



**UNIVERSIDAD DE CONCEPCIÓN**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA**  
**DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA INDUSTRIAL**



# **INFLUENCIA DE LA IMPLEMENTACIÓN DE CICLOVÍAS EN EL USO DE LA BICICLETA EN EL GRAN CONCEPCIÓN**

POR

**Pamela Victoria Inzunza Hernández**

Memoria de Título presentada a la Facultad de Ingeniería de la Universidad de Concepción para  
optar al título profesional de Ingeniera Civil Industrial

Profesor Guía  
Sebastián Astroza Tagle

Profesor Comisión  
Jorge Maluenda

Marzo 2024  
Concepción, Chile

© 2024 Pamela Victoria Inzunza Hernández

© 2024 Pamela Victoria Inzunza Hernández

Se autoriza la reproducción total o parcial, con fines académicos, por cualquier medio o procedimiento, incluyendo la cita bibliográfica del documento.

## **Dedicatoria**

A mi familia.

## **Resumen**

La bicicleta en la sociedad actual se presenta como un medio de transporte ecológico y que promueve la actividad física, sin embargo, su uso se ha visto mermado debido a la falta de seguridad percibida por los usuarios en su uso.

La presente investigación se enfoca en analizar cómo la creación de ciclovías influye en el uso de la bicicleta como medio de transporte en el Gran Concepción. Se postula que las ciclovías aportan seguridad, aumentando la probabilidad de elegir la bicicleta, especialmente para distancias cortas y medias.

El diseño de investigación para este estudio es del tipo cuantitativo no experimental, donde se analizan los datos de la Encuesta Origen-Destino del Gran Concepción en días laborales para el año 2015. Se exploran variables y parámetros que afectan las decisiones de los usuarios al elegir medio de transporte. Posteriormente se propone un modelo de elección modal, específicamente un Multinomial Logit (MNL), estimado en Python 3.

Los resultados revelan una relación directa entre los parámetros del modelo y las elecciones de medio transporte. La investigación sugiere que la presencia de ciclovías incide positivamente en la elección de la bicicleta como medio de transporte en el Gran Concepción, resaltando la importancia de la infraestructura ciclable para fomentar su uso en la región. El desarrollo de los países va de la mano de cambios que permitan un mejor uso de sus recursos y una promoción de una sociedad más sustentable, por lo que avanzar en este ámbito se ha vuelto indispensable y un deber para los gobiernos actuales y venideros.

## **Abstract**

The bicycle in today's society is presented as an eco-friendly mode of transportation that promotes physical activity; however, its usage has been hindered due to the perceived lack of safety by its users.

This research focuses on analyzing how the creation of bike lanes influences the use of bicycles as a mode of transportation in the Greater Concepción area. It is proposed that bike lanes provide safety, increasing the likelihood of choosing the bicycle, especially for short and medium distances.

The research design for this study is of a non-experimental quantitative nature, where data from the Origin-Destination Survey of the Greater Concepción area on workdays for the year 2015 is analyzed. Variables and parameters affecting users' transportation mode decisions are explored. Subsequently, a modal choice model is proposed, specifically a Multinomial Logit (MNL), estimated in Python 3.

The results reveal a direct relationship between the model parameters and transportation mode choices. The research suggests that the presence of bike lanes positively impacts the choice of the bicycle as a mode of transportation in the Greater Concepción area, highlighting the importance of cycling infrastructure to promote its use in the region. The development of countries goes hand in hand with changes that allow for better use of their resources and the promotion of a more sustainable society, making progress in this area indispensable and a duty for current and future governments.

## Índice de contenido

1.	Introducción .....	11
1.1.	Antecedentes generales .....	11
1.2.	Problemática.....	14
1.3.	Objetivos .....	17
1.3.1.	Objetivo general .....	17
1.3.2.	Objetivos específicos .....	17
1.4.	Justificación.....	17
1.5.	Estructura de la memoria.....	19
2.	Revisión bibliográfica .....	20
2.1.	Historia y evolución del transporte cicloviario .....	20
2.2.	Estudios relacionados a la bicicleta.....	21
2.3.	Transporte cicloviario en el mundo.....	22
2.4.	Transporte cicloviario en Chile .....	25
2.4.1.	Definiciones del transporte cicloviario .....	25
2.4.2.	Mecanismos de regulación del transporte cicloviario en Chile .....	25
2.5.	Modelos de elección modal.....	26
2.5.1.	Modelo Multinomial Logit (MNL).....	28
3.	Metodología .....	30
3.1.	Definición de la población objetivo .....	30
3.2.	Proyectos cicloviarios .....	31
3.3.	Mapas de ciclovías .....	32
3.4.	Base de datos .....	36
3.4.1.	Características de la muestra.....	36
3.4.2.	Consideraciones para complementar la base de datos .....	40
3.5.	Modelo .....	43

