

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 DEL GRAN CONCEPCIÓN DURANTE DÍAS
LABORALES”**

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

BRIAN ALEXIS ROJAS CONCHA

Concepción, 2015

AGRADECIMIENTO

Quiero agradecer a mi familia por ser un pilar fundamental en mi formación académica y personal.

A mi polola Valerie Vergara, por su amor y estar siempre conmigo apoyándome en las buenas y en las malas.

A mis amigos y compañeros, con quienes compartí muchas alegrías, momentos difíciles y tensos dentro de la carrera, pero siempre manteniendo ese lazo de amistad y comunicación.

A mi profesor guía, Patricio Álvarez Mendoza, por permitirme desarrollar este tema y la orientación que me otorgó para sacar adelante esta investigación.

CALIBRACIÓN DE MODELOS DE GENERACIÓN Y ATRACCIÓN DE VIAJES EN CENTROS COMERCIALES DEL GRAN CONCEPCIÓN DURANTE DÍAS LABORALES

Autor: Brian Rojas Concha

Departamento de Ingeniería Civil y Ambiental, Universidad del Bío-Bío

brojas@alumnos.ubiobio.cl

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 evidentemente la aparición de nuevas infraestructuras asociadas a las nuevas demandas de actividad económica de la ciudad. 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 al interior de la ciudad. Sin embargo, 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.

En el presente trabajo se 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. Adicionalmente, respecto del horario de mayor demanda, se observa que existen marcadas tendencias tanto en días laborales como no laborales a concentrarse en torno a periodos específicos del día.

Palabras Claves: Transporte; Modelo; Atracción; Generación; Viajes.

11729 Palabras Texto + 69 Figuras/Tablas*250 = 28979 Palabras Totales

CALIBRATION OF GENERATION MODELS AND ATTRACTION TRIPS IN SHOPPING CENTERS OF THE GRAN CONCEPCIÓN DURING WORKING DAYS

Author: Brian Rojas Concha

Departamento de Ingeniería Civil y Ambiental, Universidad del Bío-Bío

brrojas@alumnos.ubiobio.cl

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 fleet and the use of the soil within its 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 into the city. However, for this type of development, the law requires that the impacts of such activity on the existing transportation system are evaluated, a situation that is complicated by the lack of information regarding the characteristics of transport demand in this infrastructure type.

In this paper a number of parameters characterizing the transaction from the point of view of transport demand in commercial centers of the “Gran 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 the day, during working days and non-working days.

The results of the calibrated models indicate that the variable that best explains the demand for transport in shopping centers is the same area, also observed that the demand tends to be the same on working days and non-working days. Additionally, with respect to the time of peak demand, it is noted that there are marked trends in working days and non-working days to focus on specific periods of the day.

Keywords: Transport; Model; Attraction; Generation; Trips.

ÍNDICE GENERAL

1.	INTRODUCCIÓN.....	1
2.	OBJETIVOS.....	2
2.1.	Objetivo General.....	2
2.2.	Objetivos Específicos	2
2.3.	Alcances del estudio	2
3.	MARCO TEÓRICO	3
3.1.	Antecedentes Generales.....	3
3.2.	Resumen del estado del arte.....	3
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	15
5.4.	Base de datos	17
6.	CALIBRACIÓN DEL MODELO.....	19
6.1.	Identificación y definición de la variable independiente.....	19
6.2.	Perfil de demanda	20
6.2.1.	Test de hipótesis y definición de modelos	22
6.3.	Demanda de estacionamientos.....	37
6.4.	Factor hora punta	38
7.	COMPARACIONES CON OTROS ESTUDIOS	40
7.1.	Comparación entre días laborales y días no laborales	40
7.1.1.	Modelos obtenidos	40
7.1.2.	Volumen ingresos totales	45
7.1.3.	Demanda de estacionamientos de días laborales y no laborales	48

7.1.4.	Factor de hora punta entre días laborales y no laborales.....	50
7.2.	Capacidad de estacionamientos	51
7.3.	Estudios de impacto sobre el sistema de transporte urbano.....	51
7.4.	Comparaciones con modelos anteriores.....	53
8.	CONCLUSIONES.....	59
9.	BIBLIOGRAFÍA	61

ÍNDICE TABLAS

Tabla 1. Resumen de los centros seleccionados y ubicación.	10
Tabla 2. Dimensiones centros comerciales en m ²	11
Tabla 3. Variables de servicio	12
Tabla 4. Actividades de la campaña de medición	13
Tabla 5. Volumen viajes totales de atracción y generación	17
Tabla 6. Matriz de correlación.....	20
Tabla 7. Tamaño muestral de periodos.....	23
Tabla 8. Valores críticos.....	24
Tabla 9. Test de hipótesis entre periodo PMD y FP.....	25
Tabla 10. Test hipótesis entre periodo FP y PT.....	26
Tabla 11. Valores críticos.....	27
Tabla 12. Test de hipótesis, verificación de hora punta	28
Tabla 13. Q _{15 máx} Hora Punta PMD y PT (Atracción)	29
Tabla 14. Q _{15 máx} Hora Punta PMD y PT (Generación)	29
Tabla 15. Parámetros Q _{15 máx} en horas punta de atracción.....	30
Tabla 16. Parámetros Q _{15 máx} en horas punta de generación.....	30
Tabla 17. Test de hipótesis Q _{15 máx} horas punta atracción	31
Tabla 18. Test de hipótesis Q _{15 máx} horas punta generación.....	31
Tabla 19. Resumen modelos hora punta.....	34
Tabla 20. Volumen Ingresos Totales.....	35
Tabla 21. Test hipótesis volumen ingresos totales	35
Tabla 22. Máxima demanda de estacionamientos en días laborales	37
Tabla 23. FHP atracción de viajes	38
Tabla 24. FHP generación de viajes	39
Tabla 26. Modelos de atracción de viajes en horas punta	41
Tabla 27. Modelos de generación de viajes en horas punta	41
Tabla 28. Promedio Q _{15 máx} de días laborales y no laborales.....	42
Tabla 29. Parámetros del test de hipótesis.....	42
Tabla 30. Volumen de ingresos días no laborales	45
Tabla 31. Resumen modelos volumen ingresos totales.....	46
Tabla 32. Máxima demanda de estacionamientos durante días no laborales	49

Tabla 33. Factor hora punta de días no laborales	50
Tabla 34. FHP promedio días laborales y no laborales	50
Tabla 35. Estimación de estacionamientos según OGUC	51
Tabla 36. Centros comerciales que cumplen con la exigencia	52
Tabla 37. Periodización adoptada.....	52
Tabla 38. Tabla comparativa EISTU - Estudio	53
Tabla 39. Volumen de viajes estimados en hora punta	55
Tabla 40. Modelos EOD 99.....	56
Tabla 41. Viajes modelados en periodo fuera de punta v/s registrados en terreno	56

ÍNDICE FIGURAS

Figura 1. Distribución de centros comerciales en el Área de estudio.....	11
Figura 2. Equipo Trax Apollyon	14
Figura 3. Mangueras Neumáticas	14
Figura 4. Cinta adhesiva	15
Figura 5. Elementos de seguridad	15
Figura 6. Esquema L1.....	16
Figura 7. Esquema L6.....	16
Figura 8. Volumen de demanda de viajes vehiculares en días laborales.....	18
Figura 9. Distribución de viajes de atracción y generación de viajes.....	21
Figura 10. Definición de periodos	22
Figura 11. Distribución t de Student.....	24
Figura 12. Modelo de Atracción PMD	32
Figura 13. Modelo de Atracción PT	32
Figura 14. Modelo de generación PMD	33
Figura 15. Modelo de generación PT	33
Figura 16. Modelo Volumen Ingresos Diarios Totales	36
Figura 17. Atracción PMD Semanal	43
Figura 18. Generación PMD Semanal.....	43
Figura 19. Atracción PT Semanal.....	44
Figura 20. Generación PT Semanal.....	44
Figura 21. Modelo de ingresos totales en días no laborales	46
Figura 22. Ingresos totales de vehículos días laborales vs no laborales.....	47
Figura 23. Modelo ingreso total semanal	48
Figura 24. Demanda de estacionamientos	49
Figura 25. Tamaño centros comerciales	54
Figura 26. Viajes vehiculares durante días laborales estudio v/s Orellana	55
Figura 27. Atracción de viajes (veh)	57
Figura 28. Generación de viajes (veh).....	57

1. INTRODUCCIÓN

En el último tiempo, el desarrollo urbano ha caracterizado al ser humano debido a la realización de diferentes actividades. Éstas se representan de acuerdo a los diferentes usos del suelo para la definición de los proyectos urbanos asociados a la demanda de la actividad económica de la ciudad. Por ende, la aparición de los centros comerciales generan un impacto sobre el sistema de transporte y se asocia a la actividad de llegada y salida de los usuarios a dichas infraestructuras, por lo cual 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 dentro de la zona de emplazamiento del proyecto, 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.

Durante el último tiempo, el Gran Concepción 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 involucra un incremento considerable de los centros comerciales, 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.

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 se estimaron una serie parámetros que caracterizan la operación de la demanda en los centros comerciales, se seleccionó una muestra representativa de centros de diferente tamaño, abordando además sus características estructurales y de servicio. Además se midió en detalle la atracción y generación de viajes en diferentes periodos del día durante días laborales, con el fin de generar un modelo de regresión lineal simple que explique el fenómeno de estos viajes.

2. OBJETIVOS

2.1. Objetivo General

- Calibrar modelos de generación y atracción de viajes para centros comerciales del Gran Concepción durante días 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. Medir la generación y atracción de viajes para un conjunto de centros comerciales del Gran Concepción.
5. Comparar resultados con otros estudios.

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 que explique el comportamiento de los usuarios dentro de diferentes periodos de tiempo y en días 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 de investigaciones anteriores, de tal forma de rescatar las consideraciones más relevantes para explicar el comportamiento de estos viajes. Lo que se destaca dentro de los estudios de atracción y generación de viajes, es que estos se basan en el Trip Generation Manual, manual estadounidense creado y mantenido por el ITE (Institute of Transportation Engineers), que recopila información acerca del tráfico vehicular que se genera por los diferentes usos de suelo, especificando comparaciones dentro de las ciudades del país. Es información de tipo empírica, dentro de la cual entrega:

- Viajes-vehículo como promedio ponderado de tasas de generación de viajes por unidad de una variable independiente.

- Gráfica del número de viajes-vehículo v/s tamaño de una variable independiente.
- Regresión lineal del número de viajes-vehículo relacionados con el tamaño de una variable independiente.

El manual realiza una selección de las variables independientes a considerar para explicar la atracción y generación de viajes, mencionando la superficie construida, superficie de terreno, número de empleados, número de estacionamientos, localización, entre otros, entregando resultados para diferentes periodos del día y días de la semana.

Dentro de estudios previos dentro de la zona o en otros países, podemos mencionar en primer lugar, 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:

$$y = \alpha * \sqrt{x} \quad \text{Ec.1}$$

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:

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

$$\text{PT semana: } y = 9.28333\sqrt{x}; R^2 = 0.94 \quad \text{Ec.3}$$

Generación:

$$\text{PMD semana: } y = 6.45799\sqrt{x}; R^2 = 0.74 \quad \text{Ec.4}$$

$$\text{PT semana: } y = 8.72782\sqrt{x}; R^2 = 0.90 \quad \text{Ec.5}$$

Donde:

PMD: punta medio día

PT: punta tarde

x: área de atención

En segundo lugar, se presenta la metodología elaborada por Castillo (2013). Perteneciente a una tesis de pregrado desarrollada en 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 fueron:

Atracción:

$$\text{PMD: } y = 0.0082x - 188.71 ; R^2 = 0.82 \quad \text{Ec.6}$$

$$\text{PT: } y = 0.0069x - 35.568 ; R^2 = 0.87 \quad \text{Ec.7}$$

Generación:

$$\text{PMD: } y = 0.0081x - 69.34 ; R^2 = 0.61 \quad \text{Ec.8}$$

$$\text{PT: } y = 0.0137x - 269.46 ; R^2 = 0.84 \quad \text{Ec.9}$$

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 (ft²).

Viernes:

$$\ln(y) = 0.65\ln(x) + 5.83 ; R^2 = 0.90 \quad \text{Ec.10}$$

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

$$y = 0.0926x ; R^2 = 0.864 \quad \text{Ec.11}$$

Modelo de Generación Fuera de Punta

$$y = 0.0499x ; R^2 = 0.86 \quad \text{Ec.12}$$

Donde x representa el área de comercio en m².

