se obtuvieron en función a la base de datos obtenidos en un día hábil, considera que la variable independiente que mejor explica las tasas de generación de viajes en estos establecimientos, es el área vendible o rentable. Por ende, se establecieron modelos de atracción y generación de viajes enfocado a la hora punta medio día y punta tarde. Los modelos resultantes son:

Atracción:

$$\text{PMD: } y = 0.0082x - 188.71 ; R^2 = 0.82$$

$$\text{PT: } y = 0.0069x - 35.568 ; R^2 = 0.87$$

Generación:

$$\text{PMD: } y = 0.0081x - 69.34 ; R^2 = 0.61$$

$$\text{PT: } y = 0.0137x - 269.46 ; R^2 = 0.84$$

Donde:

PMD: punta medio día

PT: punta tarde

x: área vendible o rentable

En tercer lugar, se presenta la metodología elaborada por Mondejar (2015). Estudio realizado a partir de una práctica supervisada de la Universidad Nacional de Córdoba, “Estudio de generación de viajes, estacionamientos e impacto de tránsito en un centro comercial.”, la cual consiste en el estudio sobre el establecimiento Nuevocentro Shopping, ubicado en la ciudad de Córdoba, del cual se determina una tasa de generación de viajes, se relaciona la generación de viajes con el área de influencia que ejercida sobre el establecimiento, las necesidades de estacionamiento y el impacto que produce la implantación del centro comercial. Dentro de los datos relevantes de este centro se destaca:

- Superficie de ventas corresponde a 26000 m².
- Posee 155 locales comerciales y stands.
- Cuenta con 1500 empleados.
- Posee playas de estacionamiento de pago y gratuitas, 500 y 739 respectivamente, con un total de 1239 espacios.

El modelo que mejor se ajustaba era el propuesto por el Instituto de Ingenieros de Transporte de los Estados Unidos (ITE 2012). La variable explicativa para la generación de viajes es el área de ventas, en este caso en pies cuadrados.

Viernes:

$$\ln(y) = 0.65\ln(x) + 5.83 ; R^2 = 0.90$$

Donde y es el volumen de vehículos atraídos y x es el área de ventas en miles de ft². El modelo indica valores de viajes para la hora punta día viernes, un 8.4% para la atracción y un 9.2% para la generación de viajes.

Dentro de los modelos propuestos para el Gran Concepción, faltaría nombrar la Encuesta Origen Destino (EOD) realizada el año 1999 por la consultora Fernández & de CEA Ingenieros Ltda., cuyo estudio se llama “EOD de la Red Vial Básica del Gran Concepción”. Dentro de este estudio se presentaron modelos de atracción y generación de viajes para el periodo fuera de punta, cuyo horario se comprende entre 10:00 y 12:00 horas y desde 14:45-17:45 horas.

Modelo de Atracción Fuera de Punta

$$y = 0.0926x ; R^2 = 0.864$$

Modelo de Generación Fuera de Punta

$$y = 0.0499x ; R^2 = 0.86$$

Donde x representa el área de comercio en m².

4. SELECCIÓN DE LOS CENTROS COMERCIALES

4.1. Proceso de Selección de los centros comerciales

Para llevar a cabo esta metodología, se debió determinar de forma previa algunas estimaciones que son necesarias para la realización del análisis, las cuales son:

4.1.1. Tamaño de la muestra

El tamaño de la muestra es una variable importante para poder concluir de forma más acertada la relación entre la atracción y generación de viajes de los establecimientos estudiados. Sin embargo, no se cuenta con una metodología estadística que garantice cual es la cantidad exacta de centros que se deben considerar dentro del estudio de modo que la obtención de resultados sea lo más objetiva posible. Por otra parte, la metodología Estadounidense establece que para este tipo de estudio, una base mínima de tres centros comerciales.

4.1.2. Requerimientos para la selección de centros comerciales

La selección de los centros a estudiar debe ser cuidadosa con el fin de obtener información consistente de los viajes que se atraen y generan. De no ser así, se obtendrían datos menos exactos, lo cual se vería reflejado en los modelos a obtener.

Los criterios a considerar para el análisis deben ser acuerdo a las siguientes características:

- **Definición de los accesos**, para facilitar la instalación del equipo de medición y realizar un conteo de forma más clara.
- **Antigüedad del centro comercial**, debido a que mientras más tiempo este lleve en funcionamiento, tendrá una demanda mejor constituida, con el fin de evitar una gran variabilidad en los viajes. De este modo, los establecimientos a estudiar deben contar con un mínimo de dos años de operación.

- **Tamaño de los centros comerciales**, dado que se requiere obtener modelos de regresión lineal simple, es necesario poseer un rango de dimensiones para poder explicar de mejor manera el comportamiento de la demanda durante los días laborales.
- **Localización**, de modo que se pueda abarcar de forma amplia varios sectores del Gran Concepción, y que a su vez posean vías principales adyacentes que tenga un gran número de flujo. De forma implícita se considera el sector socioeconómico en el cual se desarrolla la actividad de dichos centros.

4.2. Elección de los centros comerciales

Es importante definir lo que es un centro comercial, lo cual para este estudio se entiende como una concentración de actividades comerciales que se agrupan dentro de un mismo uso de suelo, en el cual se realizan actividades comerciales para la compra de alimentos, artículos de hogar, vestuario, entre otros.

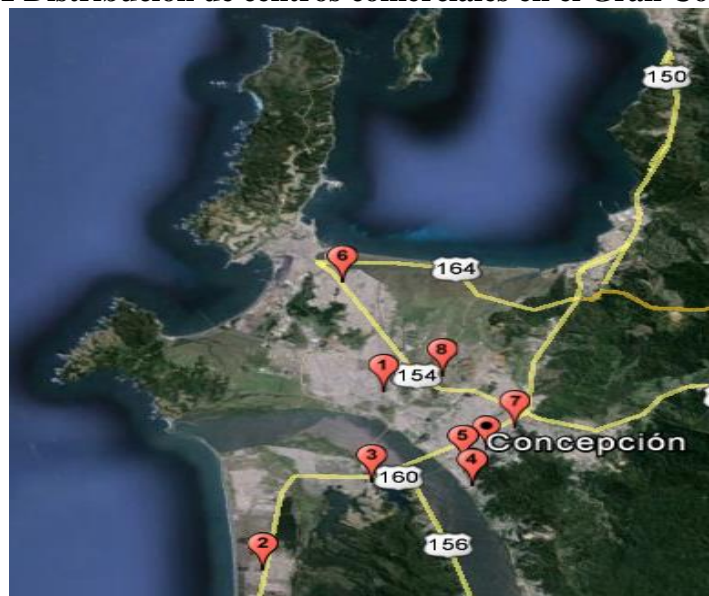
Considerando todos los criterios de requerimiento para el estudio, se logró seleccionar 8 centros comerciales que se distribuyen dentro de las comunas de Concepción, Talcahuano, Hualpén, San Pedro de la Paz y Chiguayante, los cuales son:

Tabla 1 Resumen de los centros seleccionados y ubicación.

Centro Comercial	Comuna	Dirección
Santa Isabel Lomas Coloradas	San Pedro de la Paz	Av. Portal de San Pedro 6950
Stripcenter Michimalonco	San Pedro de la Paz	Av. Michimalonco 1100
Unimarc	Concepción	Calle Chacabuco 70
Líder	Concepción	Av. San Juan Bosco 250
Santa Isabel Lomas San Andrés	Concepción	Av. Ramón Carrasco 52
Acuenta	Hualpén	Av. Colón 8870
Olimpia	Talcahuano	Av. Colón 3200
Jumbo	Chiguayante	Pedro de Valdivia 1010

Fuente: Elaboración propia

Figura 1 Distribución de centros comerciales en el Gran Concepción



Fuente: Google Earth

4.3. Características de los centros comerciales

Para poder realizar el estudio, fue necesario hacer una recopilación de datos de acuerdo a las características de interés para la investigación, en este caso, la superficie del centro comercial, considerando el área total del establecimiento, área techada del centro comercial y área de estacionamiento, además del número de trabajadores, número de cajas y número de estacionamientos.

Tabla 2 Dimensiones centros comerciales

Centro comercial	Área Techada Centro Comercial [m ²]	Área Estacionamientos [m ²]	Área total terreno [m ²]
Santa Isabel Lomas Coloradas	5684	3410	14119
Stripcenter Michimalonco	3914	3476	7351
Unimarc	5125	3087	7332
Líder	8842	5098	12245
Santa Isabel Lomas San Andrés	4778	2234	8587
Acuenta	2757	1328	4395
Olimpia	1641	939	2196
Jumbo	4385	2340	6569

Fuente: Elaboración propia

Tabla 3 Variables de servicio

Centro comercial	N° Estacionamientos	N° Empleados	N° Cajas
Santa Isabel Lomas Coloradas	191	120	10
Stripcenter Michimalonco	130	55	12
Unimarc	197	60	18
Líder	280	185	32
Santa Isabel Lomas San Andrés	95	50	8
Acuenta H	68	20	10
Olimpia	37	25	3
Jumbo	146	90	11

Fuente: Elaboración propia

5. RECOLECCIÓN DE DATOS

5.1. Campaña de medición

Una vez terminada la selección de los centros comerciales a estudiar, se debe establecer la fecha de inicio para realizar los conteos de ingreso y salida de vehículos a estos establecimientos.

Las mediciones se realizaron durante los meses de Abril, Mayo y Junio. Los periodos de medición de este estudio fueron de 10 horas consecutivas, iniciando desde las 11:00 hasta las 21:00. Siempre durante días no laborales.

Tabla 4 Campaña de medición

MESES	DÍAS		CENTRO COMERCIAL
	FERIADOS	NO FERIADOS	
ABRIL		18,19	SANTA ISABEL
		25,26	STRIPCENTER MICHIMALONCO
MAYO	1	2,3	UNIMARC
	21	9,10	LIDER
		16,17	JUMBO
		23,24	SANTA ISABEL
JUNIO		6,7	ACUENTA
		13,14	STRIPCENTER OLIMPIA

Fuente: Elaboración propia



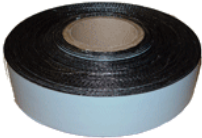

5.2. Instrumento de medición

Para este proyecto se facilitó el instrumento de medición Trax Apollyon por parte del departamento de Ingeniería Civil, desarrollado por Jamar Technologies Inc, el cual consiste en una grabadora de tráfico, permitiendo la recolección de datos para volumen, velocidad, clase y brecha, utilizando unas mangueras o tubos neumáticos. Para efectos de la investigación, el equipo estará enfocado a la medición de volumen.

Los elementos a utilizar en el levantamiento de información son:

- **Equipo Trax Apollyon:** consta de 4 sensores, cuyos usos varían de acuerdo al esquema a utilizar y la disposición de mangueras o tubos neumáticos. Posee una pantalla que permite manejar el menú de conteo, almacenamiento de información y utilidades. Cuenta con una ranura USB para traspasar la información almacenada en la memoria interna a un dispositivo de almacenamiento externo.
- **Mangueras Neumáticas:** para las mediciones se utilizaron dos mangueras de 30 metros de longitud, con un diámetro interior de 0.25 mm por diámetro exterior de 0.6 mm.
- **Cinta adhesiva:** facilita la fijación de las mangueras sobre el pavimento.
- **Elementos de seguridad:** para resguardar el equipo, se utilizaron cadenas y candado.

Figura 2 Instrumento y componentes

Equipo Trax Apollyon	Mangueras Neumáticas	Cinta Adhesiva	Elementos de seguridad
			

Fuente: Elaboración propia

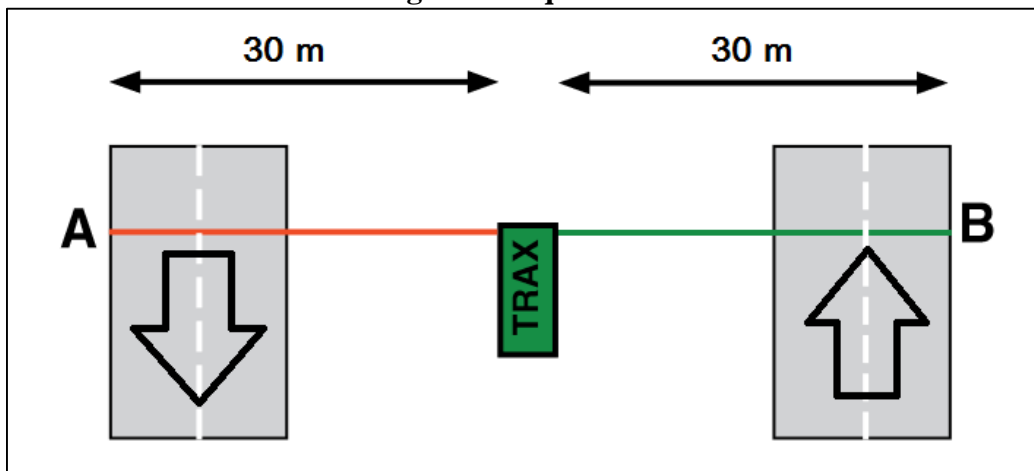
5.3. Trabajo en terreno

Algunas consideraciones que se debe tener al realizar las mediciones con el equipo:

- **Definición clara de los accesos,** debido a la utilización del equipo Trax Apollyon, se limita de acuerdo a la longitud de sus mangueras (30 metros), por lo cual acota la distancia entre accesos existentes del establecimiento. En el caso de que la separación este dentro de los 60 metros, se podrá levantar datos a través del esquema L1 (Figura 5), de modo que se diferencia una entrada y una salida de vehículos. Si se posee un

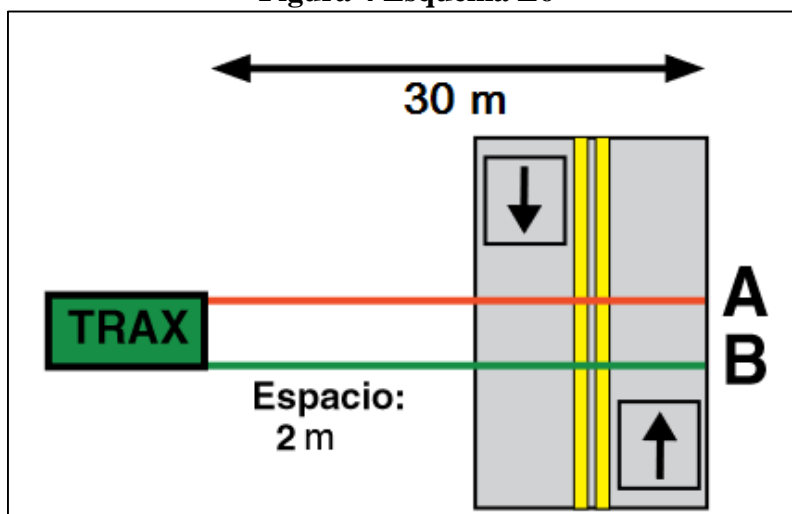
único acceso, se procede recoger datos mediante el esquema L6 (Figura 6), el cual puede discriminar el sentido de ingreso y salida. Si algún centro comercial posee más de dos accesos, se procede a cubrir la máxima cantidad de ellos con el equipo, mientras que el sobrante se estudiará de manera manual.