3.5.1.	Caso 1.....	44
3.5.2.	Caso 2.....	45
4.	Resultados .....	47
4.1.	Ejecución del modelo.....	47
4.2.	Estimaciones.....	47
4.3.	Interpretación .....	48
4.4.	Limitaciones .....	50
5.	Conclusiones .....	51
6.	Glosario .....	54
7.	Referencias .....	55
8.	Anexos.....	62

## Índice de tablas

Tabla 1.1: Efectos directos e indirectos del cambio climático sobre la salud y el bienestar humano.....	16
Tabla 3.1: Habitantes por comuna del GC.....	30
Tabla 3.2: Resumen del historial de conteos de algunas ciclovías del Gran Concepción. ....	32
Tabla 3.3: Kilómetros de ciclovías en 2015 y 2022 para las comunas del GC. ....	34
Tabla 3.4: Modos de etapa.....	37
Tabla 3.5: Clasificación según ingreso neto familiar.....	40
Tabla 3.6: Precio promedio gasolina en la Región del Biobío 2015 .....	41
Tabla 3.7: Tarifas año 2015 .....	42
Tabla 3.8: Variables que se incluyen en el modelo.....	44
Tabla 3.9: Resumen variables y parámetros Caso 1.....	44
Tabla 3.10: Resumen variables y parámetros Caso 2.....	45
Tabla 4.1: Resumen estimaciones del Caso 1.....	47
Tabla 4.2: Resumen estimaciones del Caso 2.....	48
Tabla 8.1: Espacio de desplazamiento según tipo de ciclovía.....	64
Tabla 8.2: Segregación visual o física según velocidad de operación.....	65



## Índice de figuras

Figura 1.1: Participación modal medios de transporte en el Gran Concepción .....	13
Figura 1.2: “Cycling from one place to another in my area is too dangerous” .....	15
Figura 2.1: Bicicleta Draisiana de 1817. ....	21
Figura 2.2: Proporción de viajes en bicicleta en Europa, América del Norte y Australia (porcentaje del total de viajes). ....	23
Figura 2.3: Comparación de la temperatura mínima y máxima promedio en Ámsterdam, Copenhague, Münster y Concepción. ....	24
Figura 3.1: Mapa de ciclovías para 2015 y 2022 en el Gran Concepción. ....	33
Figura 3.2: Comparación gráfica del aumento de ciclovías en el GC. ....	34
Figura 3.3: Mapa de ciclovías de ciclovías totales al 2022. ....	35
Figura 3.4: Proporción según propósito del viaje. ....	36
Figura 3.5: Distribución según propósito de viaje. ....	37
Figura 3.6: Proporción según medio de transporte. ....	38
Figura 3.7: Distribución etaria según medio de transporte. ....	38
Figura 3.8: Distribución según medios de transporte. ....	39
Figura 3.9: Medios de transporte según ingresos. ....	40
Figura 8.1: Velocidad promedio del viento en Ámsterdam, Copenhague, Münster y Concepción. ....	62
Figura 8.2: Promedio mensual de nevadas en Ámsterdam, Copenhague, Münster y Concepción. ....	62
Figura 8.3: Precipitación media mensual en Ámsterdam, Copenhague, Münster y Concepción. ....	62
Figura 8.4: Proporción de viajes en bicicleta en algunas ciudades del mundo. ....	63
Figura 8.5: Señales reglamentarias más comunes en ciclorutas. ....	65

Figura 8.6: Señales informativas más comunes en ciclorutas. .... 66

# 1. Introducción

## 1.1. Antecedentes generales

En la actualidad, las personas tienen un abanico de opciones al momento de elegir qué medio de transporte utilizar, tales como, automóviles, transporte público, trenes, motos, bicicletas, o scooters. Su decisión tiene una directa relación con su comodidad, dinero y tiempo disponible, eficiencia y seguridad. Esto también tiene un impacto directo en la congestión del tráfico, la contaminación acústica, la calidad del aire, la salud de las personas y el cuidado del medio ambiente.

Según estudios realizados por la International Energy Agency (IEA) con respecto al suministro total de energía o Total Energy Supply (TES) que contemplan distintas fuentes tales como carbón, gas natural, nuclear, hidroeléctrica, eólica, solar, biocombustibles y gasolina, se puede apreciar que la gasolina ha sido el suministro de energía más utilizado desde el año 1990 al 2021 (IEA, 2023).

Los números no generan extrañezas debido a lo presente que se encuentra en la sociedad actual el uso de petróleo y sus derivados, sobre todo en el sector del transporte. Para el año 2022, el uso de gasolina para el transporte en carretera abarcó un 49,2 % del total para países pertenecientes a la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE), dentro de los cuales está Chile, que pertenece a la OCDE desde el año 2010 (Sönnichsen, 2023).