En resumen, todos los estudios revisados consideran un tamaño muestral de al menos 3 centros comerciales. Los análisis de la demanda de transporte en estos establecimientos apuntan a un periodo específico del día como periodo punta medio día, punta tarde o fuera de punta. Además los modelos que proponen, consisten en regresiones lineales simples y en su mayoría la variable explicativa al fenómeno se considera el área del centro comercial.

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 recomendación que permita estimar los centros necesarios para realizar el estudio, de modo que la obtención de resultados sea lo más objetiva posible. Por otra parte, la metodología Estadounidense (ITE 2012) 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:

- **Accesos**, debe tener definido el acceso de ingreso y egreso de vehículos.
- **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. Por ende, se escogerán centros comerciales grandes y pequeños.

- **Localización**, de modo que se pueda abarcar de forma amplia varios sectores del Gran Concepción, considerando además de manera implícita, 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.

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
Santa Isabel Michimalonco	San Pedro de la Paz	Av. Michimalonco 1100
Unimarc Chacabuco	Concepción	Calle Chacabuco 70
Lider Av. San Juan Bosco	Concepción	Av. San Juan Bosco 250
Santa Isabel Lomas San Andrés	Concepción	Av. Ramón Carrasco 52
Acuenta Hualpén	Hualpén	Av. Colón 8870
Olimpia Talcahuano	Talcahuano	Av. Colón 3200
Unimarc Andalué	San Pedro de la Paz	Camino El Venado 1380

Fuente: Elaboración propia

Considerando todos los criterios de requerimiento para el estudio, se logró seleccionar 8 centros comerciales que se distribuyen dentro de las comunas de Concepción (Tabla 1).

Figura 1. Distribución de centros comerciales en el Área de estudio



Fuente: Google Earth

En la figura 1 se presenta la ubicación de cada centro comercial considerado en el estudio dentro del Gran Concepción.

4.3. Características de los centros comerciales

Fue necesario hacer una recopilación de datos de acuerdo a las características de interés para la investigación, en este caso, características estructurales y de servicio de cada centro:

Tabla 2. Dimensiones centros comerciales en m²

Centro comercial	Área Techada Centro Comercial	Área Estacionamientos	Área total terreno
Santa Isabel Lomas Coloradas	5684	3410	14119
Santa Isabel Michimalonco	3914	3476	7351
Unimarc Chacabuco	5125	3087	7332
Lider Av. San Juan Bosco	8842	5098	12245
Santa Isabel Lomas San Andrés	4778	2234	8587
Acuenta Hualpén	2757	1328	4395
Olimpia Talcahuano	1641	939	2196
Unimarc Andalué	4543	2044	7368

Fuente: Elaboración propia

Tabla 3. Variables de servicio

Centro comercial	N° Estacionamientos	N° Empleados	N° Cajas
Santa Isabel Lomas Coloradas	191	120	10
Santa Isabel Michimalonco	130	55	12
Unimarc Chacabuco	197	60	18
Lider Av. San Juan Bosco	285	185	32
Santa Isabel Lomas San Andrés	95	50	8
Acuenta Hualpén	68	20	10
Olimpia Talcahuano	37	25	3
Unimarc Andalué	85	40	10

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 2 se presentan las diferentes áreas a considerar en el estudio, mientras que la tabla 3 presenta las variables de servicio que posee cada centro comercial. Dentro de esta selección de variables, se espera que una de estas explique el comportamiento de los viajes atraídos y generados en los centros comerciales.

5. RECOLECCIÓN DE DATOS

5.1. Campaña de medición

Una vez terminada la selección de los centros comerciales a estudiar, se estableció 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 del 2015, con una duración total de 38 días, descontando los dos feriados y días no laborales (Tabla 4). Los periodos de medición de este estudio fueron de 10 horas consecutivas, iniciando desde las 11:00 hasta las 21:00.

Tabla 4. Actividades de la campaña de medición

Semana	Centro Comercial	Duración (días)	Comienzo	Fin
1	Santa Isabel Lomas Coloradas	5	20-04-2015	24-04-2015
2	Santa Isabel Michimalonco	4	27-04-2015	30-04-2015
3	Unimarc Chacabuco	5	11-05-2015	15-05-2015
4	Lider Av. San Juan Bosco	4	18-05-2015	22-05-2015
5	Santa Isabel Lomas San Andrés	5	25-05-2015	29-05-2015
6	Acuenta Hualpén	5	08-06-2015	12-06-2015
7	Olimpia Talcahuano	5	15-06-2015	19-06-2015
8	Unimarc Andalue	5	22-06-2015	26-06-2015

Fuente: Elaboración propia

5.2. Instrumento de medición

Para este proyecto se usó el instrumento de medición Trax Apollyon, desarrollado por Jamar Technologies Inc, el cual consiste en un dispositivo que permite censar 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.

Figura 2. Equipo Trax Apollyon



Fuente: Manual usuario

- **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.

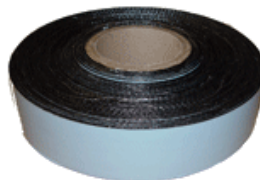
Figura 3. Mangueras Neumáticas



Fuente: Manual usuario

- **Cinta adhesiva:** facilita la fijación de las mangueras sobre el pavimento.

Figura 4. Cinta adhesiva



Fuente: Manual usuario

- **Elementos de seguridad:** para resguardar el equipo, se utilizaron cadenas y candado.

Figura 5. Elementos de seguridad



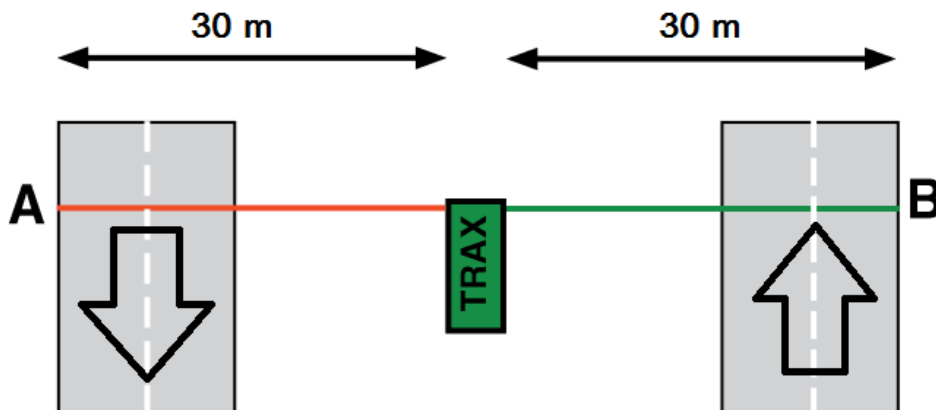
Fuente: Manual usuario

5.3. Trabajo en terreno

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

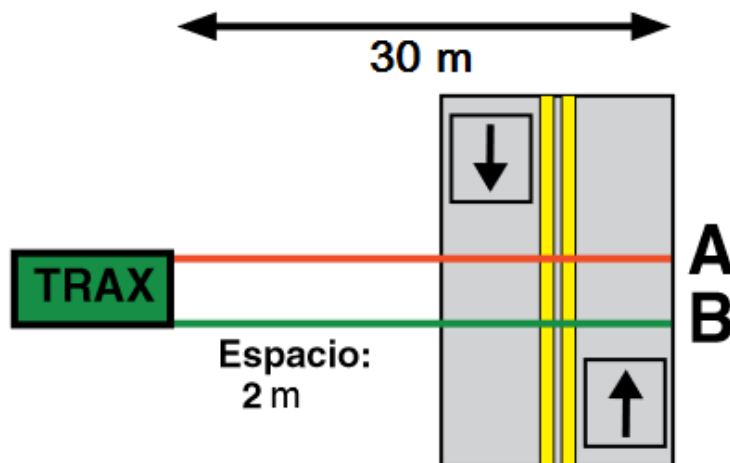
- **Definición de los accesos,** debido a la utilización del equipo Trax Apollyon, se limita de acuerdo a la longitud de sus mangueras (30 metros), por lo cual acota la distancia entre accesos existentes del establecimiento. En el caso de que la separación este dentro de los 60 metros, se podrá levantar datos a través del esquema L1 (Figura 6), 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 7), 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 6. Esquema L1



Fuente: Manual de usuario Trax Apollyon

Figura 7. 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

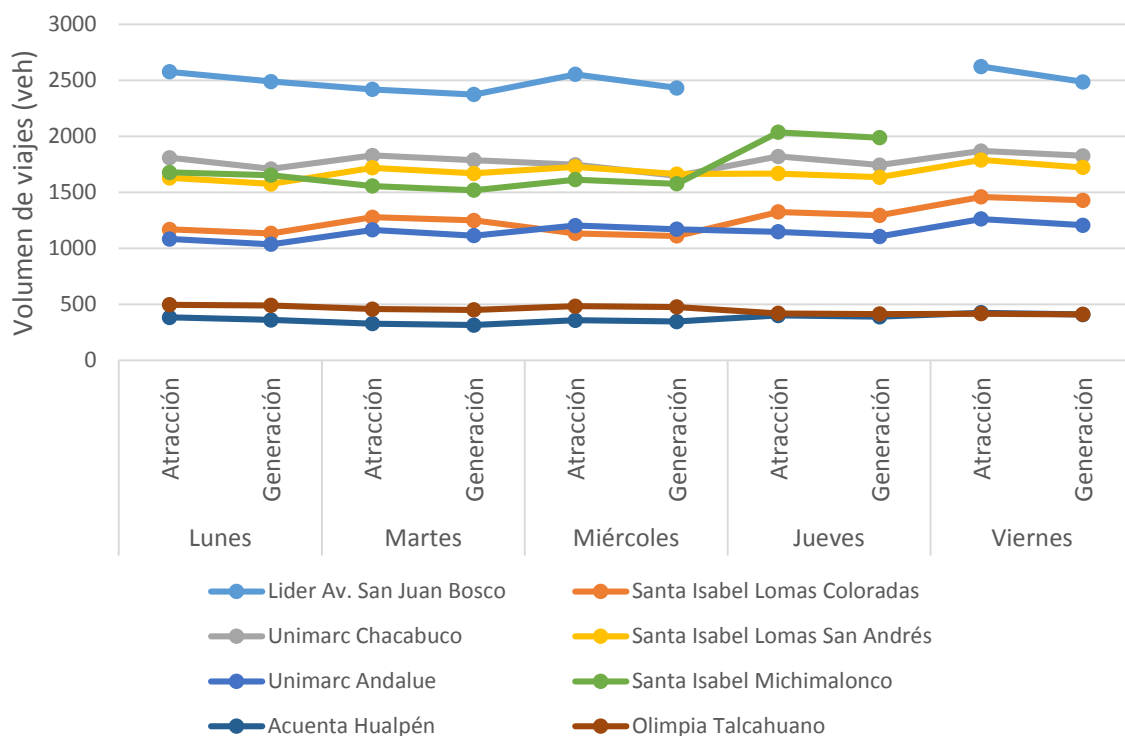
Una vez finalizada la recolección de información, se procesaron los datos obtenidos mediante el software TraxPRO, que permite ordenar los datos en intervalos de tiempo de 15 minutos y los volúmenes correspondientes a cada intervalo como vehículo equivalente. Los volúmenes de atracción y generación totales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

Tabla 5. Volumen viajes totales de atracción y generación

Centro Comercial	Volumen (veh/día)									
	L		M		M		J		V	
	At.	Gen.	At.	Gen.	At.	Gen.	At.	Gen.	At.	Gen.
Santa Isabel Lomas Coloradas	1168	1133	1277	1248	1133	1110	1324	1294	1458	1428
Santa Isabel Michimalonco	1677	1653	1556	1518	1612	1576	2036	1987		
Unimarc Chacabuco	1809	1709	1828	1787	1746	1645	1820	1742	1868	1825
Lider Av. San Juan Bosco	2575	2488	2419	2373	2553	2431			2622	2486
Santa Isabel Lomas San Andrés	1628	1574	1719	1669	1727	1663	1667	1634	1789	1721
Acuenta Hualpén	383	360	327	314	357	345	400	389	424	408
Olimpia Talcahuano	496	490	457	450	483	475	418	412	416	410
Unimarc Andalúe	1082	1036	1164	1112	1203	1170	1147	1105	1261	1206

Fuente: Elaboración propia

Figura 8. Volumen de demanda de viajes vehiculares en días laborales



Fuente: Elaboración propia

Para visualizar los volúmenes de viajes totales registrados durante días laborales en la tabla 5, se confeccionó un gráfico ordenando los centros comerciales por tamaño de forma ascendente con respecto a sus volúmenes de atracción y generación de viajes. En la figura 8 podemos ver que para centros comerciales con mayor área, mayor cantidad de viajes se atraen y se generan, mientras que para centros con menor área, menor es el número de viajes de ingreso y egreso. Además se observa que la demanda durante días laborales es similar.