Figura 3 Esquema L1



Fuente: Manual de usuario Trax Apollyon

Figura 4 Esquema L6



Fuente: Manual de usuario Trax Apollyon

- **Testear la presión de las mangueras:** lo ideal es instalar el instrumento y las mangueras con media hora de anticipación con el fin de verificar que la toma de lecturas sea correcta para evitar errores en la medición.

- **Punto de seguridad y resguardo:** fundamental para el cuidado tanto del equipo como de los operadores. Se debe establecer un punto de seguridad en el lugar donde se ubicara el equipo, ver si se cuenta con algún elemento cercano como un poste o algún cerco para encadenar el equipo y que a su vez no llame tanto la atención de los transeúntes. Por otra parte, los operadores deben definir un punto donde puedan resguardarse y a su vez vigilar el equipo.

- **Contar con un registro manual:** para asegurar que el equipo está midiendo de forma eficiente, se debe tomar un registro manual por 15 minutos al comienzo de cada hora, para poder verificar que la recolección de datos sea lo más completa posible y minimizar los errores en las lecturas.

5.4. Base de datos

Una vez finalizada la recolección de información, se procesaran los datos obtenidos mediante el software TraxPRO, que permite ordenar los datos en intervalos de tiempo de 15 minutos y los volúmenes correspondientes a cada intervalo como vehículo equivalente. Los volúmenes de atracción y generación totales obtenidos en cada centro comercial se resumen en la tabla 5.

Tabla 5 Volumen viajes totales de atracción y generación

Centros comerciales	Volúmenes (Veh.)					
	Sábado		Domingo		Feriado	
	Vol. Ingreso	Vol. Salida	Vol. Ingreso	Vol. Salida	Vol. Ingreso	Vol. Salida
Líder	2774	2772	2699	2696	1712	1705
Sta. Isabel L.C.	1497	1496	1516	1498	X	X
Unimarc	1357	1344	1276	1272	X	X
Sta. Isabel L. Sn. Andrés	1554	1538	1861	1846	X	X
Jumbo	1253	1254	1343	1322	X	X
Stripcenter Michimalonco	2353	2350	1505	1466	X	X
Acuenta	603	597	609	599	X	X
Stripcenter Olimpia	662	650	594	572	X	X

Fuente: Elaboración propia

6. CALIBRACIÓN DEL MODELO

6.1. Identificación y definición de la variable independiente

El fin de este estudio es generar un modelo de regresión lineal simple, que explique de la mejor forma el comportamiento de los usuarios sobre las actividades de llegada y salida en dichos centros comerciales. Es primordial realizar un análisis de las variables involucradas en estos viajes, para determinar una única variable independiente que influya de forma lógica el número de viajes que se atraen y generan, evitando de esa forma una inconsistencia en el modelo. También es importante verificar la validez de la variable elegida como independiente y las correlaciones que puede tener frente a otras.

De acuerdo a otros estudios, las variables que se apuntan como independientes son el número de empleados, área del recinto, área construida, entre otras. En caso de que otras variables sean relevantes al modelo, se deben verificar y determinar el grado de aporte al modelo generado.

Dentro de la selección de los centros comerciales, se eligieron seis variables que podían influir en el modelo, las cuales son:

- Área techada del centro comercial
- Área de estacionamientos
- Área total del terreno
- Número de estacionamientos
- Número de empleados
- Número de cajas

Como primer paso, se verificó que no exista una relación lineal entre las variables escogidas, por lo cual es necesario estudiarlo mediante una matriz de correlación.

Tabla 6 Matriz de correlación

<i>Variables</i>	<i>área techada</i>	<i>área estacionamientos</i>	<i>área total</i>	<i>n° estacionamientos</i>	<i>n° empleados</i>	<i>n° cajas</i>	<i>Atracción</i>	<i>Generación</i>
<i>área techada</i>	1							
<i>área estacionamientos</i>	0,930	1						
<i>área total</i>	0,843	0,717	1					
<i>n° estacionamientos</i>	0,943	0,898	0,796	1				
<i>n° empleados</i>	0,926	0,897	0,817	0,904	1			
<i>n° cajas</i>	0,880	0,898	0,542	0,886	0,792	1		
<i>Atracción</i>	0,891	0,872	0,731	0,792	0,805	0,774	1	
<i>Generación</i>	0,894	0,873	0,733	0,795	0,808	0,777	1	1

Fuente: Elaboración propia

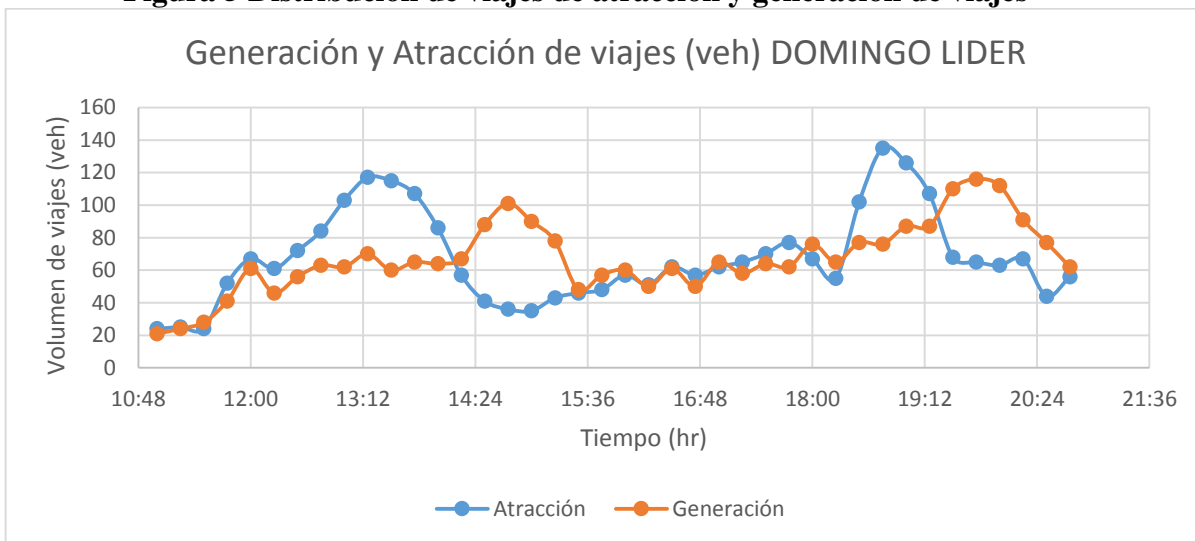
Con los resultados de la matriz, podemos decir que las variables entre si poseen una alta correlación. Además, la variable que mejor relación posee con la atracción y generación de viajes es el área techada del centro comercial, por lo que se escoge esta como la variable a considerar en nuestro estudio. También en otros estudios, se recomienda que sea esta la variable a considerar, ya que es la que mejor explica los viajes vehiculares hacia centros comerciales.

6.2. Perfil de demanda

Cada centro posee un perfil de demanda, los cuales varían de acuerdo a la magnitud del establecimiento, localización, entre otros. Estas distribuciones también se ven afectadas de acuerdo a los servicios que ofrecen estos centros, por ejemplo, el funcionamiento de bancos, servicio de registro civil, gimnasios, servicios de comida, etc.

A continuación se presenta un perfil tipo, registrado en un centro comercial en el cual se presenta la distribución de viajes de atracción y generación durante un día, desde las 11:00 hasta las 21:00 horas en intervalos de 15 minutos.

Figura 5 Distribución de viajes de atracción y generación de viajes

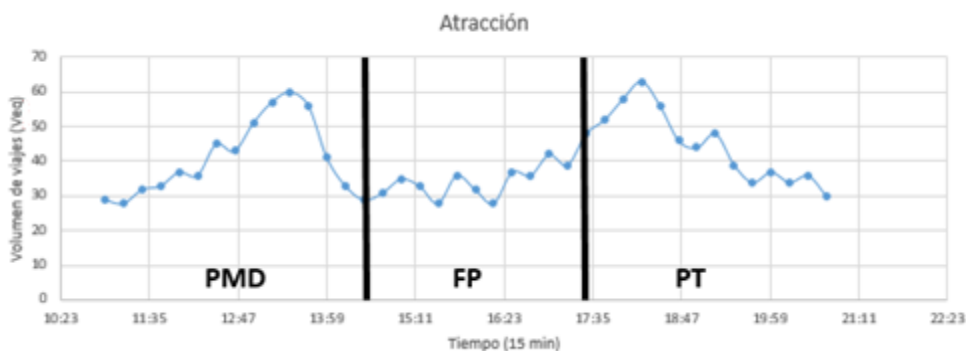


Fuente: Elaboración propia

Una vez terminada la contabilización del volumen de viajes, se debe analizar los periodos para entender como es el comportamiento de la demanda en cada centro, si es que poseen hora punta y dentro de que hora se produce y si es esta hora se repite durante la semana.

Para el análisis se debió subdividir el día de medición en 3 periodos: punta medio día (PMD), fuera de punta (FP) y punta tarde (PT), definidas desde las 11:00 – 14:30, 14:30 – 17:30 y 17:30 a 21:00 horas respectivamente.

Figura 6 Definición de periodos



Fuente: Elaboración propia

Para poder diferenciar estos periodos se utilizará un test de hipótesis, para hacer una distinción precisa entre estos intervalos y encontrar la hora exacta en que se definen. Además permitirá disminuir la variabilidad de gráficos de PMD, PT e ingreso semanal de vehículos.

6.2.1. Test de hipótesis y definición de modelos

La prueba de hipótesis se realizará de acuerdo sobre la igualdad de dos medias con varianza conocida, en este caso, nos enfocaremos como primer paso en el promedio de viajes dado en el periodo PMD, FP y PT, de modo que haremos un contraste entre PMD con FP y FP con PT para verificar si realmente existe un periodo punta.

Por lo tanto se proponen las siguientes hipótesis:

$$H_0: \mu_1 = \mu_2 \text{ Hipótesis Nula}$$

$$H_1: \mu_1 \neq \mu_2 \text{ Hipótesis Alterna}$$

Considerando que las muestras poseen un tamaño n_1 y n_2 , distribuyen normal de manera independiente con media μ_1 y μ_2 , varianza σ_1 y σ_2 respectivas:

$$\bar{X}_1 - \bar{X}_2 \sim N \left(\mu_1 - \mu_2, \frac{\sigma_1^2}{2} + \frac{\sigma_2^2}{2} \right)$$

Por lo tanto, si la hipótesis nula $H_0: \mu_1 = \mu_2$ es verdadera, el estadístico de prueba tiene una distribución normal estándar. Por consiguiente, el procedimiento para probar la hipótesis nula, es calcular el valor numérico del estadístico de prueba Z_0 de la ecuación, y rechazar la hipótesis nula si:

$$Z_0 > Z_{\alpha/2}$$

o

$$Z_0 < -Z_{\alpha/2}$$

$$Z_0 = \frac{\mu_1 - \mu_2}{\sqrt{\frac{\sigma_1^2}{2} + \frac{\sigma_2^2}{2}}}$$

Para aclarar el procedimiento, se ejemplificará con el análisis de un día, el cual se reiteró para el resto de los días y centros comerciales.

Las hipótesis a considerar para diferenciar los periodos son las siguientes:

$$H_0: \bar{x}_{PMD} = \bar{x}_{FP}$$

$$H_0: \bar{x}_{PT} = \bar{x}_{FP}$$

$$H_1: \bar{x}_{PMD} \neq \bar{x}_{FP}$$

$$H_1: \bar{x}_{PT} \neq \bar{x}_{FP}$$

Como primer paso, se debe determinar el tamaño de la muestra de cada periodo, el cual está dado por la cantidad de intervalos de 15 minutos contenidos en PMD, FP y PT, los cuales se resumen en la siguiente tabla:

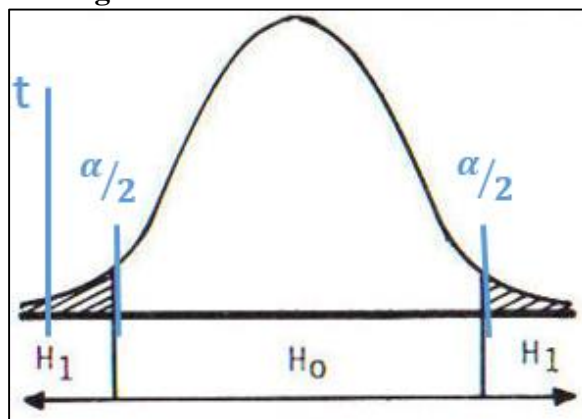
Tabla 7 Tamaño muestral de periodos

Periodo	PMD	FP	PT
Tamaño muestra n	14	12	14

Fuente: Elaboración propia

Dado que la distribución de los viajes es esencialmente normal, se utilizará la distribución t de Student, para determinar el valor crítico denotado como $t_{\alpha/2}$ y así definir los grados de libertad al conjunto de datos muestrales.