A pesar de lo común que es el uso de combustibles fósiles en el transporte, sigue causando controversias en grupos no minoritarios de la población, puesto que la mayoría de los vehículos que se comercializan en el mundo siguen siendo a gasolina. La combustión de gasolina en los vehículos genera Gases de Efecto invernadero (GEI), tales como el dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ), monóxido de carbono (CO), óxidos de nitrógeno ( $\text{NO}_x$ ) (CodigosDTC, 2021), entre otros, los cuales tienen efectos perjudiciales en la calidad del aire, la biodiversidad, la calidad de vida y en la salud humana.

Es por este motivo, que se ha buscado impulsar medios de transporte que tengan un menor impacto negativo en los ecosistemas. Uno de estos es la bicicleta, la cual además de ser una opción que combate el sedentarismo, no genera gases de efecto invernadero en su uso, otorgando múltiples beneficios tanto para las personas como para las sociedades actuales y el medio ambiente, reduciendo la contaminación acústica y problemas en la congestión del tráfico de las ciudades.

En lo que a la salud respecta, se ha encontrado diversa evidencia de beneficios relacionados al ciclismo, tales como, menor riesgo de enfermedades cardíacas, accidentes cerebrovasculares, diabetes

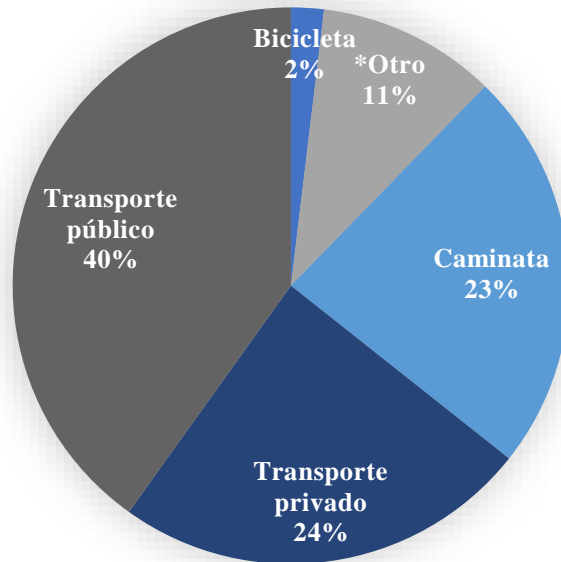
tipo 2, prevención del aumento de peso e incluso la reducción de la depresión (P. Oja et al., 2011). Este conjunto de beneficios ha hecho de la bicicleta una opción atractiva para los usuarios que buscan mejorar su estado de salud y, por otro lado, para los gobiernos que buscan promover la salud pública.

A nivel país se tiene que Chile al 2021 cuenta con 1.866,08 km de ciclovías, ciclo calles y ciclovías temporales, las cuales representan un total de 1.228, lo que significa un incremento de un 27,9 % en los tres años anteriores al balance entregado por el Ministerio de Transporte y Telecomunicaciones (MTT). Se espera que para el futuro estas cifras continúen su crecimiento, ya que, de acuerdo con estimaciones, en Chile se realizan más de 1.644.070 viajes diarios en bicicleta, por lo que ciclovías seguras y bien planificadas aumentan la seguridad de los ciudadanos y un incremento de su uso (Balance de ciclovías a nivel nacional, 2021).

A nivel local, el parámetro observado es el Gran Concepción (GC), compuesto por un total de 10 comunas, las cuales son: Concepción, Coronel, Chiguayante, Hualpén, Hualqui, Lota, Penco, San Pedro de la Paz, Talcahuano y Tomé. Todas las comunas mencionadas anteriormente se encuentran dentro de la Provincia de Concepción, Región del Biobío. De acuerdo con la información obtenida en el Censo del año 2017, la población del Gran Concepción es de 971.285 habitantes (Censo, 2017).

Una forma de analizar los viajes de los ciudadanos son las Encuestas Origen-Destino (EOD). Las EOD son: “una investigación realizada sobre una muestra de hogares y usuarios del transporte público, privado y de carga, con el objetivo de obtener una fotografía de los viajes que diariamente realizan los habitantes” (DataScope, 2017). La EOD del año 2015 realizada en el Gran Concepción, será la base de la que se sustenta el análisis del comportamiento de los usuarios con respecto a la elección de su medio de transporte en esta zona geográfica y por consecuencia, es también la base de la que se sustenta este informe.

De acuerdo con la EOD del año 2015 del Gran Concepción, solo el 2 % de viajes diarios se realizan en bicicleta, lo cual representa 34.106 viajes de un total de 1.789.051 viajes diarios que se realizan, tal y como se puede apreciar en la Figura 1.1, donde también se puede ver que el método de transporte más utilizado es el transporte público (SECTRA, 2017).