El único caso que se escapa es el centro comercial Santa Isabel Michimalonco, correspondiente al día jueves 30 de Abril, el cual se vio afectado de acuerdo al feriado del 1 de Mayo, el cual fue irrenunciable y a su vez generando un fin de semana largo, por lo cual los viajes que se atrajeron y generaron durante ese día se vieron distorsionados.

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

VARIABLES	Área Techada	Área Estacionamientos	Área total	N° Estacionamientos	N° Empleados	N° Cajas	Atracción	Generación
Área Techada	1							
Área Estacionamientos	0,925	1						
Área total terreno	0,845	0,709	1					
N° Estacionamientos	0,923	0,923	0,791	1				
N° Empleados	0,92	0,939	0,836	0,916	1			
N° Cajas	0,876	0,931	0,539	0,893	0,812	1		
Atracción	0,871	0,856	0,669	0,833	0,742	0,797	1	
Generación	0,868	0,855	0,672	0,831	0,741	0,791	1	1

Fuente: Elaboración propia

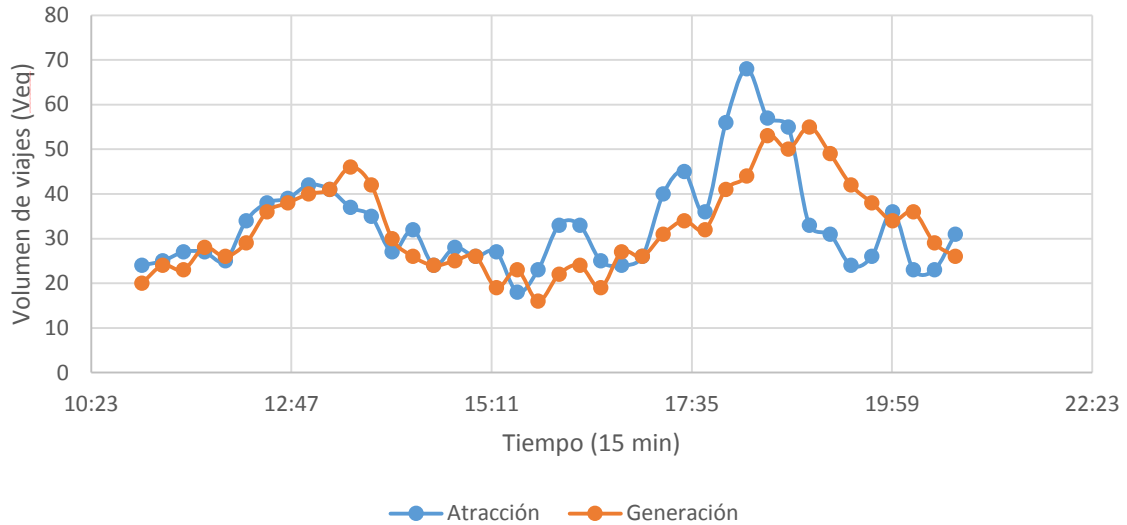
En la tabla 6 podemos observar que las variables a estudiar están altamente correlacionadas, pero para encontrar que variable es la que mejor explica la atracción y generación de viajes a centros comerciales, se realizó una matriz de correlación entre las variables del estudio y los volúmenes de ingreso y egreso. Se puede ver que entre la atracción y generación existe una alta correlación. También se puede seleccionar la mejor variable explicativa a la operación de estos viajes, de modo que el área techada de centro comercial resulta ser la variable independiente para la calibración del modelo que explica el fenómeno.

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 (Figura 9), 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 9. Distribución de viajes de atracción y generación de viajes

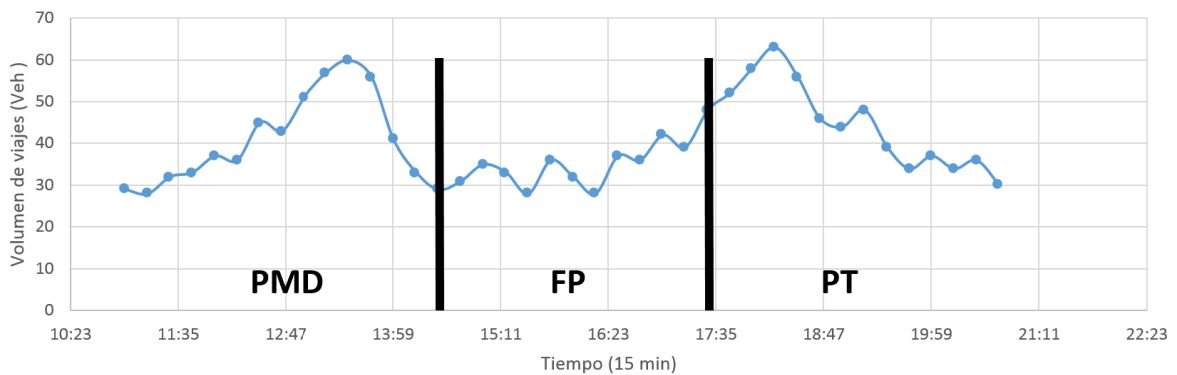


Fuente: Elaboración propia

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 10).

Figura 10. Definición de periodos



Fuente: Elaboración propia

Para poder diferenciar estos periodos, se utilizó un test de hipótesis para hacer una diferenciación entre los intervalos definidos en la figura 10 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:

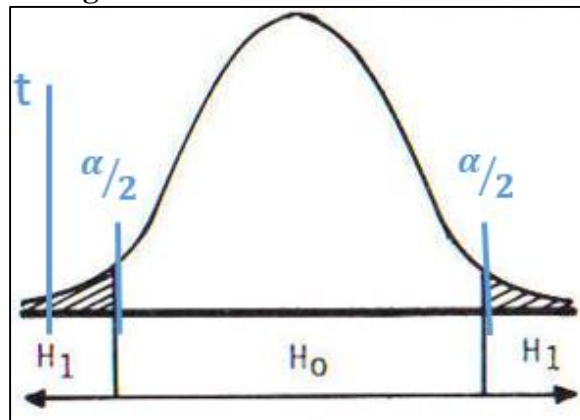
Tabla 7. Tamaño muestral de periodos

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 11. 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 entre periodo PMD y FP

Hora	Atracción	media	Desv. Est.	t
11:00	15			
11:15	24			
11:30	23			
11:45	30			
12:00	31			
12:15	32			
12:30	36			
12:45	37			
13:00	39			
13:15	38			
13:30	31			
13:45	32			
14:00	29			
14:15	32	30,643	6,5	
14:30	31			
14:45	27			
15:00	22			
15:15	24			
15:30	23			
15:45	22			
16:00	25			
16:15	23			
16:30	20			
16:45	18			
17:00	23			
17:15	31	24,083	3,942	3,159

Fuente: Elaboración propia

Tabla 10. Test hipótesis entre periodo FP y PT

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

Fuente: Elaboración propia

La tabla 9 y 10 muestra la diferenciación de los periodos, sus respectivos parámetros y sus estadísticos. Para este caso se cumple que para el periodo PMD y FP 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 existe hora punta para PMD y PT, se repite el mismo procedimiento, pero esta vez enfocado solo periodos de una hora.

Las hipótesis a considerar identificar la 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 qué hora sucede el mayor peak, se analizara mediante el siguiente tamaño muestral.

Tabla 11. 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 12. Test de hipótesis, verificación de hora punta

Periodo Punta Medio Día				Hora Punta Medio Día				estadístico
Hora	Atracción	media	Desv. Est.	Hora	Atracción	media	Desv. Est.	
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 12, 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.

Otra ventaja de realizar este test de hipótesis, es que nos permite observar durante que intervalos de tiempo la atracción o generación de viajes está por debajo al promedio estimado.

En el caso de que ningún periodo de una hora se cumpla estadísticamente la existencia de hora punta, se debe ampliar el rango de la hora punta a 5 intervalos de 15 minutos o más dependiendo el caso.

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 13. $Q_{15 \text{ máx}}$ Hora Punta PMD y PT (Atracción)

Centros Comerciales	$Q_{15 \text{ máx}}$ PMD					$Q_{15 \text{ máx}}$ PT					Superficie (m ²)
	L	M	M	J	V	L	M	M	J	V	Área Centro Comercial
Lider Av. San Juan Bosco	98	92	102		112	124	114	115		124	8842
Santa Isabel Lomas Coloradas	39	47	38	42	51	46	54	50	68	58	5684
Unimarc Chacabuco	67	71	62	63	68	68	75	74	71	72	5125
Santa Isabel Lomas San Andrés	56	62	66	66	67	72	74	73	67	75	4778
Unimarc Andalúe	40	41	45	44	49	48	56	54	54	61	4543
Santa Isabel Michimalonco	55	53	60	68		59	63	63	74		3914
Acuenta Hualpén	16	16	14	18	18	21	16	20	18	22	2757
Olimpia Talcahuano	29	20	23	21	27	22	21	22	19	22	1641

Fuente: Elaboración propia

Tabla 14. $Q_{15 \text{ máx}}$ Hora Punta PMD y PT (Generación)

Centros Comerciales	$Q_{15 \text{ máx}}$ PMD					$Q_{15 \text{ máx}}$ PT					Superficie (m ²)
	L	M	M	J	V	L	M	M	J	V	Área Centro Comercial
Lider Av. San Juan Bosco	87	98	96		104	114	102	114		112	8842
Santa Isabel Lomas Coloradas	44	45	45	46	46	48	50	50	55	66	5684
Unimarc Chacabuco	64	66	58	57	56	62	73	65	64	74	5125
Santa Isabel Lomas San Andrés	64	63	65	66	67	64	69	67	66	72	4778
Unimarc Andalúe	48	46	45	44	44	52	51	51	58	56	4543
Santa Isabel Michimalonco	58	50	62	63		62	61	61	86		3914
Acuenta Hualpén	18	13	15	15	17	19	19	22	21	24	2757
Olimpia Talcahuano	32	20	25	22	30	22	24	20	19	19	1641

Fuente: Elaboración propia

Una vez cuantificado los $Q_{15 \text{ máx}}$ de los centros estudiados (Tabla 13 y 14), 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.

Tabla 15. Parámetros $Q_{15 \text{ máx}}$ en horas punta de atracción

	PMD					PT				
	L	M	M	J	V	L	M	M	J	V
Atracción	98	92	102		112	124	114	15		124
	39	47	38	42	51	46	54	50	68	58
	67	71	62	63	68	68	75	74	71	72
	56	62	66	66	67	72	74	73	67	75
	40	41	45	44	49	48	56	54	54	61
	55	53	60	68		59	63	63	74	
	16	16	14	18	18	21	16	20	18	22
	29	20	23	21	27	22	21	22	19	22
	media	50,00	50,25	51,25	46,00	56,00	57,50	59,13	46,38	53,00
Desv. Est.	25,276	25,364	27,737	20,825	30,984	32,863	31,280	24,183	24,386	34,952
n	8	8	8	7	7	8	8	8	7	7
tc ±	2,365	2,365	2,365	2,776	2,776	2,365	2,365	2,365	2,447	2,447

Fuente: Elaboración propia

Tabla 16. Parámetros $Q_{15 \text{ máx}}$ en horas punta de generación

	PMD					PT				
	L	M	M	J	V	L	M	M	J	V
Generación	87	98	96		104	114	102	114		112
	44	45	45	46	46	48	50	50	55	66
	64	66	58	57	56	62	73	65	64	74
	64	63	65	66	67	64	69	67	66	72
	48	46	45	44	44	52	51	51	58	56
	58	50	62	63		62	61	61	86	
	18	13	15	15	17	19	19	22	21	24
	32	20	25	22	30	22	24	20	19	19
	media	51,88	50,13	51,38	44,71	52,00	55,38	56,13	56,25	52,71
Desv. Est.	21,330	26,830	25,168	19,746	28,148	29,525	26,867	29,528	24,452	31,811
n	8	8	8	7	7	8	8	8	7	7
tc ±	2,365	2,365	2,365	2,776	2,776	2,365	2,365	2,365	2,447	2,447

Fuente: Elaboración propia

Obtenidos estos parámetros de las tablas 15 y 16, se comparan los promedios de $Q_{15 \text{ máx}}$ de cada día mediante las siguientes hipótesis:

$$H_0: \bar{x}_{Q_{15 \text{ máx}} \text{ Día A}} = \bar{x}_{Q_{15 \text{ máx}} \text{ Día B}}$$

$$H_1: \bar{x}_{Q_{15 \text{ máx}} \text{ Día A}} \neq \bar{x}_{Q_{15 \text{ máx}} \text{ Día B}}$$

Para facilitar el extenso análisis entre los días, se ordenaron estos test de hipótesis en una matriz, tanto para la atracción y generación de viajes.