Figura 7 Distribución t de Student



Fuente: Estadística, Triola M. (2004)

Los grados de libertad se definen como $g = n - 1$, por lo tanto reemplazando los valores del tamaño de la muestra se obtienen los siguientes valores críticos para un área de dos colas con un 95% de confianza:

Tabla 8 Valores críticos

Tamaño muestra n	Valor crítico $t \pm$
12	2.201
14	2.160

Fuente: Elaboración propia

Teniendo el parámetro del valor crítico, podemos realizar el primer test de hipótesis para identificar si dentro de los periodos PMD y PT existe hora punta o no, mediante el siguiente procedimiento:

- Determinar la media y desviación estándar de cada periodo.
- Calcular el estadístico $t = \frac{\mu_1 - \mu_2}{\sqrt{\frac{\sigma_1^2}{2} + \frac{\sigma_2^2}{2}}}$ relacionado entre los periodos PMD-FP y FP-PT.
- Verificar si el estadístico $t > t_{critico}$ o $t < t_{critico}$, se debe considerar el valor crítico más desfavorable (2.201). Si no se rechaza la hipótesis nula, quiere decir que el promedio de viajes entre esos periodos es similar, se genera una demanda plana lo que implica que no existe un periodo punta. Por otra parte

si se rechaza la hipótesis nula, existe una diferencia entre el promedio de viajes entre los periodos, por lo cual existe una hora punta en PMD y PT.

Tabla 9 Test de hipótesis

Hora	Atracción	media	Desv. Est.	t	Hora	Atracción	media	Desv. Est.	t
11:00	15				14:30	31			
11:15	24				14:45	27			
11:30	23				15:00	22			
11:45	30				15:15	24			
12:00	31				15:30	23			
12:15	32				15:45	22			
12:30	36				16:00	25			
12:45	37				16:15	23			
13:00	39				16:30	20			
13:15	38				16:45	18			
13:30	31				17:00	23			
13:45	32				17:15	31	24,083	3,942	
14:00	29				17:30	31			
14:15	32	30,643	6,5		17:45	33			
14:30	31				18:00	43			
14:45	27				18:15	41			
15:00	22				18:30	46			
15:15	24				18:45	38			
15:30	23				19:00	36			
15:45	22				19:15	35			
16:00	25				19:30	33			
16:15	23				19:45	32			
16:30	20				20:00	27			
16:45	18				20:15	18			
17:00	23				20:30	20			
17:15	31	24,083	3,942	3,159	20:45	17	32,143	8,995	-3,03

Fuente: Elaboración propia

La tabla muestra la diferenciación de los periodos, sus respectivos parámetros y sus estadísticos. Para este caso se cumple que para el periodo PMD y FP, posiblemente existe una hora punta, lo cual se deberá verificar mediante otro test de hipótesis, a diferencia de que este se aplica solo en el periodo de interés.

Luego de definir si posiblemente existe hora punta para PMD y PT, se repite el mismo procedimiento, pero esta vez enfocado solo en el periodo de interés.

Las hipótesis a considerar identificar la existencia de hora punta en el periodo son:

$$H_0: \bar{x}_{PMD} = \bar{x}_{60 \text{ min}}$$

$$H_0: \bar{x}_{PT} = \bar{x}_{60 \text{ min}}$$

$$H_1: \bar{x}_{PMD} \neq \bar{x}_{60 \text{ min}}$$

$$H_1: \bar{x}_{PT} \neq \bar{x}_{60 \text{ min}}$$

- Dado que se quiere encontrar en a qué hora sucede el mayor peak, se analizara mediante el siguiente tamaño muestral.

Tabla 10 Valores críticos

Tamaño muestra n	Valor crítico $t \pm$
4	3.182
12	2.201

Fuente: Elaboración propia

- De forma adicional se debe determinar los parámetros de media, desviación estándar para los sub intervalos de 1 hora, desfasados cada 15 minutos.
- Calcular el estadístico t entre el periodo de interés (PMD, PT) con sus respectivos sub intervalos.
- Verificar si el estadístico $t > t_{critico}$ o $t < t_{critico}$, se debe considerar el valor crítico más desfavorable (3.182). Si no se rechaza la hipótesis nula, quiere decir que el promedio de viajes entre el periodo de interés y la hora de interés es similar, lo que implica que esa hora en estudio no pertenece a la hora punta. Por otra parte si se rechaza la hipótesis nula, quiere decir que existe una diferencia entre el promedio de viajes entre el periodo de interés y la hora de interés, por lo cual ese intervalo de tiempo se define como la hora punta para PMD o PT.

Tabla 11 Test de hipótesis, verificación de hora punta

Hora	Atracción	media	Desv. Est.	Hora	Atracción	media	Desv. Est.	estadístico
11:00	15			11:00	15			
11:15	24			11:15	24			
11:30	23			11:30	23			
11:45	30			11:45	30	23,000	6,164	-2,160
12:00	31			12:00	31	27,000	4,082	-1,359
12:15	32			12:15	32	29,000	4,082	-0,613
12:30	36			12:30	36	32,250	2,630	0,738
12:45	37			12:45	37	34,000	2,944	1,474
13:00	39			13:00	39	36,000	2,944	2,353
13:15	38			13:15	38	37,500	1,291	3,700
13:30	31			13:30	31	36,250	3,594	2,243
13:45	32			13:45	32	35,000	4,082	1,626
14:00	29			14:00	29	32,500	3,873	0,714
14:15	32	30,643	6,500	14:15	32	31,000	1,414	0,190

Fuente: Elaboración propia

En la tabla anterior se ejemplifica la verificación de la hora punta, en este caso, el estadístico que cumple siendo mayor al crítico (3.182) es para el intervalo de las 12:30-13:30, por ende, queda definida en ese horario la hora punta medio día. De lo contrario, ese periodo no posee una hora punta.

Para poder establecer los modelos de regresión lineal simple de atracción y generación de viajes del Gran Concepción, se debe considerar las áreas de los centros comerciales y sus respectivos viajes. Para el caso de la modelación de las horas punta medio día y punta tarde, se utilizara el volumen máximo registrado durante 15 minutos consecutivos de la hora punta ($Q_{15 \text{ máx}}$), los que se presentan en las siguientes tablas:

Tabla 12 $Q_{15 \text{ máx}}$ (veh) Hora Punta PMD y PT (Atracción)

Centro Comercial	Atracción			
	VPMD		VPT	
	Sábado	Domingo	Sábado	Domingo
Lider	107	117	125	135
Santa Isabel L.C.	50	46	64	65
Unimarc	61	54	59	52
Santa Isabel, L.S.And.	68	75	73	73
Jumbo	54	58	43	42
Stripc. Michimalonco	88	58	89	64
Acuenta	26	39	24	23
Stripc. Olimpia	26	26	25	28

Fuente: Elaboración propia

Tabla 13 $Q_{15 \text{ máx}}$ (veh) Hora Punta PMD y PT (Generación)

Centro Comercial	Generación			
	VPMD		VPT	
	Sábado	Domingo	Sábado	Domingo
Lider	93	101	110	116
Santa Isabel L.C.	40	46	63	59
Unimarc	59	48	62	49
Santa Isabel, L.S.And.	66	79	62	71

Jumbo	49	59	41	50
Stripc. Michimalonco	81	55	85	63
Acuenta	24	35	24	20
Stripc. Olimpia	26	28	28	21

Fuente: Elaboración propia

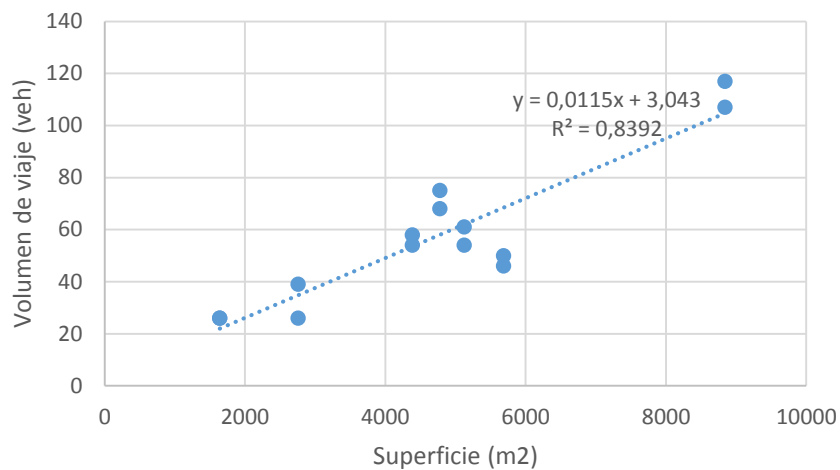
Una vez cuantificado los $Q_{15 \text{ máx}}$ de los centros estudiados, se procede a disminuir la variabilidad de gráficos, debido a que poseemos datos comprendidos desde lunes a viernes, de tal modo que la modelación quede generalizada para los días laborales evitando la estimación de un modelo distinto para cada día.

Para poder agrupar toda esta serie de datos, se debió realizar otro test de hipótesis, lo cual implicó determinar para cada día laboral una media, desviación estándar, tamaño muestral y valor crítico de acuerdo a los $Q_{15 \text{ máx}}$ obtenidos.

Por último, se debe ordenar los datos para graficar los $Q_{15 \text{ máx}}$ de las horas punta junto a su respectiva área de centro comercial, para luego obtener la recta de tendencia lineal para definir la ecuación del modelo y ajuste de bondad R^2 correspondiente. Para los periodos PMD y PT de atracción y generación se obtienen los siguientes modelos:

Figura 8 Modelo de Atracción PMD

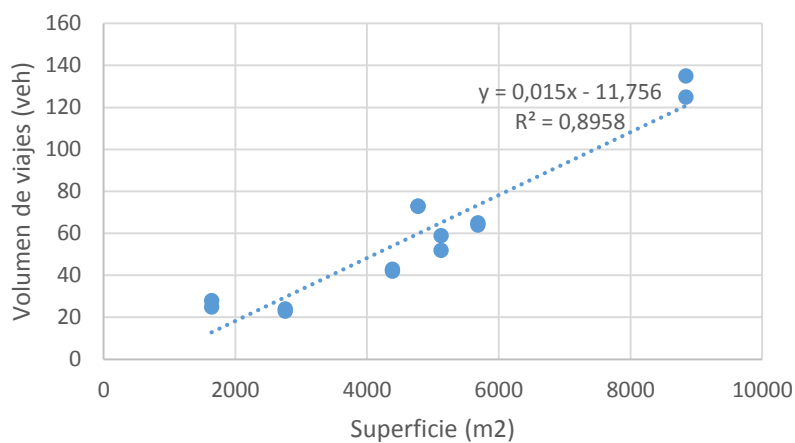
Atracción de viajes vehiculares FDS PMD



Fuente: Elaboración Propia

Figura 9 Modelo de Atracción PT

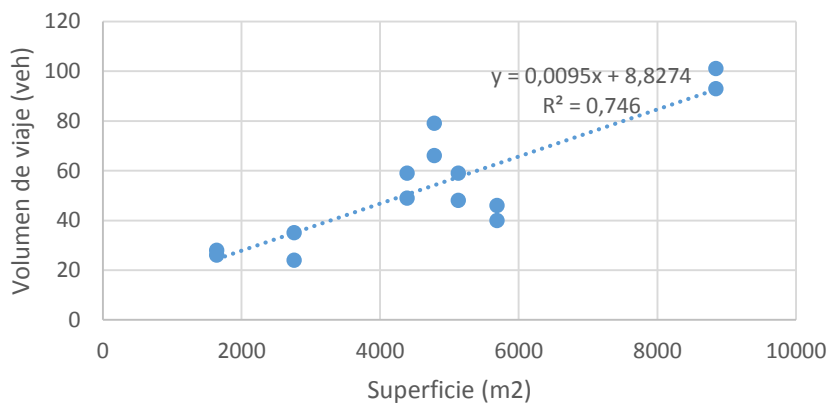
Atracción de viajes vehiculares FDS PT



Fuente: Elaboración propia

Figura 10 Modelo de generación PMD

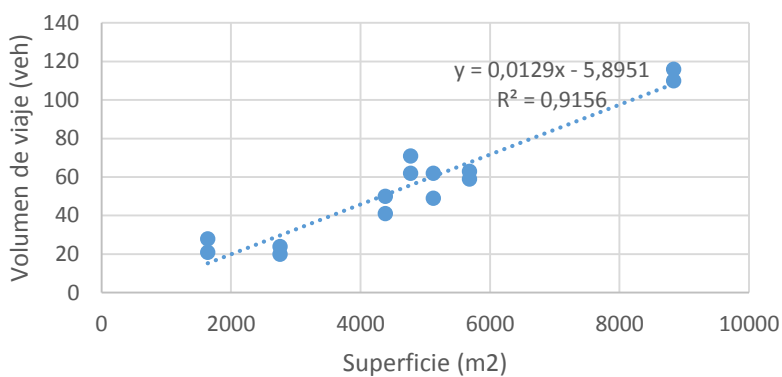
Generación de viajes vehic. FDS PMD



Fuente: Elaboración propia

Figura 11 Modelo de generación PT

Generación de viajes vehiculares FDS PT



Fuente: Elaboración propia

Tabla 14 Resumen modelos hora punta

Periodo	Modelo regresión lineal simple	R^2
Atracción PMD	$y = 0.0115x - 3.043$	0.84
Atracción PT	$y = 0.015x - 11.76$	0.896
Generación PMD	$y = 0.0095x + 8.83$	0.75
Generación PT	$y = 0.0129x - 5.9$	0.92

Fuente: Elaboración propia

De los modelos obtenidos para las horas punta medio día y punta tarde, se puede observar que los coeficientes de determinación R^2 son altos, lo que implica que los datos no son dispersos y además asegura de que la variable explicativa elegida para la modelación fue acertada.

Los modelos tienen como variable independiente el área techada del centro comercial, la cual quedó definida como el área destinada a las ventas. Reemplazando el valor del centro comercial dentro de los modelos se obtiene el $Q_{15 \text{ máx}}$ de la hora punta, por lo cual si se desea reflejar el volumen total que ingresa o sale en esa hora, se debe multiplicar el valor obtenido por 4. Cabe señalar que los modelos calibrados son aplicables en centros comerciales cuya área techada fluctúe entre los 1600 y 8800 m².

Otro modelo que es interesante de plantear es acerca de los ingresos totales de los días no laborales, con el fin de realizar comparaciones respecto al ingreso total que se da en los días laborales. A diferencia del modelo anterior, el test de hipótesis se basa en los ingresos totales registrados durante días no laborales, mientras que la variabilidad de gráficos, estimación de parámetros y construcción del modelo se realiza exactamente igual al procedimiento anterior.