*\*Otro: Taxi Básico, Bus Interurbano, Rural, Furgón Escolar y Servicio Informal.*

**Figura 1.1: Participación modal medios de transporte en el Gran Concepción**

Fuente: Encuesta origen-destino (SECTRA, Plan de Movilidad Gran Concepción 2050, 2017)

El transporte privado ha tenido un alza en los últimos años, representando un 10 % en el año 1989, para incrementar hasta el 24 % conocido en la EOD del 2015. Por otro lado, se ha visto una disminución del 42 % en la caminata, considerando los mismos periodos de estudio, donde en 1989 representaba el 42 % de los viajes hasta llegar a un 23 % en 2015. Con respecto al uso de bicicleta, esta tuvo un aumento del 1 %, pasando de 1 % en 1989 a un 2 % en 2015 (SECTRA, 2017).

A nivel mundial, las cifras de personas que utilizan la bicicleta como medio de transporte son muy distintas a las vistas en los últimos años en Chile, un ejemplo de esto se puede ver con Houten, Países Bajos donde la bicicleta representa el principal medio de transporte para alrededor de un 50 % de sus habitantes (Marton, 2016) y en Groningen, ciudad donde hay más bicicletas que habitantes (Explora Holanda, 2023). Se pueden encontrar características similares en varias ciudades de Países Bajos, donde las calles son altamente frecuentadas por ciclistas, otro de los casos más reconocidos en el país europeo es el de Ámsterdam, donde hay cuatro veces más bicicletas que vehículos (Cabezas, 2020).

Por otro lado, se tiene el caso de la capital francesa, París, que posterior al primer año de confinamiento producto de la pandemia por COVID-19, su número de ciclistas aumentó en un 67 %

en comparación al año 2019 (Fournieris, 2021) y se estima que el uso de la bicicleta en París en 2021 fue de un 15 % (Cifuentes, 2021).

Dentro de sus principales fomentos al ciclismo fue el inicio del “Plan Vélo 2021-2026” o “Plan Ciclista 2021-2026” en el año 2021, con una inversión de más de 250 millones de euros (Stouhi, 2021), el cual tiene como objetivo principal, hacer de París una ciudad 100 % ciclista (Dorval, 2021).

Se han enfocado en crear nuevos senderos seguros para bicicletas (más de 180 kilómetros) además de nuevas instalaciones que aportan mayor seguridad en el aparcamiento de estas. Se esboza también, generar una educación ciclista, enseñándole a los niños a andar en bicicleta en las escuelas, además, aumentar los talleres de reparación de bicicletas y fomentar el cicloturismo. Por otro lado, se impulsarán medidas de mantenimiento, como la retirada de nieve y limpieza de los carriles (Bennett, 2021).

## **1.2. Problemática**

Utilizar la bicicleta con fines distintos a los recreativos supone un riesgo para los usuarios que buscan desplazarse de un lugar a otro, lo que los lleva a la priorización de medios de transporte convencionales, para los cuales, si existe infraestructura, tales como automóviles particulares, motos, transporte público, con caminos pavimentados, e incluso la caminata para la cual existen veredas, con una altura con respecto al piso diferida de los caminos automovilísticos.

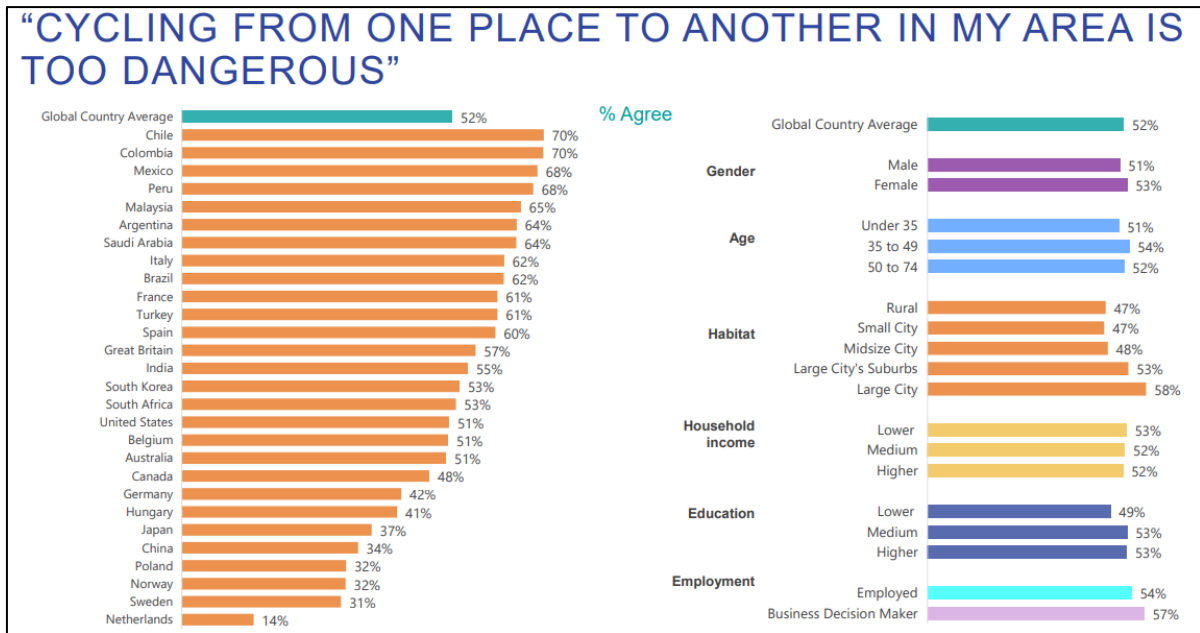
En Chile, la bicicleta como medio de transporte es considerada por los ciudadanos como un método inseguro, principalmente debido a la limitada cultura ciclista en la región y la escasa infraestructura destinada a las bicicletas en las ciudades (The Clinic, 2022).