Tabla 17. Test de hipótesis $Q_{15 \text{ máx}}$ horas punta atracción

Atracción	PMD					PT				
Días	L	M	M	J	V	L	M	M	J	V
Lunes	0,000	-0,183	0,143	-0,709	0,362	0,000	0,101	0,087	-0,303	0,353
Martes	0,183	0,000	0,308	-0,467	0,486	-0,101	0,000	-0,016	-0,425	0,237
Miércoles	-0,143	-0,308	0,000	-0,812	0,243	-0,087	0,016	0,000	-0,413	0,262
Jueves	0,709	0,467	0,812	0,000	0,870	0,303	0,425	0,413	0,000	0,939
Viernes	-0,362	-0,486	-0,243	-0,870	0,000	-0,256	-0,167	-0,183	-0,559	0,000

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 18. Test de hipótesis $Q_{15 \text{ máx}}$ horas punta generación

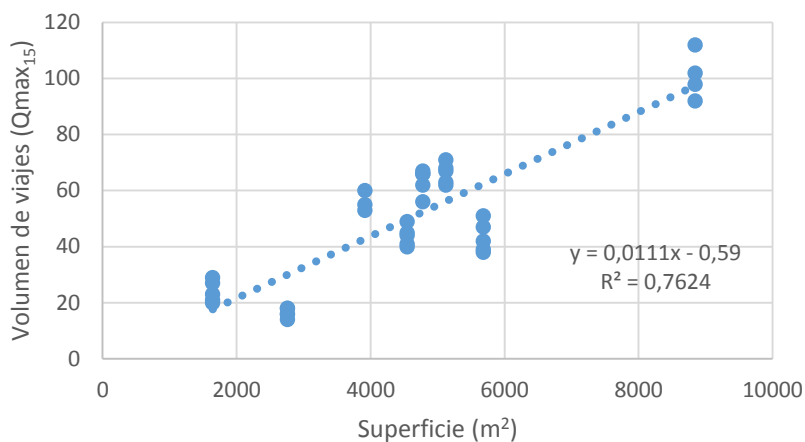
Generación	PMD					PT				
Días	L	M	M	J	V	L	M	M	J	V
Lunes	0,000	0,878	1,527	0,601	1,421	0,000	0,384	0,068	-0,181	0,448
Martes	-0,878	0,000	0,401	-0,470	0,238	-0,384	0,000	-0,315	-0,600	-0,029
Miércoles	-1,527	-0,401	0,000	-1,024	-0,196	-0,068	0,315	0,000	-0,254	0,363
Jueves	-0,601	0,470	1,024	0,000	0,872	0,181	0,600	0,254	0,000	0,802
Viernes	-1,421	-0,238	0,196	-0,872	0,000	-0,324	0,019	-0,262	-0,509	0,000

Fuente: Elaboración propia

Revisando los resultados de los test en las tablas 17 y 18, se cumple la hipótesis nula para todos los casos, por lo que el promedio de $Q_{15 \text{ máx}}$ entre un día y otro resultan ser iguales estadísticamente, de modo que podemos agrupar todos los centros comerciales en un solo gráfico para generar un modelo de regresión lineal simple tanto para la atracción como generación de viajes.

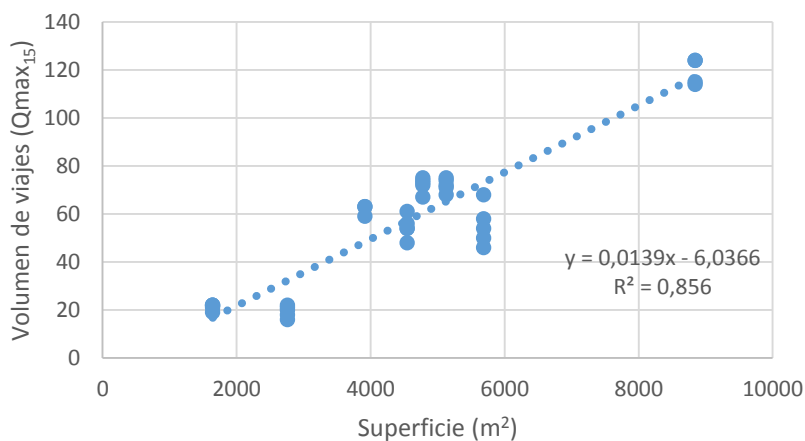
Por último, se debe ordenar los datos para graficar los $Q_{15 \text{ máx}}$ de las horas punta junto a su respectiva área de centro comercial, para luego obtener la recta de tendencia lineal para definir la ecuación del modelo y ajuste de bondad R^2 correspondiente. Para los periodos PMD y PT de atracción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

Figura 12. Modelo de Atracción PMD



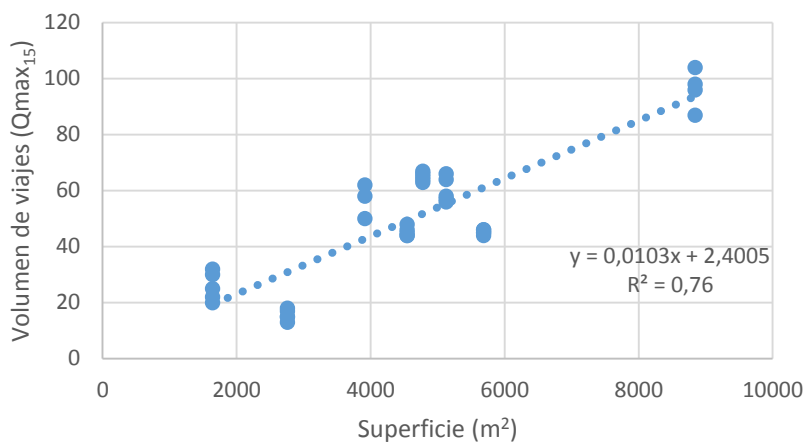
Fuente: Elaboración Propia

Figura 13. Modelo de Atracción PT



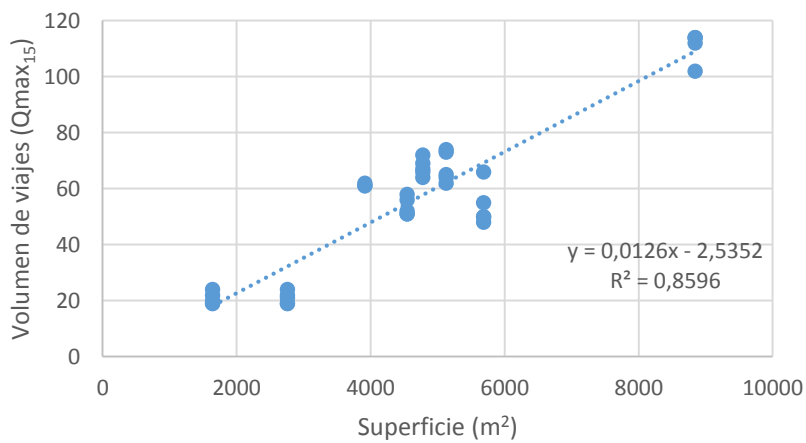
Fuente: Elaboración propia

Figura 14. Modelo de generación PMD



Fuente: Elaboración propia

Figura 15. Modelo de generación PT



Fuente: Elaboración propia

Tabla 19. Resumen modelos hora punta

Periodo	Modelo regresión lineal simple	R^2
Atracción PMD	$y = 0.0111x - 0.59$	0.76
Atracción PT	$y = 0.0139x - 6.0366$	0.86
Generación PMD	$y = 0.0103x + 2.4005$	0.76
Generación PT	$y = 0.0126x - 2.5352$	0.86

Fuente: Elaboración propia

La tabla 19 resume 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 laborales, con el fin de realizar comparaciones respecto al ingreso total que se da en los días no laborales. A diferencia del modelo anterior, el test de hipótesis se basa en los ingresos totales registrados durante cada día laboral, 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 20. Volumen Ingresos Totales

Centros Comerciales	Superficie (m ²)	Ingresos Totales Diarios				
	Área Centro Comercial	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes
Lider Av. San Juan Bosco	8842	2575	2419	2553		2622
Santa Isabel Lomas Coloradas	5684	1168	1277	1133	1324	1458
Unimarc Chacabuco	5125	1809	1828	1746	1820	1868
Santa Isabel Lomas San Andrés	4778	1628	1719	1727	1667	1789
Unimarc Andalúe	4543	1082	1164	1203	1147	1261
Santa Isabel Michimalonco	3914	1677	1556	1612	2036	
Acuenta Hualpén	2757	383	327	357	400	424
Olimpia Talcahuano	1641	496	457	483	418	416
media		1352	1343	1352	1259	1405
Desv. Est.		723,566	700,346	719,247	651,517	796,549
n		8	8	8	7	7
tc ±		2,365	2,365	2,365	2,447	2,447

Fuente: Elaboración propia

Con estos parámetros estimados en la tabla 20, se comparan los promedios de ingresos totales de cada día mediante las siguientes hipótesis:

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

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

A través de una matriz se estiman los estadísticos t entre los distintos días, resultando lo siguiente:

Tabla 21. Test hipótesis volumen ingresos totales

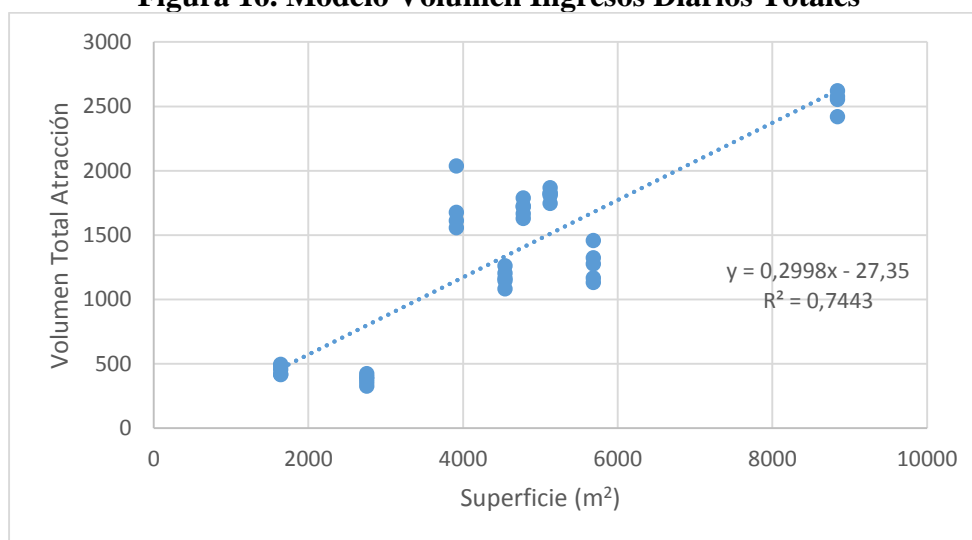
Días	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes
Lunes	0,000	-0,025	-0,001	-0,263	0,135
Martes	0,025	0,000	0,024	-0,242	0,159
Miércoles	0,001	-0,024	0,000	-0,262	0,136
Jueves	0,263	0,242	0,262	0,000	0,377
Viernes	-0,135	-0,159	-0,136	-0,377	0,000

Fuente: Elaboración propia

Según la tabla 21, esta prueba se cumple nuevamente para todos los casos la hipótesis nula, por lo cual el promedio de viajes generados entre un día laboral y otro son estadísticamente similares, por lo cual se puede agrupar todos estos datos en un solo gráfico y generar un modelo de ingresos totales semanales.

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 16. Modelo Volumen Ingresos Diarios Totales



Fuente: Elaboración propia

El modelo obtenido para el volumen de ingresos totales en días laborales (Figura 16), 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. Para mejorar la estimación de los ingresos totales, podemos descartar la medición del día jueves 30 de Abril, el cual por motivos de ser anterior a un feriado irrenunciable y a la vez a un fin de semana largo, registro un volumen diferenciado respecto al resto de los días.

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:

$$Q(t) = Q(t - 1) + Q_{ent}(t)\Delta t - Q_{sal}(t)\Delta t \tag{Ec.13}$$

Donde:

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

$Q_{ent}(t)\Delta t$ = volumen de vehículos que entran durante 15 minutos.