El volumen total de ingresos registrados durante los días laborales fue:

Tabla 15 Volumen Ingresos Totales

Centro comercial	Flujo de ingreso (veh)	
	Sábado	Domingo
Lider	2774	2699
Santa Isabel Lomas Coloradas	1497	1516
Unimarc	1357	1276
Santa Isabel Lomas Sn. And.	1554	1861
Jumbo	1253	1343
Stripc. Michimalonco	2353	1505
Acuenta	603	603
Stripc. Olimpia	662	594
Promedio de flujo	1506,625	1424,625
Desv. Estándar	750,39	1265,328125
t	0,16	
tc	2,365	

Fuente: Elaboración propia

Con estos parámetros, se comparan los promedios de ingresos totales de cada día mediante las siguientes hipótesis:

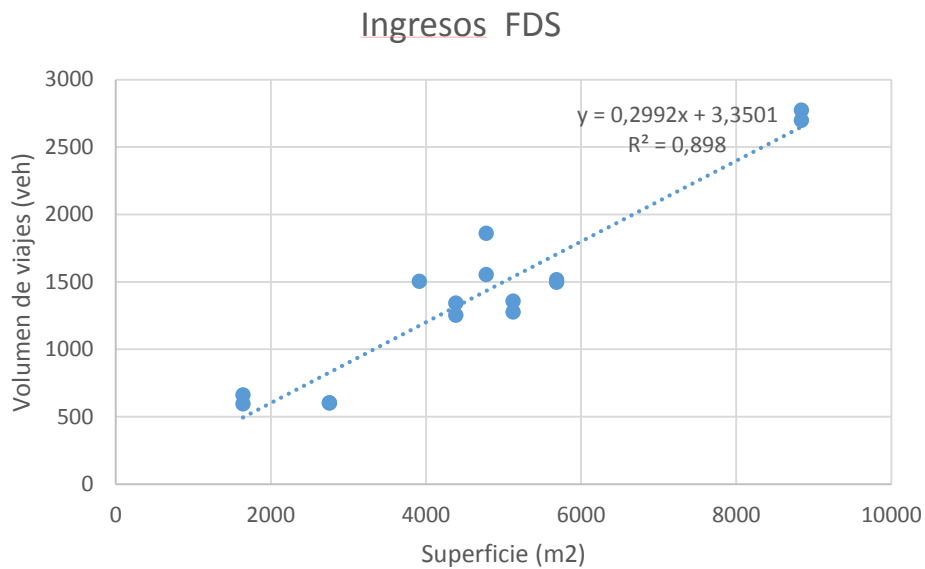
$$H_0: \bar{x}_{\text{ing tot Día A}} = \bar{x}_{\text{ing tot Día B}}$$

$$H_1: \bar{x}_{\text{ing tot Día A}} \neq \bar{x}_{\text{ing tot Día B}}$$

Para esta prueba, se cumple la hipótesis nula, por lo cual el promedio de viajes generados entre los días no laborales son estadísticamente similares, por lo cual se puede agrupar todos estos datos en un solo gráfico y generar un modelo de ingresos totales para el fin de semana.

Sólo queda ordenar los datos para graficar los volúmenes de ingresos totales junto a su respectiva área de centro comercial, obtener la recta de tendencia lineal para definir la ecuación del modelo y ajuste de bondad R^2 correspondiente. El modelo obtenido es el siguiente:

Figura 12 Modelo Volumen Ingresos Totales



Fuente: Elaboración propia

El modelo obtenido para el volumen de ingresos totales en días no laborales, se puede observar que el coeficiente de determinación R^2 es alto, por lo cual hay poca dispersión de los datos y que la variable explicativa es correcta para determinar el volumen de ingresos.

6.3. Demanda de estacionamientos

De acuerdo a la base de datos recolectada, se puede realizar un estudio de la demanda de estacionamientos que se genera durante el periodo de medición comprendido entre las 11:00 y las 21:00 horas. Para esto es necesario contar con los datos de capacidad de estacionamiento de cada centro comercial y los volúmenes de entrada y salida. La estimación de la demanda se realizó mediante la siguiente fórmula:

$$Q(t) = Q(t - 1) + Q_{ent}(t)\Delta t - Q_{sal}(t)\Delta t$$

Donde:

$Q(t - 1)$ = demanda para el periodo anterior.

$Qent(t)\Delta t$ = volumen de vehículos que entran durante 15 minutos.

$Qsal(t)\Delta t$ = volumen de vehículos que salen durante 15 minutos.

Realizando estas estimaciones de demanda, se logra establecer las máximas demandas registradas en los centros comerciales durante días laborales, las cuales se presentan en la siguiente tabla:

Tabla 16 Máxima demanda de estacionamientos en días laborales

CENTRO COMERCIAL	Sábado		Domingo		Estacionamientos Totales
	Max Dda	hr	Max Dda	hr	
LOMAS COLORADAS	144	13:45	116	19:15	191
MICHIMALONCO	113	19:30	85	19:30	130
LIDER	267	13:45	276	14:00	280
UNIMARC	146	14:00	103	14:00	197
JUMBO	88	13:30	58	18:00	146
SN ANDRÉS	92	19:30	95	19:00	95
ACUENTA	32	16:45	55	13:00	68
OLIMPIA	30	16:45	36	20:15	37

Fuente: Elaboración propia

Observando la tabla 16, las máximas demandas presentadas dentro de los centros comerciales no superan la capacidad ofrecida, por otra parte estas estimaciones no consideran la demanda inicial que se produce en el periodo anterior a las 11:00 horas, lo cual puede generar algunas variaciones dentro de estas estimaciones, pero de acuerdo al trabajo que se hizo en terreno, el único centro que estuvo a punto de alcanzar su máxima capacidad fue el centro LIDER, explicado principalmente por su gran tamaño.

6.4. Factor hora punta

Con los datos recolectados, se puede estudiar el factor hora punta generado dentro del periodo de medición. Este factor tiene en cuenta las variaciones del tráfico a corto plazo y se define como:

$$FHP = \frac{Q}{4Q_{15m\acute{a}x}}$$

Donde:

Q: Volumen de tráfico durante la hora

Q_{15m^áx}: Volumen máximo registrado durante 15 minutos consecutivos de esa hora

Para cada centro comercial, se determinó el FHP de atracción y generación de viajes los que se resumen en las siguientes tablas:

Tabla 17 FHP atracción de viajes

Sábado						
Atracción						
Centros comerciales	PMD			PT		
	Q	Q15max	FHP	Q	Q15max	FHP
Lider	399	107	0,93	429	125	0,86
Sta Isabel L.C.	190	50	0,95	223	64	0,87
Unimarc	213	61	0,87	218	59	0,92
Sta Isabel L.Sn.A.	239	68	0,88	250	73	0,86
Jumbo	199	54	0,92	156	43	0,91
Stripcenter Michimalonco	332	88	0,94	327	89	0,92
Acuenta	86	25	0,86	83	24	0,86
Stripcenter Olimpia	76	23	0,83	91	25	0,91

Fuente: Elaboración propia

Tabla 18 FHP generación de viajes

Sábado						
Generación						
Centros comerciales	PMD			PT		
	Q	Q15max	FHP	Q	Q15max	FHP
Lider	346	93	0,93	413	110	0,94
Sta Isabel L.C.	160	42	0,95	230	63	0,91
Unimarc	213	59	0,90	232	62	0,94
Sta Isabel L.Sn.A.	245	66	0,93	226	62	0,91
Jumbo	178	49	0,91	151	41	0,92
Stripcenter Michimalonco	306	81	0,94	320	85	0,94
Acuenta	78	24	0,81	65	19	0,86
Stripcenter Olimpia	78	26	0,75	89	24	0,93

Fuente: Elaboración propia

Tabla 19 FHP atracción de viajes

Domingo						
Atracción						
Centros comerciales	PMD			PT		
	Q	Q15max	FHP	Q	Q15max	FHP
Lider	442	117	0,94	470	135	0,87
Sta Isabel L.C.	168	45	0,93	237	65	0,91
Unimarc	198	54	0,92	193	52	0,93
Sta Isabel L.Sn.A.	281	75	0,94	271	73	0,93
Jumbo	210	58	0,91	159	42	0,95
Stripcenter Michimalonco	212	58	0,91	227	64	0,89
Acuenta	128	39	0,82	68	23	0,74
Stripcenter Olimpia	86	26	0,83	94	28	0,84

Fuente: Elaboración propia

Tabla 20 FHP generación de viajes

Domingo						
Generación						
Centros comerciales	PMD			PT		
	Q	Q15max	FHP	Q	Q15max	FHP
Lider	357	101	0,88	429	116	0,92
Sta Isabel L.C.	165	46	0,90	225	59	0,95
Unimarc	173	48	0,90	177	49	0,90
Sta Isabel L.Sn.A.	278	79	0,88	267	71	0,94
Jumbo	216	59	0,92	155	50	0,78
Stripcenter Michimalonco	200	55	0,91	227	63	0,90
Acuenta	117	35	0,84	70	20	0,88
Stripcenter Olimpia	86	28	0,77	76	21	0,90

Fuente: Elaboración propia

Una vez determinados los FHP de generación y atracción de viajes, se puede ver que los resultados explican que el tráfico presenciado en los centros comerciales corresponde a un tráfico homogéneo.

7. COMPARACIONES CON OTROS ESTUDIOS

Uno de los objetivos de este proyecto de título es la comparación de resultados contra otros estudios. Dentro de este capítulo se analizarán los resultados obtenidos para los días laborales y días no laborales, capacidad de estacionamientos, estudios de impacto sobre el sistema urbano y modelos anteriormente propuestos para la generación y atracción de viajes del Gran Concepción.

7.1. Comparación entre días laborales y días no laborales

A la par de este proyecto de título, se estaba desarrollando el mismo tema pero enfocado a los días laborales, por lo cual resulta interesante comparar entre estos los modelos obtenidos, demanda de estacionamientos, volumen de ingresos totales y factor de hora punta.

7.1.1. Modelos obtenidos

Para los días no laborales se registraron los siguientes flujos vehiculares Q15 máx promedios en las horas punta

Tabla 21 Q₁₅ máx (veh) registrados en horas punta

VOL (veh) max (15 min) PERÍODO DE ESTUDIO	ATRACCIÓN		GENERACION	
	PMD	PT	PMD	PT
LABORALES	51	58	50	56
NO LABORALES	60	62	56	58

Fuente: Elaboración propia

El procedimiento de obtención del modelo se omite debido a que es similar al visto anteriormente en el capítulo 6.2.1.

Además tenemos el horario en que ocurrieron los sucesos señalados:

Tabla 22 horarios de máxima demanda

Horas de máx demanda PERÍODO ESTUDIO	ATRACCIÓN		GENERACION	
	PMD	PT	PMD	PT

LABORALES	12:30-14:30	17:45-19:45	12:30-14:30	18:00-20:00
NO LABORALES	12:30-14:30	18:00-20:00	13:15-15:15	19:00-21:00

Fuente: Elaboración propia

A continuación se resumen los modelos obtenidos para días laborales y días no laborales:

Tabla 23 Modelos de atracción de viajes en horas punta

Período	ATRACCIÓN			
	PMD	R2	PT	R2
NO LAB	$0,0115X+3,043$	0,84	$0,015X-11,8$	0,9
LAB	$0,0111X-,59$	0,76	$0,0139X-6,0366$	0,86

Fuente: Elaboración propia

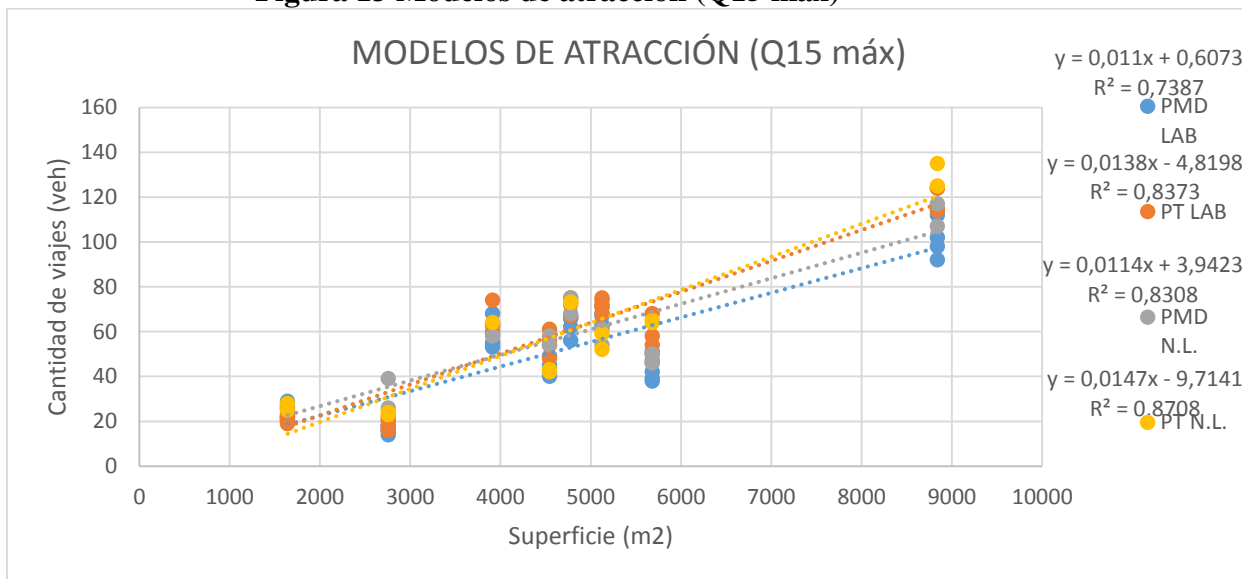
Tabla 24 Modelos de generación de viajes en horas punta

Período	GENERACIÓN			
	PMD	R2	PT	R2
NO LAB	$0,0095X+8,83$	0,75	$0,0129X-5,89$	0,92
LAB	$0,0103X+2,40$	0,76	$0,0126X-2,54$	0,86