Por otro lado, en 2015, la cifra de fallecidos producto siniestros de tránsito en Chile fue de 1.646, de los cuales 125 eran usuarios de bicicleta, aproximadamente un 8 % de total, mientras que, en 2022, el total fue de 1.745 de los cuales un 3 % eran usuarios de bicicleta (61 individuos) (CONASET, 2022). En base a las cifras señaladas anteriormente, la tasa de mortalidad anual de usuarios de bicicleta ha disminuido con el pasar de los años, sin embargo, la percepción de la seguridad puede verse de igual manera influenciada por este aspecto.

Según los resultados obtenidos con la encuesta Ipsos “Uso de Bicicleta en el mundo” (Ipsos, 2022), en la Figura 1.2, se puede ver que Chile lidera el ranking según la percepción del peligro, donde

el 70 % de las personas encuestadas considera peligroso utilizar la bicicleta como medio de transporte para moverse de un lugar a otro.

La encuesta revela que: “los países donde hay un mayor uso de la bicicleta son aquellos donde también su población se siente más segura sobre ella. Un ejemplo de ello son los Países Bajos que, con un 14 % es el país del mundo con menos personas que se sienten inseguras sobre la bicicleta y, al mismo tiempo, el país en el que un mayor porcentaje de población (30 %) declara utilizarla para ir a su trabajo o centro de estudios y para recorrer distancias cortas” (Ipsos, 2022).



**Figura 1.2: “Cycling from one place to another in my area is too dangerous”**

Fuente: Cycling across the world (Ipsos, 2022)

Gran parte de los gases de efecto invernadero provienen de la actividad humana, principalmente relacionada a muchas industrias hechas por el ser humano y para él, generando una aceleración del calentamiento global y un gran impacto en la huella de carbono.

De acuerdo con información entregada por United States Environmental Protection Agency (EPA), los sectores económicos que generaron la mayor cantidad de gases de efecto invernadero en 2010 son: la Producción de electricidad y calor (23 %), Agricultura, forestal y otros usos de la tierra (22 %) y transporte, que representa el 15 % (EPA, 2023).

Desde la Revolución Industrial (1880), la temperatura media mundial ha aumentado de manera progresiva alcanzando niveles preocupantes. Entre los años 1980 y 2000, la temperatura media

aumentó 0,35 °C, acompañado de un grave incremento de CO<sub>2</sub>, estimándose que si no se toman medidas al respecto la temperatura aumentará por sobre el nivel crítico de 1,5 °C para 2050 y será más improbable que probable permanecer por debajo de esta temperatura en 2100 (IPCC, 2014).

Por otro lado, los medios de transporte poco convencionales como lo son los automóviles eléctricos y otros vehículos motorizados que siguen la misma línea, continúan siendo inasequibles para gran parte de la población, por lo que la transición ha sido lenta y no ha generado grandes cambios en esta materia.

De acuerdo con la Organización Mundial de la Salud (OMS), el cambio climático afecta tanto la salud como el bienestar de las personas, teniendo múltiples efectos en ellos (OMS, Watts, N. et all, 2015), como se puede apreciar en la Tabla 1.1.

**Tabla 1.1: Efectos directos e indirectos del cambio climático sobre la salud y el bienestar humano.**

Efectos directos	Efectos indirectos	Efectos sociales	Impacto en salud
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Tormentas</li> <li>• Sequías</li> <li>• Inundaciones</li> <li>• Ondas de calor</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Calidad del agua</li> <li>• Contaminación aérea</li> <li>• Uso de suelos</li> <li>• Cambio ecológico</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Salud</li> <li>• Socio-económicos</li> <li>• Servicios públicos</li> <li>• Movilidad</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Alergias</li> <li>• Enfermedades respiratorias</li> <li>• Enfermedades cardiovasculares</li> <li>• Enfermedades infecciosas</li> <li>• Desnutrición</li> <li>• Salud mental</li> <li>• Lesiones</li> <li>• Intoxicaciones</li> </ul>

Fuente: Elaboración propia a partir de “*Figure 2: The direct and indirect effects of climate change on health and wellbeing*” (OMS, Watts, N. et all, 2015).