$Q_{sal}(t)\Delta t$ = 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 22. Máxima demanda de estacionamientos en días laborales

Centros Comerciales	L		M		M		J		V		Capacidad
	Dda	Hora	Dda	Hora	Dda	Hora	Dda	Hora	Dda	Hora	
Lider Av. San Juan Bosco	116	19:00	80	20:30	137	19:45	-	-	172	19:30	285
Santa Isabel Lomas Coloradas	82	18:30	94	18:45	106	13:00	114	18:45	118	17:45	191
Unimarc Chacabuco	113	20:30	103	18:30	112	20:15	86	19:30	116	15:15	181
Santa Isabel Lomas San Andrés	64	12:30	48	19:00	71	19:45	51	17:30	74	19:45	95
Unimarc Andalúe	57	20:00	46	20:00	37	20:30	43	20:00	60	20:00	85
Santa Isabel Michimalonco	91	18:30	93	18:15	89	18:15	93	17:30	-	-	130
Acuenta Hualpén	31	19:30	34	15:45	21	18:15	19	13:30	32	18:15	68
Olimpia Talcahuano	16	18:30	18	12:30	14	12:15	18	12:30	16	18:15	37

Fuente: Elaboración propia

Observando la tabla 22, 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 Santa Isabel Michimalonco para el Jueves 30 de Abril, dado que al día siguiente se presentaba un feriado irrenunciable y a su vez daba paso a un evento de fin de semana largo, lo que provocó un incremento considerable en los volúmenes de entrada y salida.

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:

$$FHP = \frac{Q}{4Q_{15m\acute{a}x}} \tag{Ec. 14}$$

Donde:

Q : Volumen de tráfico durante la hora

$Q_{15m\acute{a}x}$: 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 23. FHP atracción de viajes

Atracción	L			M			M			J			V		
	$Q_{15m\acute{a}x}$	Q	FHP	$Q_{15m\acute{a}x}$	Q	FHP	$Q_{15m\acute{a}x}$	Q	FHP	$Q_{15m\acute{a}x}$	Q	FHP	$Q_{15m\acute{a}x}$	Q	FHP
Centros Comerciales															
Santa Isabel Lomas Coloradas	46	168	0,91	54	207	0,96	50	180	0,90	68	236	0,87	58	222	0,96
Santa Isabel Michimalonco	59	224	0,95	63	230	0,91	63	229	0,91	74	280	0,95			
Unimarc Chacabuco	68	259	0,95	75	280	0,93	74	266	0,90	71	259	0,91	72	266	0,92
Lider Av. San Juan Bosco	124	440	0,89	114	412	0,90	115	426	0,93				124	461	0,93
Santa Isabel Lomas San Andrés	72	268	0,93	74	259	0,88	73	264	0,90	67	246	0,92	75	276	0,92
Acuenta Hualpén	21	78	0,93	16	57	0,89	20	70	0,88	18	65	0,90	22	79	0,90
Olimpia Talcahuano	29	99	0,85	20	76	0,95	23	83	0,90	21	77	0,92	27	91	0,84
Unimarc Andalué	48	182	0,95	56	201	0,90	54	195	0,90	54	194	0,90	61	219	0,90

Fuente: Elaboración propia

Tabla 24. FHP generación de viajes

Generación	L			M			M			J			V		
	Q ₁₅ máx	Q	FHP	Q ₁₅ máx	Q	FHP	Q ₁₅ máx	Q	FHP	Q ₁₅ máx	Q	FHP	Q ₁₅ máx	Q	FHP
Santa Isabel Lomas Coloradas	48	175	0,91	50	187	0,94	50	184	0,92	55	207	0,94	66	245	0,93
Santa Isabel Michimalonco	62	236	0,95	61	224	0,92	62	229	0,92	86	316	0,92			
Unimarc Chacabuco	64	235	0,92	73	269	0,92	65	236	0,91	64	237	0,93	74	278	0,94
Lider Av. San Juan Bosco	114	404	0,89	102	394	0,97	114	409	0,90				112	419	0,94
Santa Isabel Lomas San Andrés	64	237	0,93	69	253	0,92	67	246	0,92	66	253	0,96	72	260	0,90
Acuenta Hualpén	22	69	0,78	19	67	0,88	22	71	0,81	21	75	0,89	24	87	0,91
Olimpia Talcahuano	32	104	0,81	20	76	0,95	25	90	0,90	22	76	0,86	30	96	0,80
Unimarc Andalué	52	181	0,87	51	187	0,92	51	189	0,93	58	208	0,90	56	206	0,92

Fuente: Elaboración propia

Una vez determinados los FHP de generación (tabla 24) y atracción (tabla 23) 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 no 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 Q15 máx en las horas punta

Tabla 25. Q15 máx registrados en horas punta

Centro Comercial	Atracción				Generación			
	PMD		PT		PMD		PT	
	S	D	S	D	S	D	S	D
Lider Av. San Juan Bosco	107	117	125	135	93	101	110	116
Santa Isabel Lomas Coloradas	50	46	64	65	40	46	63	59
Unimarc Chacabuco	61	54	59	52	59	48	62	49
Santa Isabel Lomas San Andrés	68	75	73	73	66	79	62	71
Jumbo Pedro de Valdivia	54	58	43	42	49	59	41	50
Santa Isabel Michimalonco	88	58	89	64	81	55	85	63
Acuenta Hualpén	26	39	24	23	24	35	24	20
Olimpia Talcahuano	26	26	25	28	26	28	28	21

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.

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

Tabla 26. Modelos de atracción de viajes en horas punta

Días	ATRACCIÓN			
	PMD	R ²	PT	R ²
Laborales	0,0111x-0,59	0,76	0,0139x-6.0366	0,86
No Laborales	0,0115X+3,043	0,84	0,015x-11,8	0,9

Fuente: Elaboración propia

Tabla 27. Modelos de generación de viajes en horas punta

Días	GENERACIÓN			
	PMD	R ²	PT	R ²
Laborales	0,0103x+2,40	0,76	0,0126x-2,54	0,86
No Laborales	0,0095x+8,83	0,75	0,0126x-5,89	0,92

Fuente: Elaboración propia

De acuerdo a los modelos de regresión lineal simple obtenidos tanto para días laborales como días no laborales (tabla 26 y 27), los coeficientes de determinación R² 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 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.

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:

$$H_0: \bar{x}_{Q_{15} \text{ máx Días Laborales}} = \bar{x}_{Q_{15} \text{ máx Días No Laborales}}$$

$$H_1: \bar{x}_{Q_{15} \text{ máx Días Laborales}} \neq \bar{x}_{Q_{15} \text{ máx Días No Laborales}}$$

Se estimaron los promedios, desviaciones estándar, tamaño muestral, valor crítico y sus respectivos estadísticos t, los que se resumen en las siguientes tablas:

Tabla 28. Promedio Q15 máx de días laborales y no laborales

Días	ATRACCIÓN		GENERACION	
	PMD	PT	PMD	PT
LABORALES	51	58	50	56
NO LABORALES	60	62	56	58

Fuente: Elaboración propia

Tabla 29. Parámetros del test de hipótesis

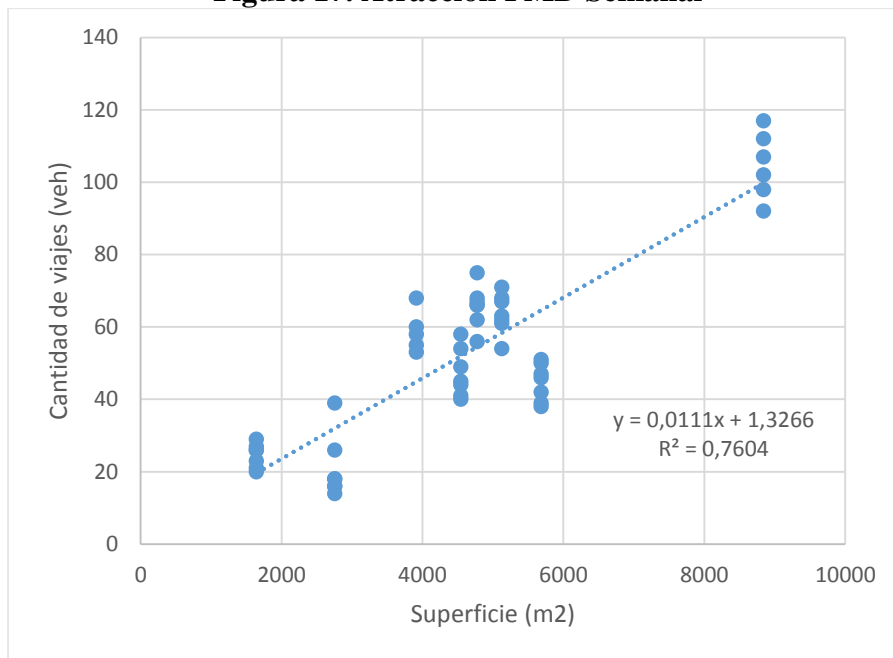
LABORALES	Desv. Est.	26,921	29,491	25,037	26,947
	n	30	38	19	37
NO LABORALES	Desv. Est.	26,008	33,155	25,588	26,146
	n	13	13	9	13
	tc ±	2	2	2,1	2
	t	1,01	0,33	0,59	0,17

Fuente: Elaboración propia

Estadísticamente, según los resultados de la tabla 29, los periodos PMD y PT son similares con respecto al promedio de viajes que se atraen o generan. Por lo que el flujo de vehículos durante Q_{15 máx} en los periodos punta son iguales tanto en días laborales como no laborales.

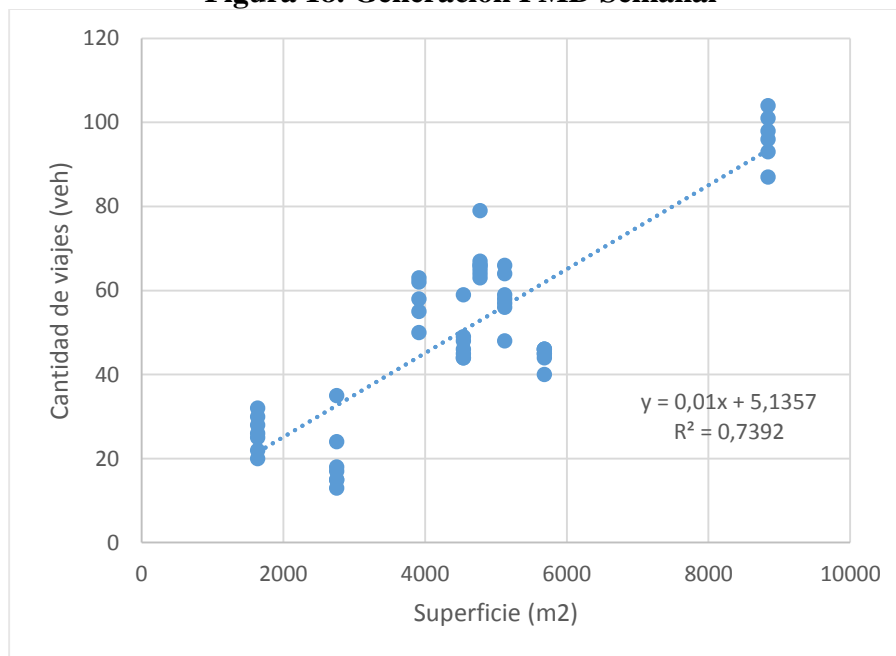
Dado a la similitud entre los modelos observados en la tabla 26 y 27, podemos considerar la construcción de modelos generalizados para la semana, logrando los siguientes modelos finales.