Fuente: Elaboración propia

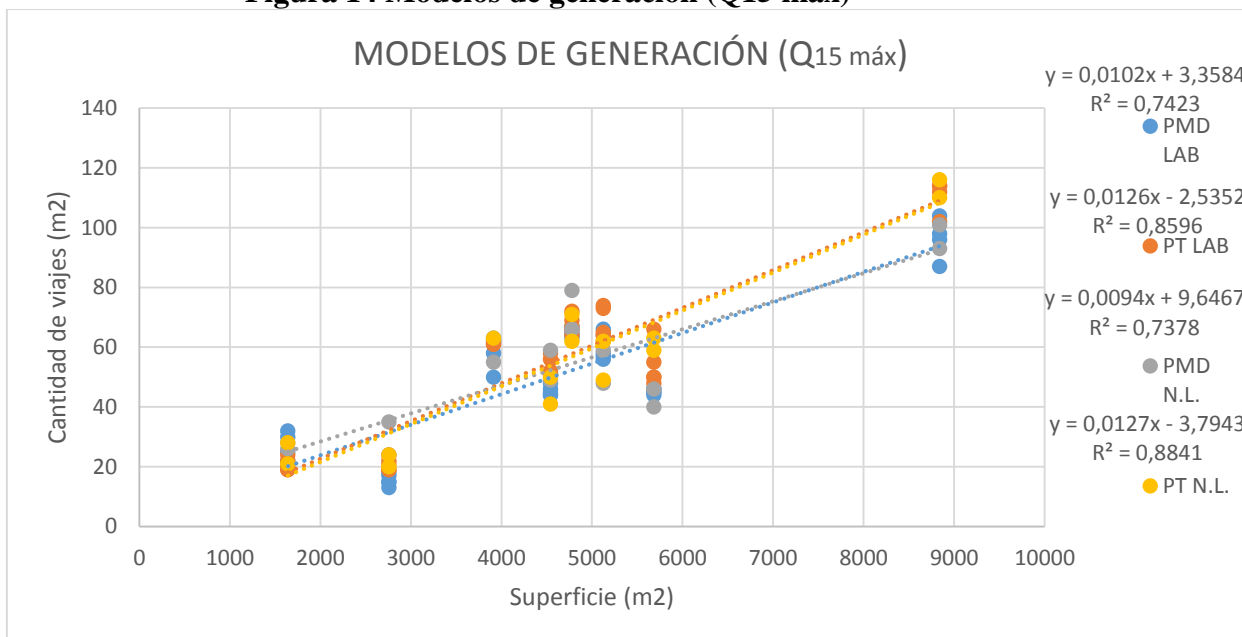
De acuerdo a los modelos de regresión lineal simple obtenidos tanto para días laborales como días no laborales, los coeficientes de determinación R^2 son valores cercanos a 1, tienen una alta capacidad explicativa, esto quiere decir que existe una relación lineal entre la variable independiente área de centro comercial y la variable dependiente volumen de viajes en hora punta $Q_{15 \text{ máx}}$ por lo que el modelo si ayuda a estimar cual es el volumen de vehículos que se presenta dentro de la hora punta de atracción y generación de viajes. Esto queda ejemplificado en las figuras 13 y 14, en donde se puede apreciar que los modelos obtenidos en ambos estudios son similares en sus características, poseen pendientes y coeficientes de posición similares, lo que permite inferir que los períodos analizados son similares y no existen grandes diferencias. Lo que afirma el test de hipótesis de la tabla 25.

Figura 13 Modelos de atracción (Q15 máx)



Fuente: Elaboración propia

Figura 14 Modelos de generación (Q15 máx)



Fuente: Elaboración propia

Con respecto a los viajes promedios entre días laborales y no laborales, se puede establecer mediante un test de hipótesis, si existe una diferencia significativa entre los periodos PMD y PT de dichos días. En este caso se establecen los siguientes test:

$$H_0: \bar{x}_{Q15} \text{ máx Días Laborales} = \bar{x}_{Q15} \text{ máx Días No Laborales}$$

$$H_1: \bar{x}_{Q15} \text{ máx Días Laborales} \neq \bar{x}_{Q15} \text{ máx Días No Laborales}$$

Se estimaron las desviaciones estándar, tamaño muestral, valor crítico y sus respectivos estadísticos t, derivados de la tabla 21, los que se resumen en las siguientes tablas:

Tabla 25 Parámetros del test de hipótesis

LABORALES	Desv. Est.	25,1	29,5	23,3	28,7
	n	30	38	19	37
NO LABORALES	Desv. Est.	26,9	33,3	23,5	28,7
	n	13	13	13	13
	tc ±	2	2	2,1	2
	t	-2	-0,96	-0,68	-1,06

Fuente: Elaboración propia

Estadísticamente, todos los resultados de viajes tienden a tener una similitud con respecto al promedio de viajes que se atraen o generan en sus respectivos periodos. Cabe señalar que los viajes que se atraen o generan en hora punta durante días no laborales tienden a ser mayor a los que se registraron en días laborales. Pero de acuerdo al test de hipótesis estas diferencias no son tales. De acuerdo a la tabla 26 podemos verificar que los valores críticos caen dentro de la zona de aceptación de la hipótesis nula.

Tabla 26 Estadísticos de prueba versus valor crítico

	ATRACCIÓN		GENERACION	
	PMD	PT	PMD	PT
t	2	0,96	0,68	1,06
tc	2	2	2,1	2

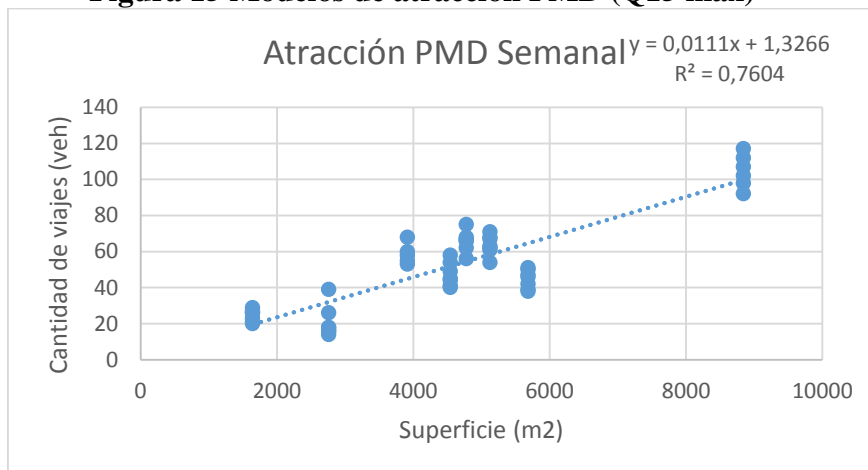
Fuente: Elaboración propia

Una vez establecido el test de hipótesis que indica la similitud entre los promedios de viajes con respecto a días laborales y no laborales, se procedió a realizar un modelo que

representase la condición semanal del caso y de esta forma estudiar el comportamiento con respecto a los siete días de la semana.

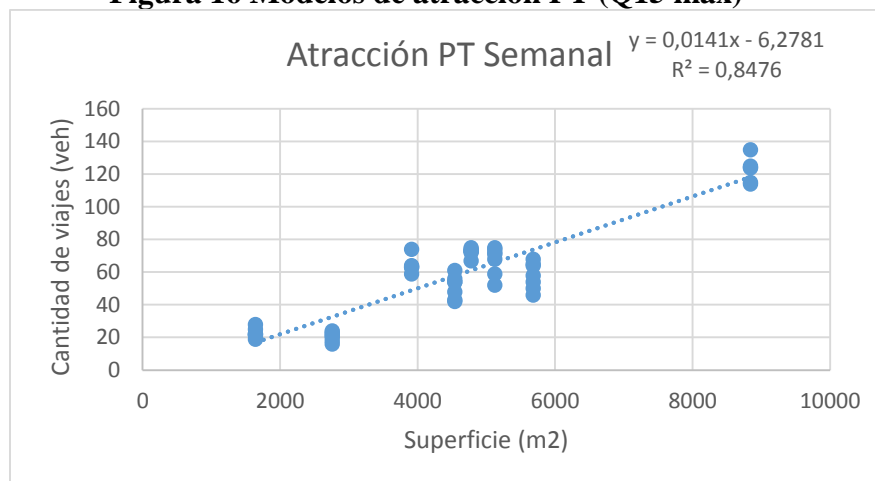
A continuación se presentan los modelos semanales obtenidos.

Figura 15 Modelos de atracción PMD (Q15 máx)



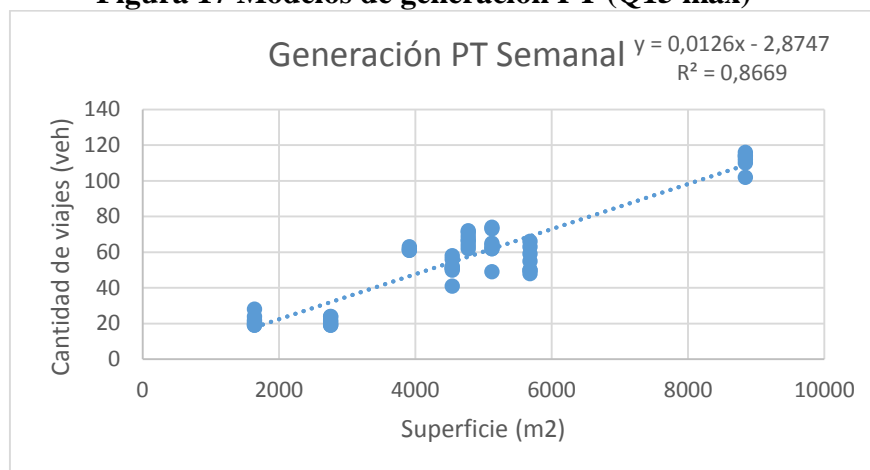
Fuente: Elaboración propia

Figura 16 Modelos de atracción PT (Q15 máx)



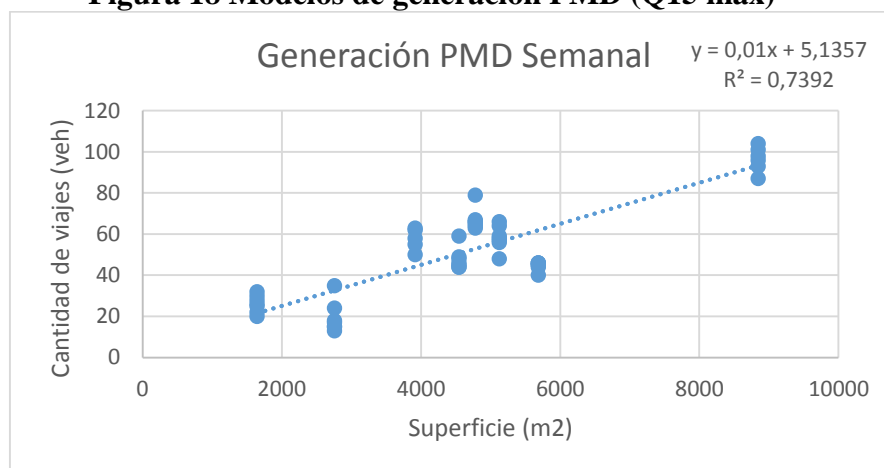
Fuente: Elaboración propia

Figura 17 Modelos de generación PT (Q15 máx)



Fuente: Elaboración propia

Figura 18 Modelos de generación PMD (Q15 máx)



Fuente: Elaboración propia

Los modelos representados anteriormente poseen buenos ajustes de bondad por lo que la variabilidad de los datos es baja, además la variable escogida es representativa del caso.

7.1.2. Volumen ingresos totales

Para días laborales también se estableció un modelo de volumen de ingresos totales, utilizando el procedimiento del capítulo 6.2.1. Para días laborales, en promedio, se registraron los siguientes volúmenes de ingresos:

Tabla 27 Volumen de ingresos semanales

Centros Comerciales	Ingresos Totales Diarios				
	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes
Lider	2575	2419	2553	-	2622
Santa Isabel LC	1168	1277	1133	1324	1458
Unimarc	1809	1828	1746	1820	1868
Santa Isabel L.Sn.A.	1628	1719	1727	1667	1789
Unimarc	1082	1164	1203	1147	1261
Stripc. Michimalonco	1677	1556	1612	2036	-
Acuenta	383	327	357	400	424
Olimpia	496	457	483	418	416

Fuente: Elaboración propia

Para comparar estos ingresos con los días no laborales, tenemos la tabla 28. En donde se aplica un test de hipótesis para corroborar si estos ingresos son iguales en promedio.

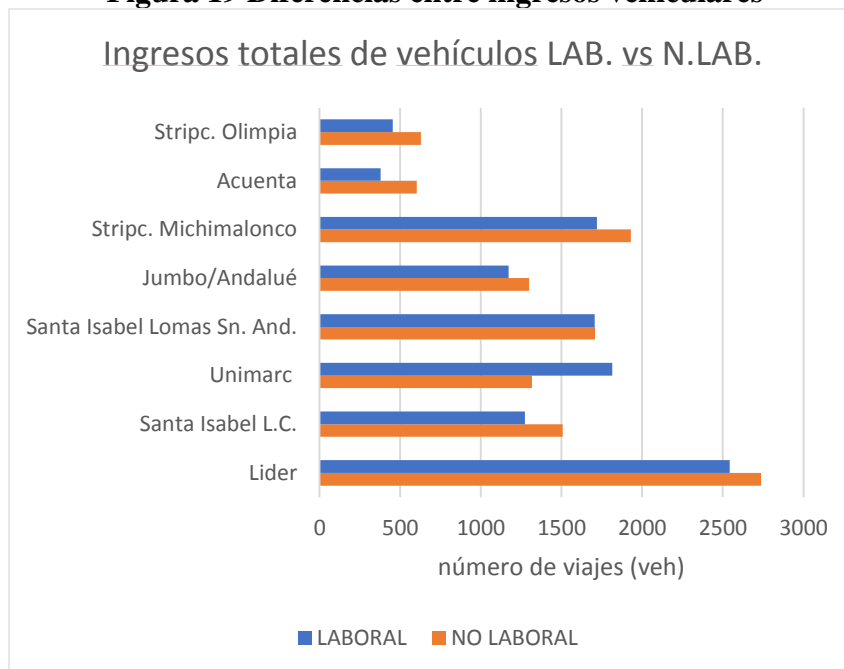
Tabla 28 Volumen de ingresos totales promedio

		Promedio de ingresos	
		NO LABORAL	LABORAL
Lider		2737	2542
Santa Isabel L.C.		1507	1272
Unimarc		1317	1814
Santa Isabel Lomas Sn. And.		1708	1706
Jumbo/Andalué		1298	1171
Stripc. Michimalonco		1929	1720
Acuenta		603	378
Stripc. Olimpia		628	454
Test de hipótesis	promedio	1466	1382
	desv est	696	725
	t	0,24	
	tc	2,365	

Fuente: Elaboración propia

La figura 19 muestra las diferencias entre los ingresos totales muestreados, la cual da por comprobado que durante los fines de semana existe un aumento de viajes vehiculares.