Por otro lado, el sedentarismo y la disminución de actividad física han incrementado durante los últimos años en la población. Al 2022, 1 de cada 4 adultos (1.400 millones de personas) no alcanzó los niveles de actividad física recomendados por la OMS, lo que representa una cifra alarmante considerando los múltiples beneficios asociados a la actividad física, como su contribución en la prevención y gestión de enfermedades no transmisibles como es el caso de enfermedades cardiovasculares, el cáncer y la diabetes (OMS, 2022).

En síntesis, en Chile, los usuarios perciben una baja seguridad en el uso de la bicicleta con respecto a otros países, por lo que identificar las causas que generan esta sensación de inseguridad se convierte en un análisis necesario y potencialmente satisfactorio para identificar la forma de incrementar la presencia de este medio de transporte en la sociedad chilena, el cual se presenta como



una respuesta al creciente sedentarismo, una forma de promover la salud pública y, además, tiene un importante rol en la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero.

### **1.3. Objetivos**

#### **1.3.1. Objetivo general**

Analizar la influencia de la implementación de ciclovías en el Gran Concepción para la toma de decisiones de los usuarios en su elección de modo de transporte.

#### **1.3.2. Objetivos específicos**

Para alcanzar el objetivo general, se plantean los siguientes objetivos específicos:

OE1: Identificar aspectos claves en la literatura con respecto al rol de la bicicleta en la sociedad actual y su influencia en el desarrollo de los países.

OE2: Caracterizar a través de sistemas de información geográfica el desarrollo de ciclovías en el Gran Concepción.

OE3: Analizar datos obtenidos en la Encuesta Origen-Destino del Gran Concepción (2015) sobre la preferencia de los usuarios con respecto a su caracterización personal.

OE4: Proponer un modelo de elección modal basado en las variables identificadas para la toma de decisiones de los usuarios con respecto a su medio de transporte.

OE5: Determinar la influencia de los factores señalados para proveer recomendaciones basadas en evidencia para las políticas públicas que potencien la bicicleta como un medio de transporte sostenible y eficiente.

### **1.4. Justificación**

El transporte es una parte fundamental en la vida cotidiana de las personas y en la economía mundial, tanto para llegar a los trabajos, como para viajar por el mundo, generar comercio internacional y una nueva forma de relacionarnos con lugares que nunca creímos posibles. Sin embargo, el transporte motorizado se ha convertido en una fuente significativa de Gases de efecto invernadero (GEI), siendo así uno de los principales causantes del cambio climático y es debido a esto que ha surgido un alto crecimiento de tecnologías de transporte de baja emisión de carbono y un incremento en su implementación en el mundo.

Según United States Environmental Protection Agency (EPA, 2023), el transporte es el causante del 15 % de los GEI globales relacionadas con la energía del año 2010, lo cual podemos ver no ha cambiado, ya que el 95 % de la energía utilizada para el transporte en el mundo proviene de combustibles derivados del petróleo.

El ministerio de Energía lanzó la estrategia nacional de electromovilidad el mes de diciembre de 2017, la cual tiene como objetivo: “delinear las acciones que Chile debía tomar para lograr que el 40 % de los vehículos particulares y el 100 % de los vehículos de transporte público sean eléctricos al 2050, aportando así a las metas de eficiencia energética y mitigación de gases de efecto invernadero, contribuyendo a mejorar la movilidad y la calidad de vida de las personas y a potenciar la presencia del país como líder regional en la materia, contemplando dicha estrategia una serie de acciones y ejes estratégicos para el logro de los mismos” (Biblioteca del Congreso Nacional de Chile, 2022).

Un caso de éxito en la promoción e implementación de tecnologías de baja emisión de carbono es el de Países Bajos, que es el país con la mayor cantidad de ciclovías en el mundo, según lo explicado en CNN Chile sus ciclovías alcanzan los 35.000 km (CNN, 2019), lo cual se debe principalmente a que la bicicleta es uno de los medios de transporte más populares en Países Bajos, donde el 41 % de las personas dice que la bicicleta es su principal medio de transporte para desplazamientos diarios (ECF, 2022).

Países Bajos, fue uno de los países pioneros en la implementación de una estrategia nacional en este ámbito, con un plan conocido como “1990-1997 Dutch Bicycle Master Plan” o en español, “El Plan Maestro de Bicicletas Holandesas”, el cual incluyó la construcción de nuevas ciclovías y la mejora de las existentes, además de la creación de instalaciones para bicicletas en las estaciones de tren y la promoción del uso de estas en los trabajos y escuelas. Por otro lado, el plan incluyó medidas para mejorar la seguridad de los ciclistas, como la reducción de la velocidad del tráfico en zonas donde se comparte el espacio entre ciclistas y vehículos, y también en mejorar la iluminación en las ciclovías (Welleman, 1999). El enfoque que pusieron en la infraestructura de las ciclovías y la seguridad de los ciclistas ha originado una cultura en la que el uso de la bicicleta se considera un medio de transporte seguro, sostenible y, además, saludable en todo el país.