Figura 17. Atracción PMD Semanal



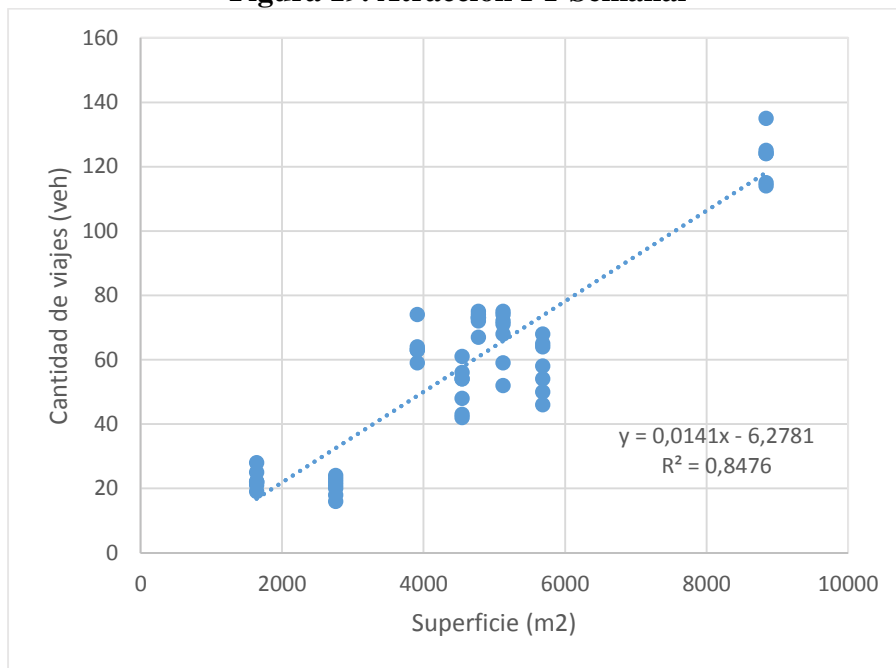
Fuente: Elaboración propia

Figura 18. Generación PMD Semanal



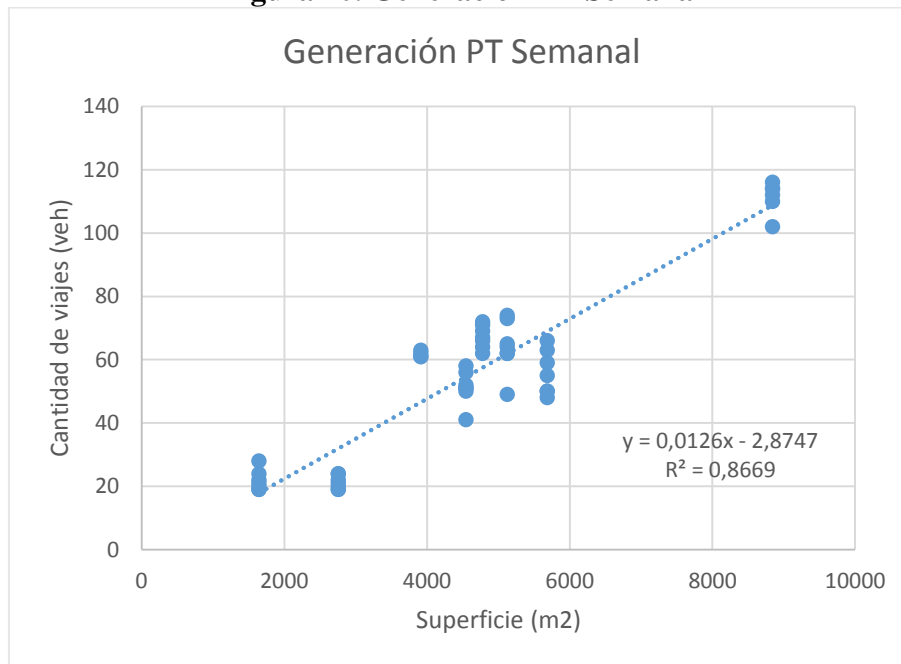
Fuente: Elaboración propia

Figura 19. Atracción PT Semanal



Fuente: Elaboración propia

Figura 20. Generación PT Semanal



Fuente: Elaboración propia

7.1.2. Volumen ingresos totales

Para días no laborales también se estableció un modelo de volumen de ingresos totales, utilizando el procedimiento del capítulo 6.2.1. Para días no laborales se registraron los siguientes volúmenes de ingresos:

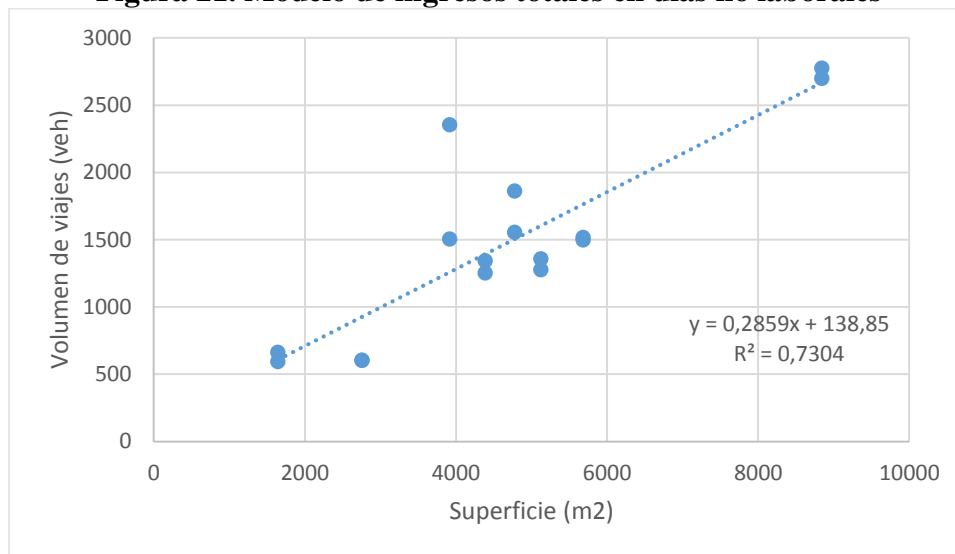
Tabla 30. Volumen de ingresos días no laborales

Centro comercial	Volumen de ingresos (veh)		Superficie (m2)
	Sábado	Domingo	
Lider Av. San Juan Bosco	2774	2699	8842
Santa Isabel Lomas Coloradas	1497	1516	5684
Unimarc Chacabuco	1357	1276	5125
Santa Isabel Lomas San Andrés	1554	1861	4778
Jumbo Pedro de Valdivia	1253	1343	4385
Santa Isabel Michimalonco	2353	1505	3914
Acuenta Hualpén	603	603	2757
Olimpia Talcahuano	662	594	1641
Promedio de flujo	1506,625	1424,625	
Desv. Estándar	750,39	1265,32813	
tc ±	2,365		
t	0,16		

Fuente: Elaboración propia

Como se observa en la tabla 30, el test cumplió la hipótesis nula acerca de la igualdad del promedio de volumen de ingresos, se confeccionó un modelo representativo para el fin de semana.

Figura 21. Modelo de ingresos totales en días no laborales



Fuente: Elaboración propia

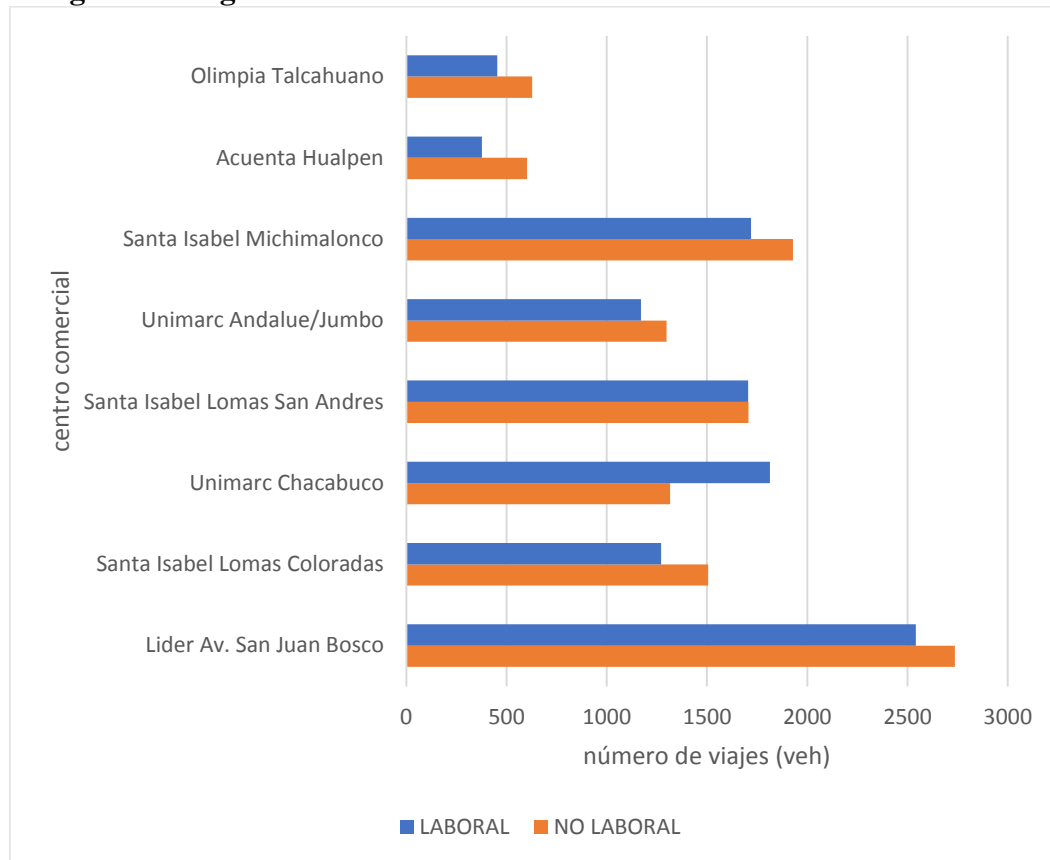
Contando con modelos de volumen de ingresos totales para días de laborales y no laborales, es posible estimar el promedio de volumen de ingresos durante la semana y el fin de semana, resultando de la siguiente forma:

Tabla 31. Resumen modelos volumen ingresos totales

Volumen Ingresos Totales			
Días Laborales	R ²	Días No laborales	R ²
y=0.2998x-27.35	0.7443	y=0.2859x+138.85	0.7304

Fuente: Elaboración propia

Figura 22. Ingresos totales de vehículos días laborales vs no laborales

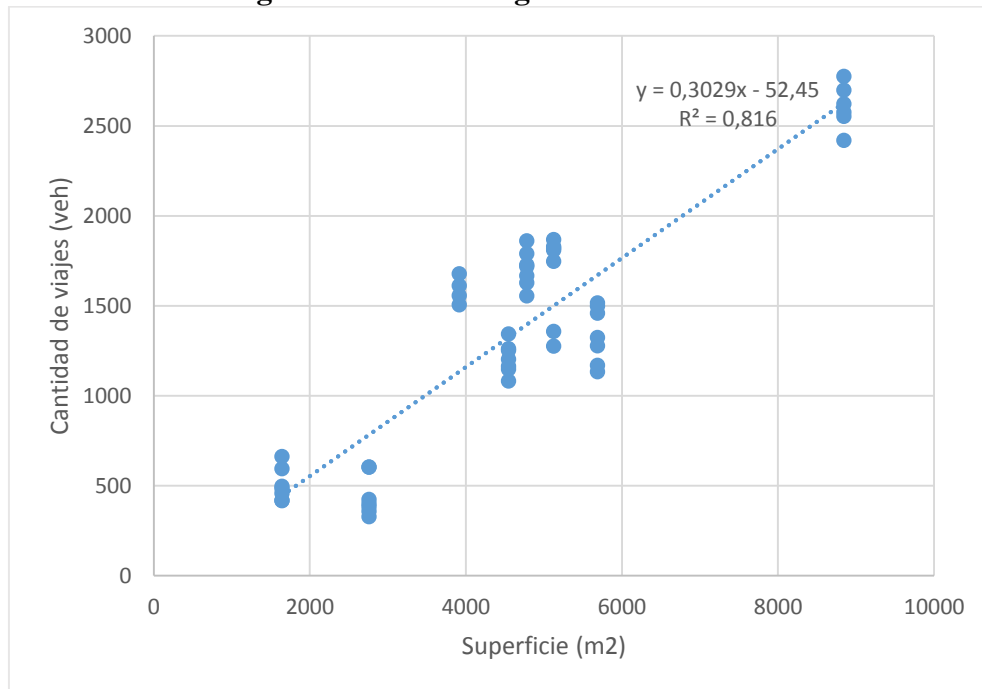


Fuente: Elaboración propia

Comparando las estimaciones del volumen de ingresos (Figura 22), se puede observar que los días no laborales concentran un mayor número de viajes que los días laborales. Revisando los modelos obtenidos, 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.

Con respecto a los modelos de la tabla 31, resultan ser similares para ambos estudios, por lo que se opta en generar un modelo semanal de ingresos totales, resultando el siguiente modelo:

Figura 23. Modelo ingreso total semanal



Fuente: Elaboración propia

La figura 23 representa el modelo de ingresos totales en la semana, de modo que estima el flujo total de un día y se amplifica por 7 para obtener el flujo de ingreso total semanal.