Figura 19 Diferencias entre ingresos vehiculares



Fuente: Elaboración propia

Dado que el test (tabla 28) cumplió la hipótesis nula acerca de la igualdad del promedio de volumen de ingresos, se puede afirmar que no existen diferencias entre viajes de ingresos totales vehiculares para días laborales y no laborales.

Comparando las estimaciones del volumen de ingresos, se puede observar que los días no laborales concentran un mayor número de viajes que los días laborales. Revisando los modelos obtenidos, tabla 29, se debe considerar realizar ajustes para mejorar el R^2 dependiendo el caso, se podría omitir algún día de medición que genere conflictos y en el peor de los casos, descartar el centro comercial.

Contando con modelos de volumen de ingresos totales para días laborales y no laborales, es posible estimar el promedio de volumen de ingresos durante la semana y el fin de semana, resultando de la siguiente forma:

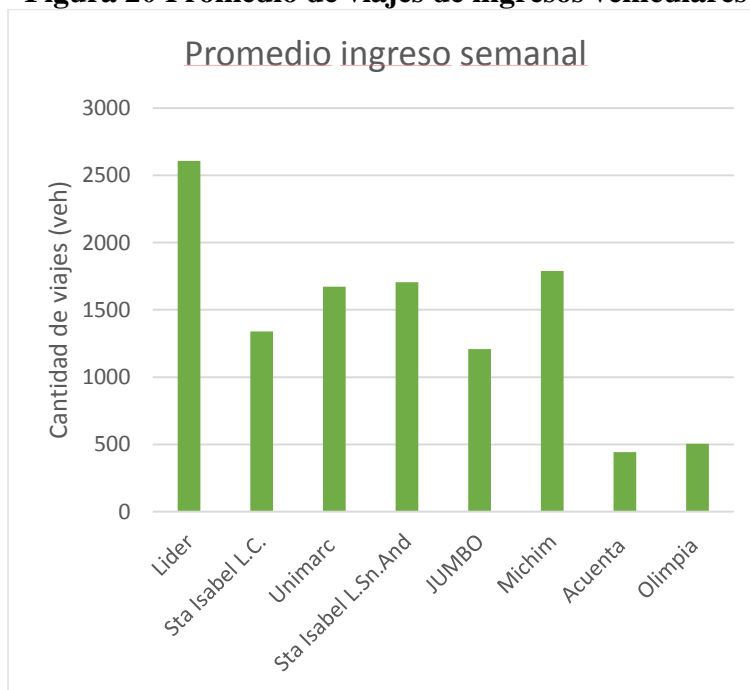
Tabla 29 Resumen modelos volumen ingresos totales

Volumen Ingresos Totales			
Días Laborales	R ²	Días No laborales	R ²
$y=0.2998x-27.35$	0.74	$y=0.299x+3.35$	0.9

Fuente: Elaboración propia

La figura 20 esquematiza los promedios de ingresos semanales, ya que el test de hipótesis permite agrupar todos los puntos en un solo modelo. De esta forma se pudo obtener una ecuación que permita conocer el ingreso total semanal para los centros comerciales.

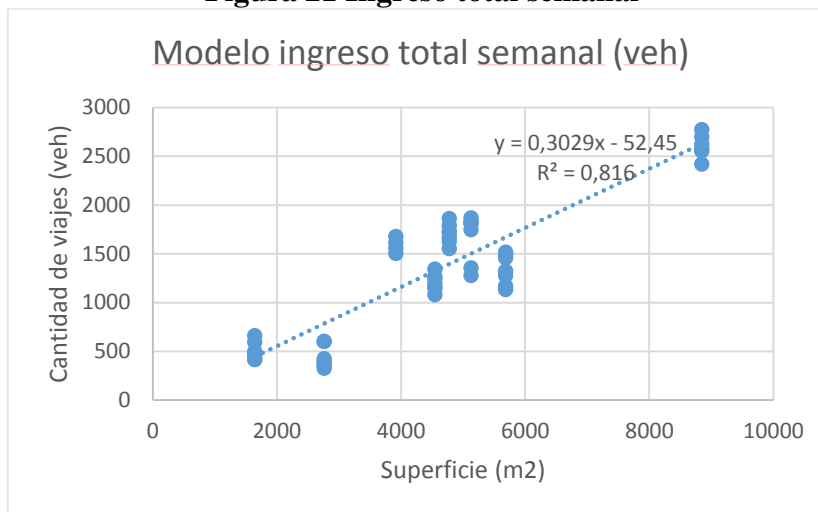
Figura 20 Promedio de viajes de ingresos vehiculares



Fuente: Elaboración propia

Finalmente, la figura 21 presenta el modelo semanal obtenido el cual permite estimar este tipo de viajes vehiculares para este período en hora punta.

Figura 21 Ingreso total semanal



Fuente: Elaboración propia

7.1.3. Demanda de estacionamientos de días laborales y no laborales

Anteriormente se definió la máxima demanda de estacionamientos registrada durante los días no laborales. Para el caso de los días laborales, se determinó con el mismo procedimiento del capítulo 6.3, la mayor demanda y durante que horario.

Tabla 30 Máxima demanda de estacionamientos durante días laborales

Centros comerciales	Lunes		Martes		Miércoles		Jueves		Viernes		Capacidad total
	Máx. Dda	Hora	Máx. Dda	Hora	Máx. Dda	Hora	Máx. Dda	Hora	Máx. Dda	Hora	
Lider	116	19:00	80	20:30	137	19:45	-	-	172	19:30	285
Santa Isabel LC	82	18:30	94	18:45	106	13:00	114	18:45	118	17:45	191
Unimarc	113	20:30	103	18:30	112	20:15	86	19:30	116	15:15	181
Santa Isabel L.Sn.A.	64	12:30	48	19:00	71	19:45	51	17:30	74	19:45	95
Unimarc And	57	20:00	46	20:00	37	20:30	43	20:00	60	20:00	85
Stripc. Michimalonco	91	18:30	93	18:15	89	18:15	93	17:30	-	-	130
Acuenta	31	19:30	34	15:45	21	18:15	19	13:30	32	18:15	68
Olimpia	16	18:30	18	12:30	14	12:15	18	12:30	16	18:15	37

Fuente: Elaboración propia

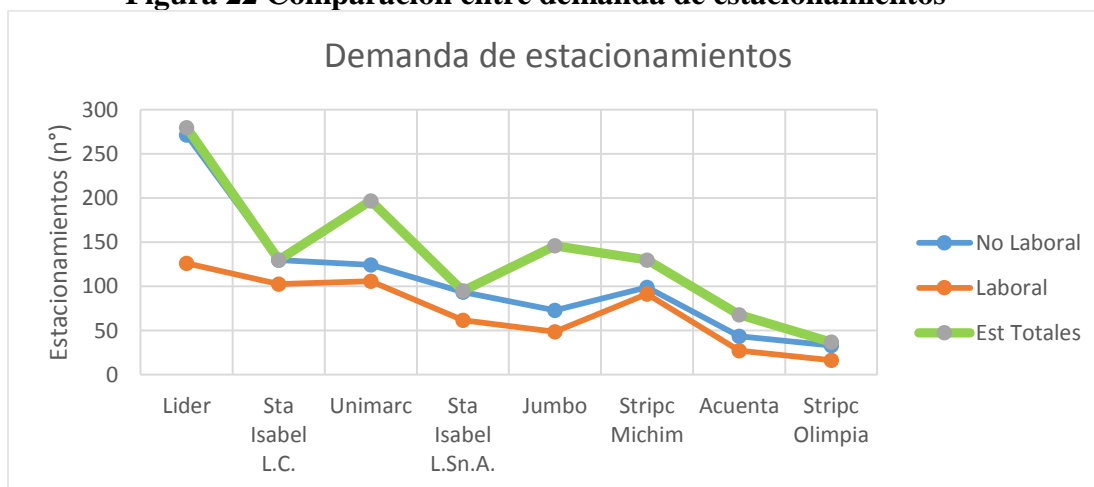
Para comparar estas demandas entre la semana y el fin de semana se procede a estimar una demanda promedio, resultando lo siguiente:

Tabla 31 Promedio de demanda de estacionamientos

Centros Comerciales	Promedio de demanda de estacionamientos				
	Laboral	No Laboral	Capacidad	Diferencia	Ocupación
Lider Av. San Juan Bosco	126	272	280	146	97%
Santa Isabel Lomas Coloradas	103	130	191	27	68%
Unimarc Chacabuco	106	125	197	19	63%
Santa Isabel Lomas San Andrés	62	94	95	32	99%
Santa Isabel Michimalonco	92	99	130	7	50%
Acuenta Hualpén	27	44	68	17	76%
Olimpia Talcahuano	16	33	37	17	65%

Fuente: Elaboración propia

Figura 22 Comparación entre demanda de estacionamientos



Fuente: Elaboración propia

De acuerdo a las demandas registradas entre días laborales y no laborales, se aprecia que en estos últimos la demanda generalmente tiende a ser mayor, puntualmente para el caso de Líder y Olimpia, llegan a duplicar la ocupación de estacionamientos. De los centros estudiados, solo 2 estuvieron cerca de completar la máxima capacidad durante días no laborales.

En la figura 22 se puede apreciar que la demanda es similar en casi todos los centros comerciales, existiendo un aumento durante los fines de semana, aunque es Líder el que más diferencias presenta.

Tabla 32 Promedio de demanda de estacionamientos

T. hipótesis	NO LAB	LAB
promedio	109	73
desv est	74,4	39,9
n	8	8
tc	2,365	
t	1,203	

Fuente: Elaboración propia

De acuerdo a la tabla 32, la demanda de estacionamientos en ambos períodos de medición en igual, ya que el estadístico “t” cae dentro de la zona de aceptación de la hipótesis nula, por lo que se corrobora que la demanda es igual para ambos períodos.

7.1.4. Factor de hora punta entre días laborales y no laborales

Para determinar el factor hora punta (FHP) en días laborales, se utiliza el mismo procedimiento planteado en el capítulo 6.4. Los FHP registrados para la semana se resumen en la siguiente tabla:

Tabla 33 FHP Atracción período laboral

Atracción	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes
Santa Isabel LC	0,91	0,96	0,9	0,87	0,96
Strip. Michimalonco	0,95	0,91	0,91	0,95	-
Unimarc	0,95	0,93	0,9	0,91	0,92
Líder	0,89	0,9	0,93	-	0,93
Santa Isabel L.Sn.A.	0,93	0,88	0,9	0,92	0,92
Acuenta	0,93	0,89	0,88	0,9	0,9
Olimpia	0,85	0,95	0,9	0,92	0,84
Unimarc	0,95	0,9	0,9	0,9	0,9

Fuente: Elaboración propia

Tabla 34 FHP Generación período laboral

Generación	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes
Santa Isabel LC	0,91	0,94	0,92	0,94	0,93
Strip. Michimalonco	0,95	0,92	0,92	0,92	-
Unimarc	0,92	0,92	0,91	0,93	0,94
Líder	0,89	0,97	0,9	-	0,94
Santa Isabel L.Sn.A.	0,93	0,92	0,92	0,96	0,9
Acuenta	0,78	0,88	0,81	0,89	0,91
Olimpia	0,81	0,95	0,9	0,86	0,8
Unimarc	0,87	0,92	0,93	0,9	0,92

Fuente: Elaboración propia

Tabla 35 FHP promedio días laborales y no laborales

Centros Comerciales	ATRACCIÓN		GENERACIÓN	
	NO LAB	LAB	NO LAB	LAB
Líder	0,90	0,91	0,89	0,93
Sta Isabel L.C.	0,92	0,92	0,91	0,93
Unimarc	0,91	0,92	0,91	0,92
Sta Isabel L.Sn.A.	0,90	0,91	0,90	0,93
Jumbo/Andalucía	0,92	0,91	0,92	0,91
Stripcenter Michimalonco	0,92	0,93	0,91	0,93
Acuenta	0,82	0,90	0,81	0,85
Stripcenter Olimpia	0,85	0,89	0,82	0,86

Fuente: Elaboración propia

Al igual que en análisis del capítulo 6.4, se observa que los factores de horas punta para días no laborales posee valores mayores a 0.5, de modo que el tráfico que vehículos que ingresan y salen de los centros comerciales es homogéneo para ambos períodos estudiados.

7.2. Capacidad de estacionamientos (OGUC)

La ordenanza general de urbanismo y construcción (OGUC) establece que para supermercados, entre 40 y 50 m² de superficie construida, corresponde a 1 estacionamiento, mientras que para centros comerciales, la misma cantidad de estacionamientos para una superficie construida de 55 y 65 m². Se verifica si los centros comerciales estudiados cumplen con el mínimo de estacionamientos que propone la OGUC, por lo cual se estimará la capacidad según la ordenanza.

Tabla 36 Estimación de estacionamientos según OGUC

CENTRO COMERCIAL	Estacionamientos Totales	OGUC
LOMAS COLORADAS	191	142
MICHIMALONCO	130	98
LIDER	280	221
UNIMARC	197	128
JUMBO	146	110
SN ANDRÉS	95	96
ACUENTA	68	69
OLIMPIA	37	41

Fuente: Elaboración propia

De acuerdo a lo establecido por la OGUC, hay tres centros comerciales que están por bajo del mínimo requerido, Santa Isabel Lomas San Andrés, Olimpia y Acuenta, los demás centros presentan más estacionamientos a los requeridos por la ordenanza.