En este estudio, se analizará la influencia que tiene la existencia de las ciclovías y los distintos factores socioeconómicos en la decisión de los usuarios sobre el uso de la bicicleta como medio de transporte y su influencia en la percepción de seguridad de los ciudadanos del Gran Concepción. Con

esta investigación se busca potenciar la discusión sobre esta temática y promover la cultura ciclovitaria, para así avanzar en una índole más sostenible, saludable y ecológicamente amigable, tal y como lo han hecho algunos de los países más desarrollados, en los que la bicicleta es un medio de transporte indispensable.

### **1.5. Estructura de la memoria**

La presente memoria de título se compone por 5 capítulos principales, siendo la introducción el primero. A continuación, se presenta una breve descripción de los siguientes capítulos:

- En el segundo capítulo, se realizará una revisión bibliográfica para analizar la documentación disponible, dar a conocer información sobre las bicicletas y lo estudiado con respecto al modelo.
- En el capítulo 3 se habla sobre la Metodología, donde se detalla la población que es parte del estudio, se analizan los proyectos ciclovitarios y su incremento dentro del Gran Concepción, se explican las consideraciones tomadas en la base de datos y se da a conocer el modelo realizado para dos casos de estudio.
- En el capítulo 4, se muestran los resultados obtenidos mediante la ejecución del modelo y se analiza su significancia para concluir con respecto a las estimaciones obtenidas y, finalmente, se comenta sobre las limitaciones encontradas en este estudio.
- El capítulo 5 se comenta sobre las conclusiones obtenidas con la realización de este estudio y se realizarán recomendaciones para las políticas públicas.

## 2. Revisión bibliográfica

### 2.1. Historia y evolución del transporte ciclovuario

Si bien la invención de la bicicleta y sus inicios sigue siendo muy cuestionada por los historiadores, hay algunas invenciones de las cuales se lleva un claro registro y han contribuido ampliamente en la invención de las bicicletas estándar que conocemos hoy en día. En los siguientes párrafos se presenta de manera resumida la historia de la bicicleta en los últimos 200 años obtenida a partir de información disponible de Bikester (Bikester).

Un hito importante se vio en 1817, cuando el conde e inventor alemán Karl von Drais creó la bicicleta “draisiana” que tenía un manubrio para dirigir la marcha, sin embargo, esta se utilizaba impulsándose con los pies, ya que no tenía pedales.

Luego, en la década de 1860, Pierre Michaux desarrolló la primera bicicleta de dos ruedas que se hizo popular y comercialmente exitosa, contaba con pedales y manivelas giratorias en la rueda delantera, sin embargo, con el tiempo se le fue conociendo como “cacharro” debido a lo pesada e incómoda que era.

Posteriormente, en la década de 1880, se introdujo la “penny-farhing”, una bicicleta con una gran rueda delantera, que se volvió popular en Gran Bretaña y EE.UU. A pesar de que simbolizaba justamente el ocio de la época victoriana, su diseño era impráctico y peligroso por lo que su popularidad se vio limitada.

Durante 1920 y 1950, la popularidad que había adquirido la bicicleta disminuyó en el mundo occidental para darle el paso a la nueva era del automóvil, que se consideraba como el transporte del futuro. Durante los años 50 y 60, el automóvil dominaba el mercado y las bicicletas que se vendían eran principalmente para niños. Mientras tanto, en China la bicicleta obtuvo gran popularidad y tras la fundación de la República Popular en 1949, se convirtió en su principal medio de transporte urbano. Actualmente, China es el principal productor mundial de bicicletas, fabricando alrededor del 60 % de las bicicletas vendidas globalmente.

En el 1980, se fabricó la primera bicicleta de montaña, diseñadas para ciclismo todoterreno con materiales ligeros como el aluminio y neumáticos anchos y ranurados que otorgaron mayor estabilidad y adherencia al suelo.

En la actualidad, muchas ciudades de todo el mundo respaldan el ciclismo y proporcionan una infraestructura bien definida para bicicletas. El ciclismo se ha vuelto una alternativa popular como opción ecológica y económica para desplazarse y una forma entretenida para potenciar la actividad física. En ciudades como Ámsterdam, Nueva York y Londres, los programas de uso compartido de bicicletas facilitan a personas el alquiler y devolución en ubicaciones designadas, ofreciendo una alternativa para evitar el tráfico automovilístico.