7.1.3. Demanda de estacionamientos de días laborales y no laborales

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

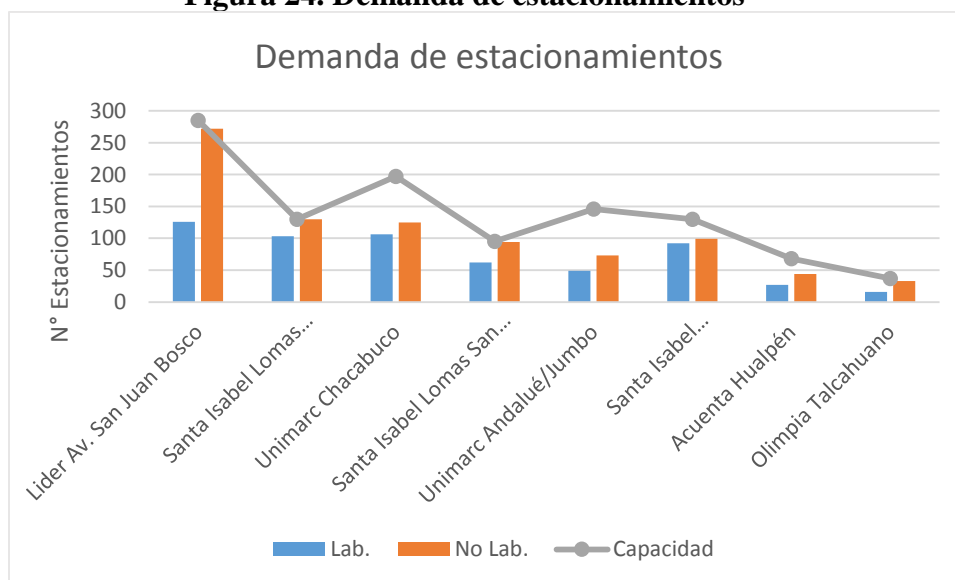
Tabla 32. Máxima demanda de estacionamientos durante días no laborales

Centros Comerciales	Sábado		Domingo		Capacidad
	Max Dda	Hora	Max Dda	Hora	
Lider Av. San Juan Bosco	267	13:45	276	14:00	191
Santa Isabel Lomas Coloradas	144	13:45	116	19:15	130
Unimarc Chacabuco	146	14:00	103	14:00	280
Santa Isabel Lomas San Andrés	92	19:30	95	19:00	197
Jumbo Pedro de Valdivia	88	13:30	58	18:00	146
Santa Isabel Michimalonco	113	19:30	85	19:30	95
Acuenta Hualpén	32	16:45	55	13:00	68
Olimpia Talcahuano	30	16:45	36	20:15	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:

Figura 24. Demanda de estacionamientos



Fuente: Elaboración propia

De acuerdo a las demandas registradas entre días laborales y no laborales (Figura 24), se aprecia que en estos últimos la demanda generalmente tiende a ser mayor, puntualmente para el caso de Lider 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.

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

Para determinar el factor hora punta (FHP) en días no laborales, se utiliza el mismo procedimiento planteado en el capítulo 6.4. Los FHP registrados para el fin de semana se resumen en la siguiente tabla:

Tabla 33. Factor hora punta de días no laborales

Centros comerciales	Sábado		Domingo	
	Atracción	Generación	Atracción	Generación
Lider Av. San Juan Bosco	0,90	0,93	0,91	0,90
Santa Isabel Lomas Coloradas	0,91	0,93	0,92	0,93
Unimarc Chacabuco	0,90	0,92	0,92	0,90
Santa Isabel Lomas San Andrés	0,87	0,92	0,93	0,91
Unimarc Andalué	0,91	0,91	0,93	0,85
Santa Isabel Michimalonco	0,93	0,94	0,90	0,90
Acuenta Hualpén	0,86	0,83	0,78	0,86
Olimpia Talcahuano	0,87	0,84	0,83	0,84

Fuente: Elaboración propia

Tabla 34. FHP promedio días laborales y no laborales

FHP	Días laborales		Días no laborales	
	Atracción	Generación	Atracción	Generación
Centros Comerciales				
Lider Av. San Juan Bosco	0,91	0,92	0,90	0,89
Santa Isabel Lomas Coloradas	0,92	0,93	0,92	0,91
Unimarc Chacabuco	0,92	0,92	0,91	0,91
Santa Isabel Lomas San Andrés	0,91	0,92	0,90	0,90
Santa Isabel Michimalonco	0,93	0,93	0,92	0,91
Acuenta Hualpén	0,90	0,85	0,82	0,81
Olimpia Talcahuano	0,89	0,87	0,85	0,82

Fuente: Elaboración propia

Al igual que en análisis del capítulo 6.4, se observa en la tabla 34, 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.

7.2. Capacidad de estacionamientos

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 estimara la capacidad según la ordenanza.

Tabla 35. Estimación de estacionamientos según OGUC

Centros Comerciales	Superficie (m ²)	Capacidad	OGUC	
	Área Centro Comercial		40 (m ²)	50 (m ²)
Lider Av. San Juan Bosco	8842	285	221	177
Santa Isabel Lomas Coloradas	5684	191	142	114
Unimarc Chacabuco	5125	197	128	102
Santa Isabel Lomas San Andrés	4778	95	119	96
Unimarc Andalué	4543	85	114	91
Santa Isabel Michimalonco	3914	130	98	78
Acuenta Hualpén	2757	68	69	55
Olimpia Talcahuano	1641	37	41	33

Fuente: Elaboración propia

De acuerdo a lo establecido por la OGUC, se observa en la tabla 35 que hay tres centros comerciales que están por bajo del mínimo requerido, Santa Isabel Lomas San Andrés y Unimarc Andalué quedan por bajo del mínimo para ambos casos, mientras que Acuenta Hualpén solamente para el caso de la exigencia cada 40 m².

7.3. Estudios de impacto sobre el sistema de transporte urbano

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 36. 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
Unimarc Andalúé	Menor a 150

Fuente: Elaboración propia

De acuerdo a la tabla 36, el único centro comercial que presenta EISTU de acuerdo a las exigencias establecidas el año 2003 es el establecimiento Lider Av. San Juan Bosco, el cual posee 285 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.

Dentro de este estudio, se adoptó la siguiente periodización:

Tabla 37. Periodización adoptada

Período	Desde	Hasta	Día	Hora Representativa	Día Medición
Punta Medio Día	12:45	17:45	Laboral	12:45 a 14:15	Laboral
Punta Tarde	17:45	20:00	Laboral	18:15 a 19:45	Laboral
Fuera de Punta	8:45	12:45	Laboral	11:15 a 12:45	Laboral
	20:00	23:00	Laboral		

Fuente: EISTU Lider Elaboración SOLUTIVA

Recopilando los datos importantes del EISTU para comparar los datos obtenidos en terreno y este último, son los siguientes:

Tabla 38. Tabla comparativa EISTU - Estudio

LIDER	EISTU	Estudio
Estacionamientos	228	221
PMD Laboral	12:15-14:15	11:00-14:30
PT Laboral	18:15-19:45	17:30-21:00
FP Laboral	11:15-12:45	14:30-17:30
Período de mayor demanda	PT Viernes	PT Viernes
Flujos Ingreso PMD (veh)	139	112
Flujos Ingreso PT (veh)	227	124
Flujos Egresos PMD (veh)	141	104
Flujos Egresos PT (veh)	163	112

Fuente: Elaboración propia

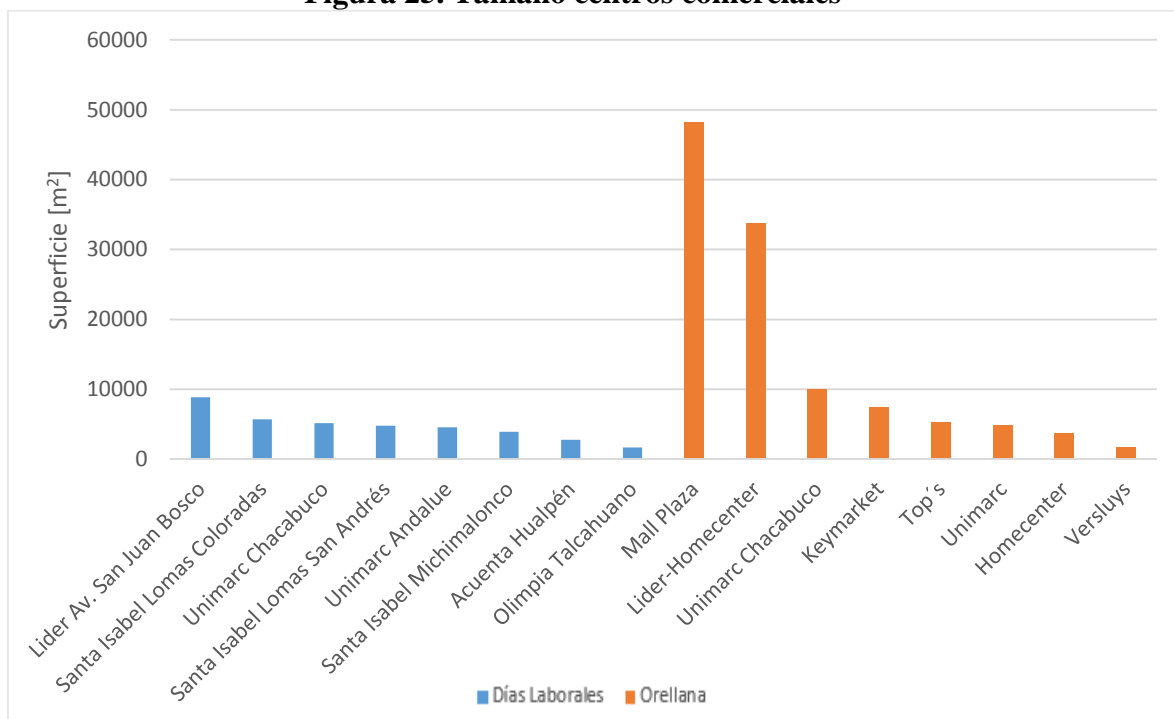
Revisando los resultados de la tabla 38, la estimación de estacionamientos mínimos según la OGUC, son similares. La periodización posee unas leves diferencias, pero quedan contenidas dentro de los periodos que se definieron por parte de este estudio. Ambos coinciden que el periodo de mayor demanda es la punta tarde del día viernes. 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 Encuesta de Origen Destino (EOD 99).

Con respecto a los tamaños muestrales, se consideró el mismo número de centros comerciales, lo que si difiere es la magnitud de tamaños de estos establecimientos, los cuales se representan en la siguiente figura:

Figura 25. Tamaño centros comerciales



Fuente: Elaboración propia

La figura 25 nos revela que en el caso de nuestro estudio, la elección de los tamaños es más homogénea, mientras que la selección de Orellana tiene rangos de amplios entre los tamaños de los centros, lo cual puede generar sobreestimaciones en los viajes que se generan y atraen para centros comerciales de menor tamaño.

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

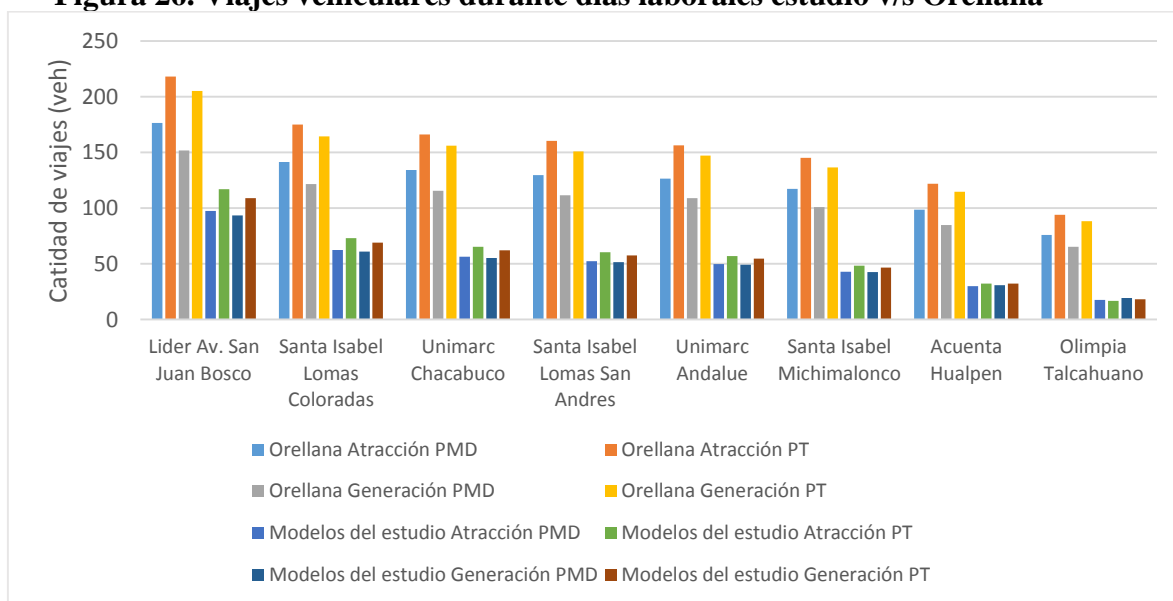
Tabla 39. Volumen de viajes estimados en hora punta

Centros Comerciales	Superficie (m2)	Orellana				Modelos del estudio			
	Área Centro Comercial	At PMD	At PT	Gen PMD	Gen PT	At PMD	At PT	Gen PMD	Gen PT
Lider Av. San Juan Bosco	8842	706	873	607	821	95	117	92	110
Santa Isabel Lomas Coloradas	5684	566	700	487	658	60	74	62	70
Unimarc Chacabuco	5125	537	665	462	625	54	66	57	63
Santa Isabel Lomas San Andrés	4778	519	642	446	603	51	61	54	59
Unimarc Andalué	4543	506	626	435	588	48	58	52	56
Santa Isabel Michimalonco	3914	470	581	404	546	41	49	46	48
Acuenta Hualpén	2757	394	487	339	458	29	33	35	33
Olimpia Talcahuano	1641	304	376	262	354	16	18	25	19

Fuente: Elaboración propia

De los resultados obtenidos en la tabla 39, 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 transformar los valores de Orellana a $Q_{15 \text{ máx}}$, se obtiene el siguiente gráfico.