7.3. Estudios de impacto sobre el sistema de transporte urbano (EISTU)

El umbral mínimo para la exigencia de un estudio de impacto sobre el sistema de transporte urbano (EISTU) es de 150 estacionamientos que define el Manual de Procedimientos y Metodología de los EISTU para proyectos no habitacionales, la cual está vigente desde el año 2003. En el caso de que el proyecto no tenga esa capacidad mínima para la exigencia del estudio, el consultor no tiene obligación de realizarlo. Dentro los centros estudiados, los que presentan EISTU son:

Tabla 37 Centros comerciales que cumplen con la exigencia

Centros comerciales	EISTU
Santa Isabel Lomas Coloradas	Menor a 150
Santa Isabel Michimalonco	Menor a 150
Unimarc Chacabuco	Anterior 2003
Lider Av. San Juan Bosco	Presenta EISTU
Santa Isabel Lomas San Andrés	Menor a 150
Acuenta Hualpén	Menor a 150
Olimpia Talcahuano	Menor a 150
Jumbo	Menor a 150

Fuente: Elaboración propia

De acuerdo a la tabla 37, el único centro comercial que presenta EISTU de acuerdo a las exigencias establecidas el año 2003 es el establecimiento Líder, el cual posee 280 estacionamientos. El centro comercial Santa Isabel Lomas Coloradas queda bajo la exigencia debido a que el proyecto inicial contemplaba menos de 150 estacionamientos, la capacidad actual de 191 se generó a partir de una ampliación del recinto para mejorar la capacidad y servicio del lugar.

Recopilando los datos importantes del EISTU para comparar los datos obtenidos en terreno tenemos:

Tabla 38 Tabla comparativa EISTU – Días No Laborales

PARÁMETROS	EISTU	Días No Lab.
Estacionamientos	221	280
PMD Sábado	10:45-14:30	11:00-14:30
FP Sábado	14:30-23:00	14:30-17:30
FP Domingo	10:00-22:00	14:30-17:00
Período de mayor demanda	PMD Sábado	PT Domingo
Flujos Ingreso PMD	139	117
Flujos Ingreso PT	227	135
Flujos Egresos PMD	141	101
Flujos Egresos PT	163	116

Fuente: Elaboración propia

Revisando los resultados, la estimación de estacionamientos mínimos según la OGUC, son similares. La periodización posee unas leves diferencias, pero quedan contenidas dentro de los periodos que se definieron por parte de este estudio. No coinciden en el periodo de mayor demanda (PMD sábado-PT domingo). Mientras que los flujos modelados por parte del EISTU están relativamente cercanos a lo que se registró en terreno.

7.4. Comparaciones con modelos anteriores

Dentro de los modelos expuestos dentro del Marco Teórico, se mencionan dos estudios que estaban enfocados a la zona del Gran Concepción, los planteados en el estudio de Orellana (2003) y la EOD 99.

Modelos planteados por Orellana versus modelos días no laborales:

Tabla 39 Modelos atracción en hora punta

	ATRACCIÓN			
	PMD	R2	PT	R2
NO LABORAL	$0,0112X+4,18$	0,82	$0,0166X-19,83$	0,896
ORELLANA	$10,75vX$	0,78	$14,43vX$	0,76

Fuente: Elaboración propia

Tabla 40 Modelos generación en hora punta

	GENERACIÓN			
	PMD	R2	PT	R2
NO LABORAL	$0,01X+6,107$	0,81	$0,0137X-9,43$	0,864
ORELLANA	$8,185vX$	0,76	$12,66vX$	0,74

Fuente: Elaboración propia

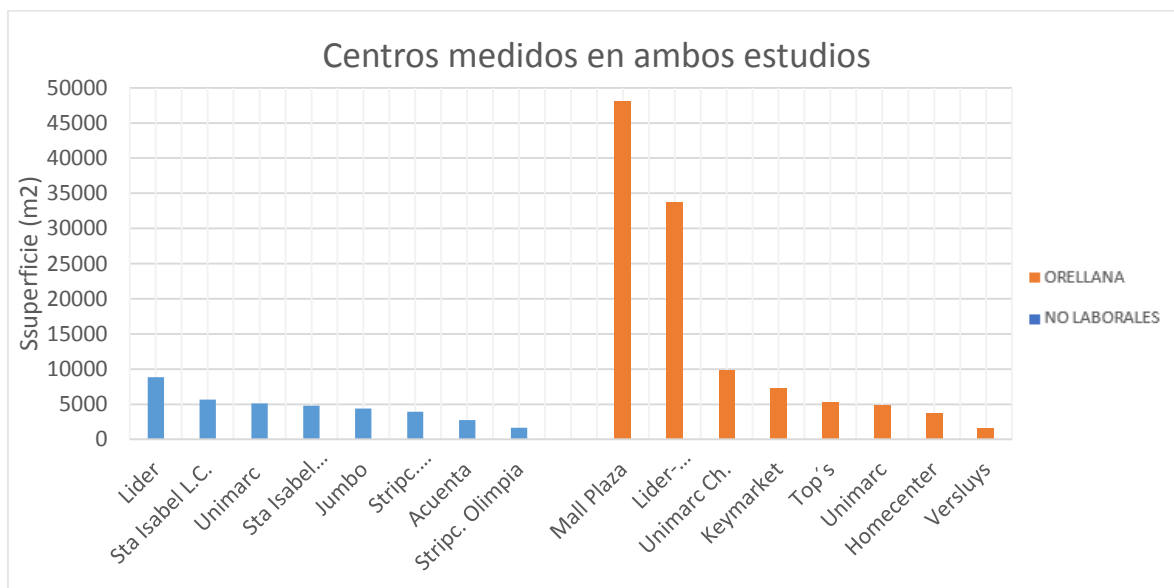
Como se puede apreciar, los modelos son muy distintos, aunque ambos dependen de la superficie de cada centro, los resultados que se obtendrían serían muy diferentes. Para poder analizar estos modelos es necesario conocer los centros utilizados en los estudios y así entender el origen de los modelos. A continuación se presenta la tabla 41 y figura 22 las cuales comparan las superficies utilizadas.

Tabla 41 Centros comerciales considerados

Período No Laboral	sup m2	Orellana	sup m2
Lider	8842	Top's	5248
Santa Isabel Lomas Coloradas	5684	Homecenter	3734
Unimarc	5125	Unimarc	4804
Santa Isabel Lomas Sn. And.	4778	Mall Plaza	48132
Jumbo	4385	Lider-Homecenter	33730
Stripc. Michimalonco	3914	Unimarc Ch.	9904
Acuenta	2757	Keymarket	7322
Stripc. Olimpia	1641	Versluys	1600

Fuente: Elaboración propia

Figura 22 Superficies entre centros comerciales



Fuente: Elaboración propia

Existe una gran distancia en los tamaños considerados entre ambos estudios, lo que generaría las diferencias entre los viajes estimados. Las recomendaciones desde el trip generation manual indican que los centros estudiados deben ser homogéneos en el tipo de servicio que prestan y tener características similares, lo que no fue posible realizar en el estudio de Orellana.

De acuerdo a los modelos planteados por Orellana y los propuestos por este estudio, se generan los siguientes volúmenes de viajes:

Tabla 42 Flujo vehicular en hora punta Modelos Orellana

	ATRACCIÓN		GENERACIÓN	
	PMD	PT	PMD	PT
Lider	1011	1357	770	1190
Santa Isabel Lomas Coloradas	811	1088	617	954
Unimarc	770	1033	586	906
Santa Isabel Lomas Sn. And.	743	997	566	875
Jumbo	712	955	542	838
Stripc. Michimalonco	673	903	512	792
Acuenta	565	758	430	665
Stripc. Olimpia	436	584	332	513

Fuente: Elaboración propia

Tabla 43 Flujo vehicular en hora punta Modelos No Laborales

	ATRACCIÓN		GENERACIÓN	
	PMD	PT	PMD	PT
Lider	103	127	95	112
Santa Isabel Lomas Coloradas	68	75	63	68
Unimarc	62	65	57	61
Santa Isabel Lomas Sn. And.	58	59	54	56
Jumbo	53	53	50	51
Stripc. Michimalonco	48	45	45	44
Acuenta	35	26	34	28
Stripc. Olimpia	23	7	23	13

Fuente: Elaboración propia

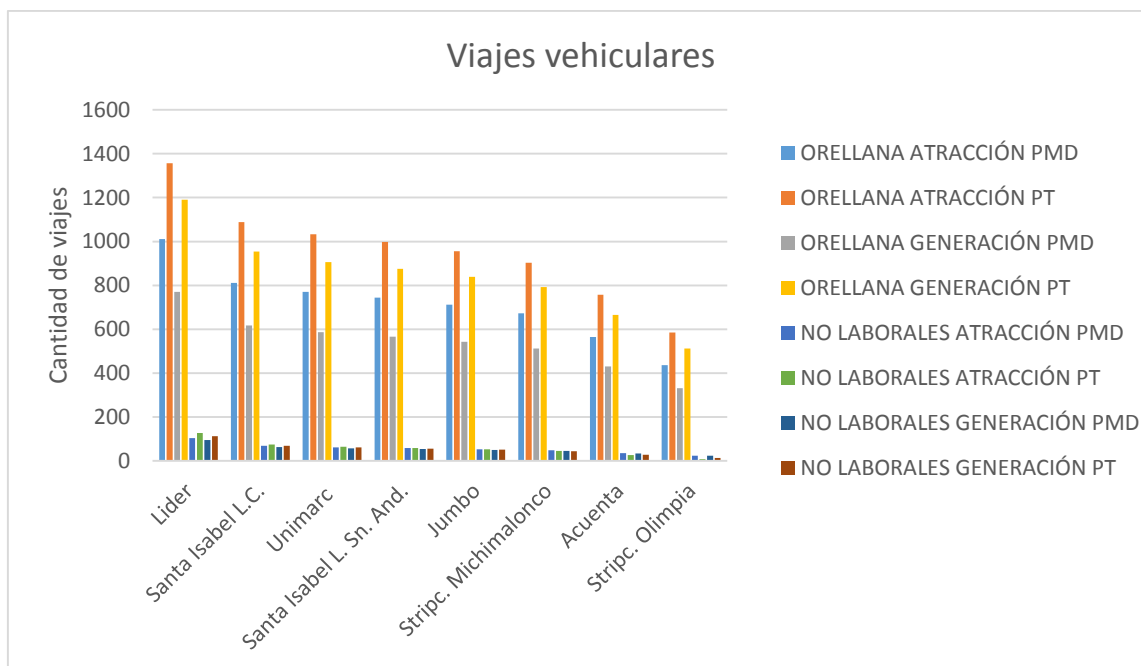
Una vez que se obtuvieron estos resultados, y de acuerdo a la gran diferencia que existe, se puede presumir que los centros estudiados por Orellana escapan de lo recomendado por ITE y que tiene relación con las características de los mismos. Además, Orellana no especifica el período horario del que es representativo los modelos.

De los resultados obtenidos, se puede observar que la estimación de volumen de vehículos por el modelo de Orellana es mayor a la estimada por el modelo de éste estudio, estas diferencias se presentan debido a que el primero esta calibrado en base a la hora más cargada, mientras que el modelo de este estudio, es en base al máximo volumen

registrado durante 15 minutos dentro de la hora punta. Si consideramos que el FHP fue cercano a 1 dentro de nuestro estudio, al amplificar los $Q_{15 \text{ máx}}$ por 4 para representar la cantidad de vehículos por hora que se atrae o genera en las horas punta, tiende a ser la mitad de lo que estima el primer modelo.

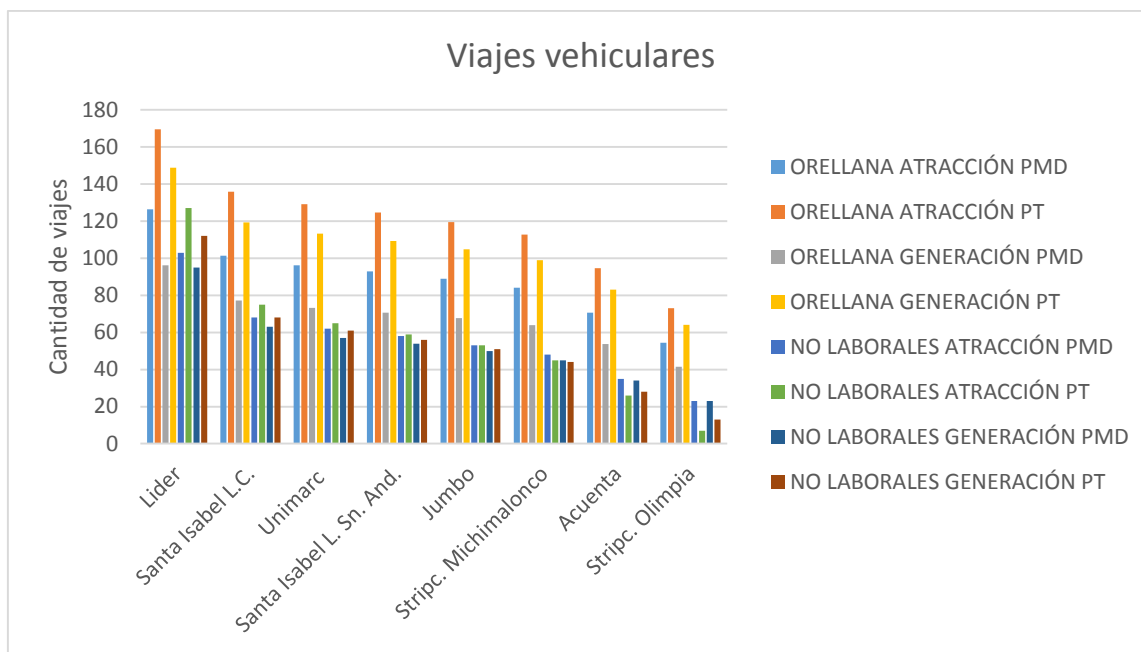
La figura 23 representa los resultados indicados por los modelos, se aprecian las grandes diferencias entre viajes estimados, mientras que en la figura 24, se realizó la amplificación de nuestros resultados para compararlos en un rango de tiempo mayor.

Figura 23



Fuente: Elaboración propia

Figura 24



Fuente: Elaboración propia

En esta figura se aprecia que aunque se aumentó en tiempo de representación de los modelos no permitió un orden similar, lo que deja por establecer que las diferencias se centran en los tipos de centros escogidos y la falta de información brindada por parte de Orellana.