Figura 26. Viajes vehiculares durante días laborales estudio v/s Orellana



Fuente: Elaboración propia

De acuerdo a la figura 26, podemos observar que a pesar de llevar las estimaciones a la misma unidad para la comparación, el modelo de Orellana tiene a sobreestimar los flujos de atracción y generación. Estas distorsiones se pueden explicar de acuerdo a la selección de los tamaños de centros comerciales, además de los tipos de servicios que ofrecen cada uno, implicando diferencias importantes.

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 40. Modelos EOD 99

Superficie de comercio (m2)	
Atracción fuera punta	0,0926
Generación fuera punta	0,0499

Fuente: Elaboración propia

Tabla 41. Viajes modelados en periodo fuera de punta v/s registrados en terreno

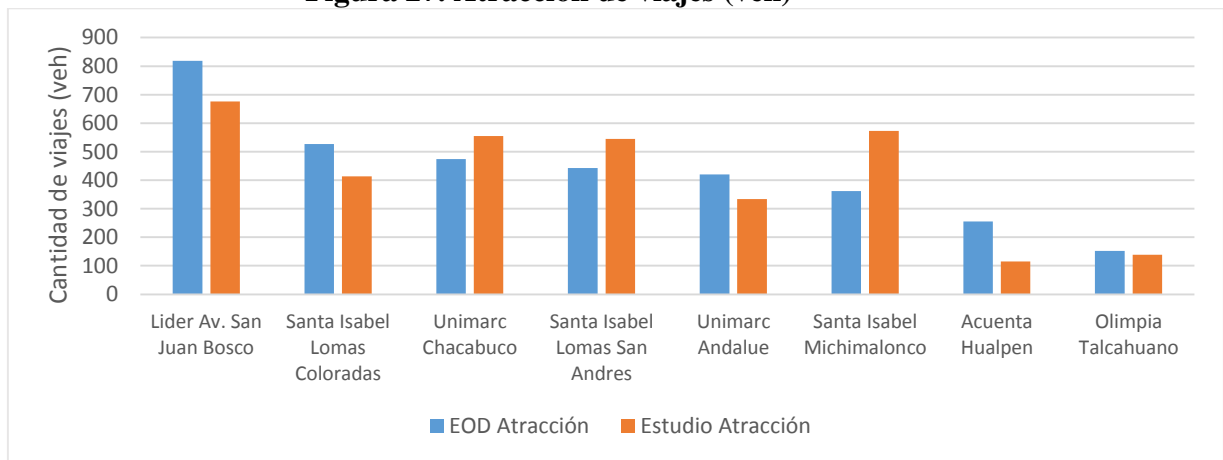
Centros Comerciales	Superficie (m2)	Volumen de Viajes Periodo Fuera Punta			
		EOD		Estudio	
	Área Centro Comercial	Atracción	Generación	Atracción	Generación
Lider Av. San Juan Bosco	8842	819	441	676	665
Santa Isabel Lomas Coloradas	5684	526	284	414	365
Unimarc Chacabuco	5125	475	256	555	548
Santa Isabel Lomas San Andrés	4778	442	238	545	492
Unimarc Andalué	4543	421	227	334	310
Santa Isabel Michimalonco	3914	362	195	573	527
Acuenta Hualpén	2757	255	138	115	108
Olimpia Talcahuano	1641	152	82	139	140

Fuente: Elaboración propia

Los volúmenes presentados por el estudio corresponden a la media registrada en el periodo de 11:00-12:00 y de 14:45-17:45 horas, el rango de 10:00-11:00 no está contemplado debido a que esta fuera del periodo de medición.

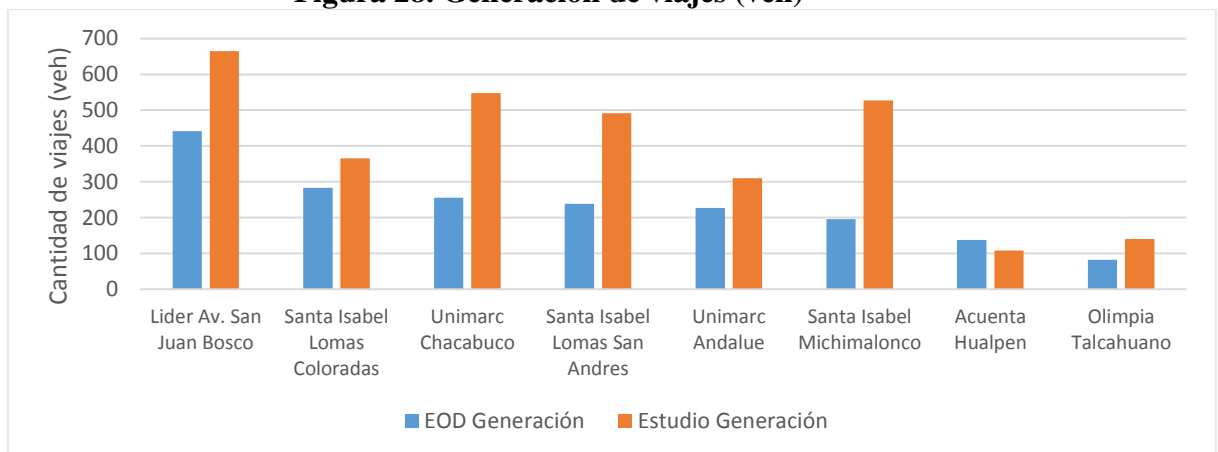
Graficando las estimaciones de los modelos y los datos recolectados dentro de ese periodo de la tabla 41, se obtiene lo siguiente:

Figura 27. Atracción de viajes (veh)



Fuente: Elaboración propia

Figura 28. Generación de viajes (veh)



Fuente: Elaboración propia

Según la figura 27, el comportamiento de la atracción de viajes durante el periodo fuera de punta se mantiene similar a lo que se estimó en el año 1999, mientras que la figura 28, muestra que la generación de viajes ha cambiado con respecto a ese año. Esto podría explicarse según el comportamiento de los usuarios al realizar compras en estos centros comerciales, dado que son necesidades específicas y en general se tiende a realizar en el menor tiempo posible. Por ende, podemos decir que los usuarios tienden a comprar e irse enseguida, dado que estos centros no son de carácter recreacional.

8. CONCLUSIONES

La atracción y generación de viajes se ve influenciada de acuerdo al área techada de cada centro comercial. Durante el desarrollo del estudio se pudo comprobar, y en base a otros estudios relacionados al tema, dicha variable es la responsable del comportamiento de la demanda de transporte en centros comerciales del Gran Concepción. Con respecto a las otras variables escogidas dentro del estudio, no presentaban buenos ajustes de bondad en comparación a la variable área techada.

A mayor superficie techada, más viajes de vehículos se atraen y se generan en el establecimiento, según los modelos de regresión lineal simple obtenidos. No obstante, el centro comercial Santa Isabel Michimalonco posee una demanda de viajes vehiculares distinta a la tendencia general, lo cual se ve influenciado de acuerdo a su localización, los tipos de servicios que posee y el evento particular del fin de semana largo, lo cual genero una variación en los flujos que normalmente atrae y genera este centro.

Por otra parte, mientras menor superficie techada, menor es el ingreso y egreso de vehículos a un centro comercial según los modelos de regresión lineal simple obtenidos.

De los modelos de regresión lineal simple obtenidos, presentan altos valores en los ajustes de bondad (R^2), de modo que la variable escogida es representativa para la estimación de vehículos que ingresan y egresan de un centro comercial. Como se mencionaba anteriormente la particularidad del centro Santa Isabel Michimalonco, para mejorar los modelos de atracción y generación, se optó por dejar fuera el día jueves 30 de Abril, debido a la gran cantidad de viajes registrados por el evento del fin de semana largo. Considerando que se disponía de una gran cantidad de datos, la exclusión de este día otorgo resultados positivos para la calibración del modelo.

Los modelos obtenidos son aplicables en centros comerciales cuya área techada fluctúe entre los 1600 y 8800 m². Para incluir centros comerciales que estén fuera de este rango, habría que volver a calibrar el modelo, ya que este no nos asegura que el comportamiento lineal obtenido se cumpla para centros fuera de este límite.

Los test de hipótesis aplicados en el estudio fueron fundamentales para la caracterización de los periodos y horas punta de cada centro comercial y resultados en general. La facilidad de estos test, es que permitió distinguir con mayor facilidad la diferenciación de los periodos y respaldar estadísticamente el intervalo correspondiente a la hora punta. Además permitió ver que intervalos de tiempo poseían menores viajes con respecto al promedio de viajes del periodo en el cual se contenía.

El estado del arte ayudó a conocer antecedentes generales de la modelación de estos viajes, la elección de la muestra de estudio y las variables que son relevantes para explicar el comportamiento de estos viajes.

La recolección de datos fue una de las etapas más importantes dentro del estudio, permitió generar una base de datos esencial para comprender el problema que se genera en estos centros de actividades. De acuerdo a la campaña de medición, permitió realizar el estudio a centros comerciales que fueran similares con respecto al tipo de servicio, se consideró la diferenciación de tamaños y se midió en detalle la generación y atracción de viajes, con el propósito de que no se generaran distorsiones en los resultados a obtener mediante los modelos de regresión lineal simples planteados.

La variación de los flujos vehiculares se ve afectada de acuerdo a los servicios que entregan los distintos centros comerciales establecidos en el Gran Concepción. Esto se debe a la hora de funcionamiento de ciertos servicios, como bancos, gimnasios, servicio de comida entre otros, lo cual marca ciertas tendencias en los periodos del día.

Por último, de acuerdo a las comparaciones establecidas entre el comportamiento de viajes entre días laborales y no laborales, se concluye que no existen diferencias entre viajes realizados durante días laborales y no laborales, de acuerdo al comportamiento en general dado en los centros comerciales, lo que hizo posible estudiarlo con un enfoque semanal.

9. BIBLIOGRAFÍA

1. Ortuzar. J (1998). Modelos de demanda de transporte. Santiago, Chile: Teleduc.
2. Triola. M (2004). Estadística. Naucalpan de Juárez, México: Pearson Education.
3. Montgomery. D (2004). Probabilidad y estadística aplicada a la ingeniería. Iztapalapa, México: McGraw-Hill.
4. 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)
5. FDC, Consultores. (2010). Análisis y Formulación de nuevos modelos de generación y atracción de viajes (p. 73). MIDEPLAN, Santiago de Chile, Metropolitana.
6. Girardotti, L. (2001). Demanda de transporte dirigida a redes (I ed., Vol. I, p. 47). Buenos Aires, Distrito Federal: Facultad de Ingeniería UBA.
7. 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)
8. Orellana, D. (2003). Calibración de parámetros para la generación y atracción de viajes en medianos y grandes centros comerciales del Gran Concepción, Universidad del Bío-Bío, Concepción, Chile.
9. Cal y Mayor, Cárdenas (2007). Ingeniería de Transito. Fundamentos y aplicaciones. 8va edición. México.

10. 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.
11. Herz, M., & Galarraga, J. (2013). Análisis de tasas y modelos para generación de viajes en hipermercados y supermercados. Córdoba.
12. 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>
13. Plan regulador comunal de Concepción, ordenanza local. Incluye modificación marzo 2005, agosto 2006, febrero 2009 y septiembre 2009. (cap VI, pág, 68).
14. Vargas S. (2014) Apuntes de Ingeniería vial. Unidad 2, Capacidad y nivel de servicio, variables del tráfico. Universidad del Bío-Bío, Chile.
15. 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.
16. 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.