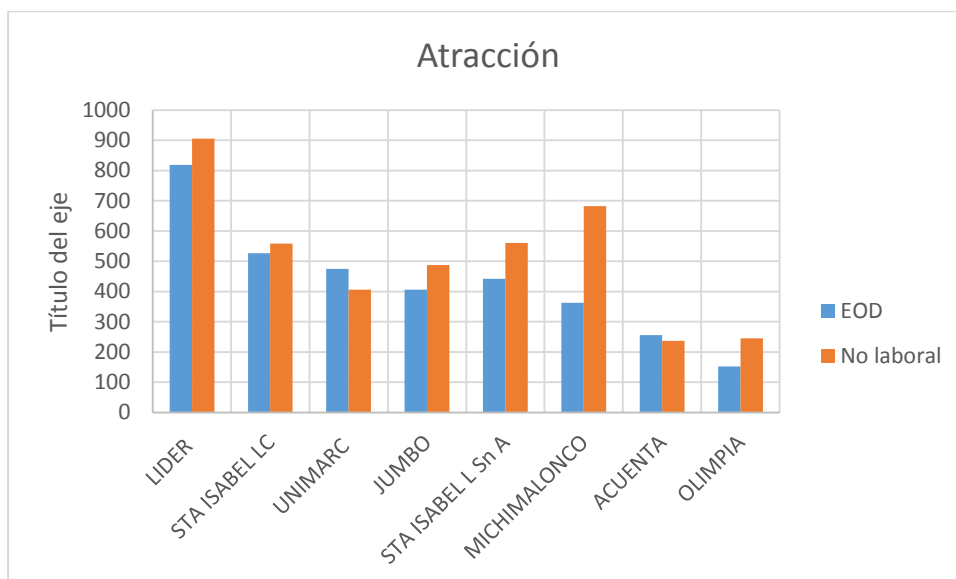
Por otra parte, los modelos planteados por la **EOD 99**, corresponde al volumen de vehículos que se atrae o genera en los periodos fuera de punta, por lo que la estimación de este modelo se comparara con los datos que fueron recopilados en terreno, para el periodo fuera de punta definido por esta encuesta, que comprende el periodo de 10:00-12:00 y 14:45-17:45 horas.

Tabla 44 Viajes modelados en periodo fuera de punta v/s registrados en terreno

	Superficie (m2)	Cantidad de viajes EOD		Cantidad de viajes NO LAB	
		FP		10:00-12:00/14:45-17:45	
		Atraídos	Generados	Atraídos	Generados
LIDER	8842	819	441	906	996
STA ISABEL LC	5684	526	284	559	557
UNIMARC	5125	475	256	406	413
JUMBO	4385	406	219	488	451
STA ISABEL L Sn A	4778	442	238	560	522
MICHIMALONCO	3914	362	195	683	657
ACUENTA	2757	255	138	237	215
OLIMPIA	1641	152	82	245	234

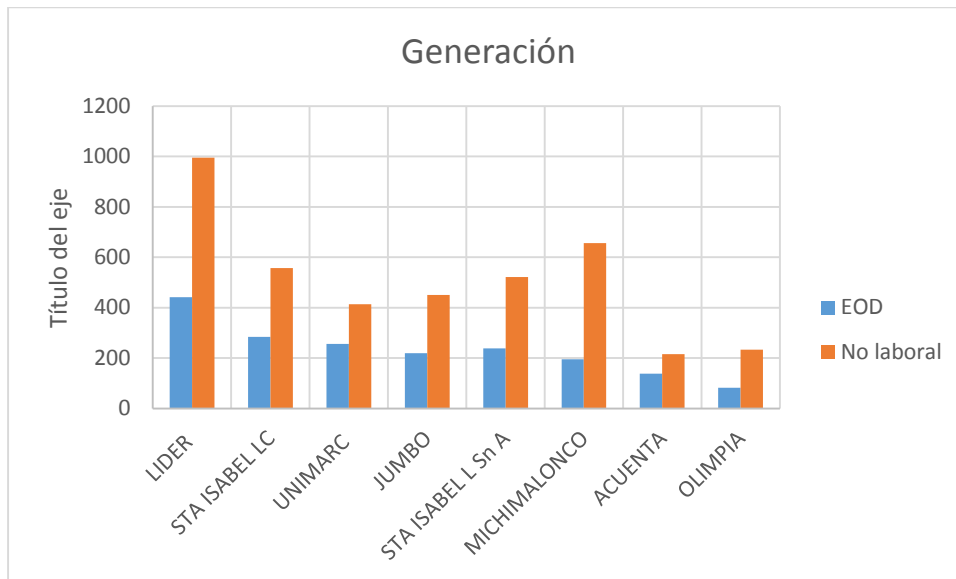
Fuente: Elaboración propia

Figura 25 Comparación en cantidad de viajes vehiculares atraídos



Fuente: Elaboración propia

Figura 26 Comparación en cantidad de viajes vehiculares generados



Fuente: Elaboración propia

Podemos apreciar que existe una diferencia notoria entre ambos estudios, dicho de otra forma, la cantidad de viajes que predice la eod son inferiores a la cantidad de viajes que arroja nuestro estudio. La mayor desigualdad se produce entre los viajes generados, con diferencias superiores al 100%. Una de las razones se debería principalmente a que la eod se debió actualizar hace 5 años atrás, pero no se realizó debido al terremoto del 2010, por lo que sus efectos no serían acordes a la realidad. Además, estos modelos se realizaron durante días típicos semanales, por lo que es de esperar grandes diferencias. Además de que el comportamiento entre los usuarios de los centros comerciales ha cambiado con el tiempo, ya los viajes en vehículo son de menor tiempo y existen más vehículos circulando.

8. CONCLUSIONES

1. La generación y atracción de viajes vehiculares se ve claramente influenciada por el área techada de cada centro. Durante el desarrollo y análisis del estudio se pudo comprobar, y de acuerdo a estudios similares anteriores, que esta variable es la más influyente y responsable de la cantidad de viajes vehiculares atraídos y generados hacia centros comerciales del Gran Concepción. De acuerdo a otras variables que también pudiesen explicar este fenómeno, el área techada o dedicada al servicio y atención al cliente, es la que mejor representa el suceso. Las variables como área de estacionamientos y área total del centro no mostraban buenos ajustes de bondad, es decir, no son tan representativas como la indicada. Las variables como el número de empleados, número de estacionamientos y número de cajas no indican por si solas la cantidad final de viajes vehiculares.
2. Los distintos T.H. que se aplicaron fueron útiles para la caracterización de los períodos y horas punta en cada centro y resultados en los ingresos totales de vehículos. Se pudo comprobar que estos test fueron eficientes para discriminar entre distintos horarios, los resultados son satisfactorios. Durante el desarrollo de las comparaciones con diferentes estudios presentes en la literatura (eod, días laborales y Orellana) se pudo apreciar que el test de hipótesis es demasiado exigente, debido principalmente a la cantidad de centros comerciales estudiados (n), pero como el *Trip Generation Manual* recomienda una cantidad mínima de 3 centros para estudiar este fenómeno, nos enfocamos derechamente que quizás los test de hipótesis no sirven al momento de la comparación, es necesaria otra herramienta. Los resultados con Orellana son muy distintos, siendo una causa probable que los factores obtenidos de sus modelos no son muy confiables, aunque presenten buenos R^2 , los modelos no son muy similares a otros en la literatura ni a los nuestros, por lo que no debería existir una similitud entre los resultados de los estudios. Además Orellana aplicó modelos de RLM los cuales en su calibración no fueron confiables.

3. A mayor superficie techada mayor cantidad de viajes generados y atraídos se producen. De acuerdo a nuestros modelos de RLS los resultados que se obtienen son que ingresan y salen más vehículos mientras el centro comercial sea más grande. Se pudo comprobar, de acuerdo a las mediciones, que un centro comercial como Michimalonco posee una cantidad de viajes vehiculares distinto a la tendencia de los modelos, seguramente por su ubicación, siendo esta una posible variable a considerar en estudios posteriores.
4. A menor superficie techada menor cantidad de viajes generados y atraídos se producen. De acuerdo a nuestros modelos de RLS los resultados que se obtienen son que ingresan y salen menos vehículos mientras el centro comercial sea de menor tamaño. Los modelos al resultar lineales y con buenos R^2 , permiten conocer este fenómeno.
5. Los modelos de RLS presentan buenos R^2 , lo que implica que la variable escogida es representativa del problema. Esto se mejoró debido a que los puntos que representaban a Michimalonco se escapaban y reducían los factores de ajuste en cada modelo por lo que se sacaron para mejorarlos. Como se disponía de una buena cantidad de centros analizados no fue influyente la extracción de estos puntos. Los modelos de RLS son útiles para este tipo de estudios.
6. Los modelos de RLS aplican a centros comerciales cuyas superficies sean desde los 1641 m^2 a 8842 m^2 . Es necesario destacar esto ya que cualquier valor de algún centro comercial que no encaje dentro de este intervalo puede tener otra variable o comportarse de manera distinta a las señaladas durante este estudio. Como se dijo anteriormente, el comportamiento de viajes vehiculares atraídos y generados es de forma lineal y las variables que eran representativas a primera instancia se encuentran correlacionadas, por lo que una RLS fue ideal para el análisis.
7. La campaña de recolección de datos que se implementó fue eficiente y ordenada, permitiendo un análisis y comprensión del problema de forma clara, a medida que se

estudiaban los distintos centros comerciales, se apreciaba los factores que influían en la generación y atracción de viajes. Esta campaña permitió estudiar centros comerciales muy parecidos en cuanto a servicios que prestan a la gente, es decir, son homogéneos, de esta forma la distorsión en las muestras no es grande. Es necesario poder analizar correctamente al centro comercial a estudiar, ya que de no hacerlo los resultados pudiesen no ser representativos.

8. Los modelos obtenidos fueron satisfactorios ya que presentan un buenos R^2 y su estructura es similar a los modelos encontrados en literatura, a raíz de esto nuestros resultados son confiables y seguros. Varios documentos, nacionales como internacionales que son similares a este estudio indicaban modelos muy parecidos en su composición y análisis a los nuestros.
9. El estado del arte para esta memoria permitió adelantar trabajo en cuanto a la preparación y conocimiento de las variables que influyeron en los resultados, así se ahorró tiempo y se enfocó en las distintas variables realmente relevantes e importantes que aportan a los resultados.
10. La calibración de los modelos, ya sea para PMD, PT e Ingresos de vehículos, produjo buenos resultados, ya que los T.H. diferenciaron entre los centros que ingresaron a los modelos y aquellos que no poseían las características necesarias y planteadas en esta memoria, planteados en una primera etapa, todos los modelos contienen puntos del día sábado y domingo, lo que disminuyó la variabilidad de los gráficos y permitió buenos R^2 . En una segunda etapa, se prefirió por descartar los puntos que representaban al centro comercial Michimalonco, ya que era el único centro que se escapaba de la tendencia y distorsionaba los resultados, de esta manera los R^2 que se obtuvieron fueron del orden de 0,9.

9. BIBLIOGRAFÍA

- Triola. M (2004). Estadística. Naucalpan de Juárez, México: Pearson Education.
- Montgomery. D (2004). Probabilidad y estadística aplicada a la ingeniería. Iztapalapa, México: McGraw-Hill.
- Fernández & de Cea Ingenieros Ltda. (2002). Análisis de la red vial básica del Gran Concepción, I etapa. 2015, de SECTRA.
Sitio web: <http://www.sectra.gob.cl/biblioteca>. (01 Octubre 2015)
- MTT – Ministerio de Transportes y Telecomunicaciones, SECTRA, Estimación de tasas de generación y atracción de viajes para proyectos residenciales y no residenciales.
Sitio web: <http://www.sectra.gob.cl/biblioteca>. (01 Octubre 2015)
- Cal y Mayor, Cárdenas (2007). Ingeniería de Transito. Fundamentos y aplicaciones. 8va edición. México.
- FDC, Consultores. (2010). “Análisis y Formulación de nuevos modelos de generación y atracción de viajes” (p. 73). MIDEPLAN, Santiago de Chile, Metropolitana.
- Girardotti, L. (2001). “Demanda de transporte dirigida a redes” (I ed., Vol. I, p. 47). Buenos Aires, Distrito Federal: Facultad de Ingeniería UBA.
- Institute of Transportation Engineers, *Trip Generation Manual*.
- Ortuzar, J. (1998). *Modelos de Demanda de Transporte* (Segunda ed., p. 238). Santiago de Chile, Metropolitana.

- Aldana, C. (2006). *Modelación de la generación y atracción de viajes en el valle de Aburrá*. (I ed., Vol. I, p. 201). Aburrá.
- Orellana, D. (2003). *Calibración de Parámetros Para la Generación y Atracción de Viajes en Medianos y Grandes Centros Comerciales del Gran Concepción*. (Ist ed., Vol. I, p. 163). Concepción, Bio Bio.
- Leighton, C. (2001). *Estimación de tasas de generación de viajes para actividades comerciales en el A.M.C. Propuesta metodológica*. (I ed., Vol. I, p. 201). Caracas, Distrito Capital.
- Herz, M., & Galarraga, J. (2013). *Análisis de tasas y modelos para generación de viajes en hipermercados y supermercados*. Córdoba.
- Woywood, M. (2003). Transporte urbano: Un modelo a seguir. *Revista Urbano*, 7-7. Disponible desde: <http://revistas.ubiobio.cl/index.php/RU/article/view/577>
- Castillo, M. (2012). *Determinación de tasas de generación de viajes para centros de actividad comercial ubicados en ejes de transporte masivo del área metropolitana de Caracas*. Caracas, Distrito Federal.
- Plan regulador comunal de Concepción, ordenanza local. Incluye modificación marzo 2005, agosto 2006, febrero 2009 y septiembre 2009. (cap VI, pág, 68).
- Vargas S. (2014) *Apuntes de Ingeniería vial. Unidad 2, Capacidad y nivel de servicio, variables del tráfico*. Universidad del Bio Bio, Chile.
- Manheim M.I. (1984). *Fundamentals of transportation systems analysis*. (vol I, basic concepts) USA.
- De Abreu, Vania. Luis Da Cruz Silveira y Yeko Yamashita. (1999). *Determinación de factor de atracción de viajes para análisis de demanda de transporte, en actas del xiii congreso de pesquisa e ensino em transportes*. ANPET, Sao Carlos, Brasil.

- Ullysea N. y Nozari B. (1994) *Influencia de un Shopping Center sobre la atracción de viajes con motivo de trabajo*, *Actas Del 8° Congreso De Pesquisa E Ensino Em Transportes*. (Vol I) Anpet, Brasil.