**Figura 2.1: Bicicleta Draisiana de 1817.**

Fuente: Cycle City México (2021) El inventor de la bicicleta Karl von Drais  
[<https://www.cyclecity.mx/inventor-de-la-bicicleta-karl-von-drais/primer-bicicleta-2/>]

## **2.2. Estudios relacionados a la bicicleta**

Para realizar este informe se han revisado estudios relacionados a la temática que permiten vislumbrar de alguna manera cómo se ha tratado este tema en otros lugares del mundo. En los siguientes párrafos se presentan unos breves resúmenes de los hallazgos realizados por los autores.

Rowangould y Tayarani (2016) utilizaron una encuesta de preferencias declaradas donde se preguntaba la importancia que perciben de en factores estructurales como ciclo paths (ciclovías) o ciclo lanes (ciclocalles), y los efectos que tiene volumen y velocidad del tráfico en su elección de ruta. Los resultados fueron que casi un tercio de los usuarios actuales de las infraestructuras para bicicletas en Albuquerque, Nuevo México, dejarían de usar la bicicleta si en un caso hipotético dejaran de funcionar dichas instalaciones. Los hallazgos por los autores sugieren que las instalaciones para bicicletas pueden aumentar la proporción del uso de bicicleta como medio de transporte, por lo que

las instalaciones cicloviarias desempeñan un papel importante en el fomento de la confianza de nuevos ciclistas.

Basándose en una comparación internacional de la infraestructura para bicicletas y los registros de la seguridad de los ciclistas, considerando tasas de mortalidad y lesiones de peatones y ciclistas en Países Bajos, Alemania y Estados Unidos, los académicos Pucher y Dijkstra (2003) concluyen que proporcionar instalaciones segregadas para los ciclistas mejora la seguridad en general.

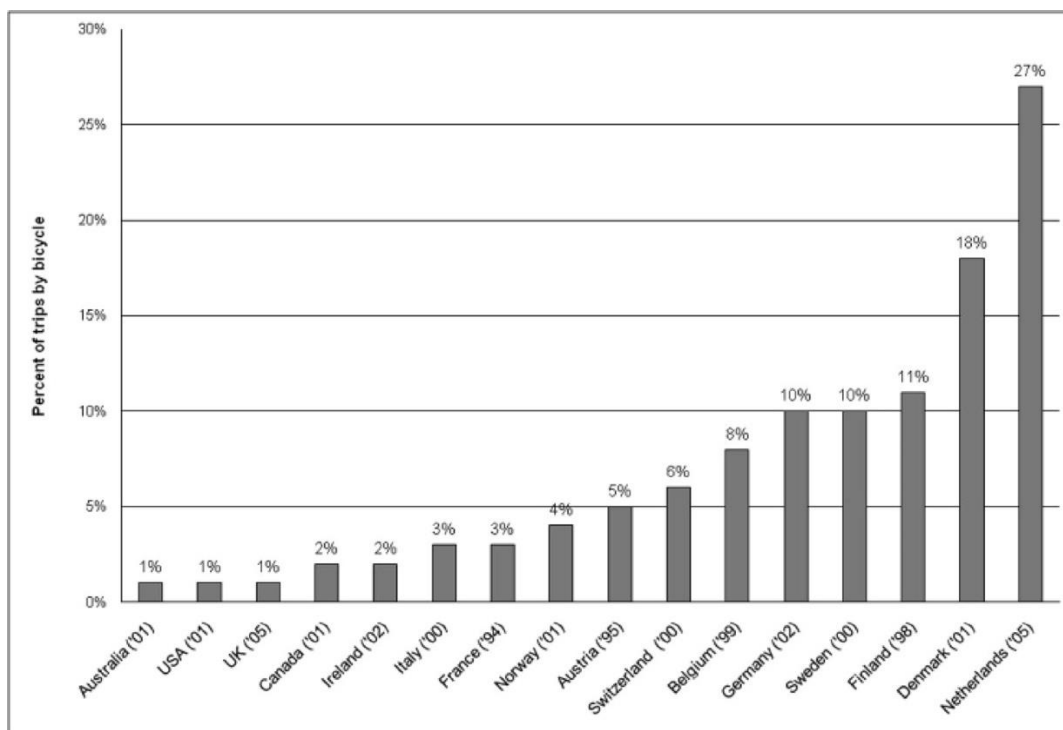
Según lo observado por Harms et al. (2016), mejorar la calidad y cantidad de la infraestructura para bicicletas y a su vez disminuir el atractivo del uso del automóvil parecen ser factores críticos para aumentar la participación de los ciclistas, mejorar la seguridad de estos y la percepción que se tiene del ciclismo.

Por otro lado, Maldonado-Hinajeros et al. (2014) en su estudio utilizaron los escenarios para evaluar las decisiones de modo de transporte, considerando factores sobre la infraestructura cicloviaria, demográficos, socioeconómicos, de actitudes y percepciones, entre otros. Se descubrió que la presencia de estacionamientos para bicicletas tiene un efecto positivo en el uso de estas.

### **2.3. Transporte cicloviario en el mundo**

El transporte cicloviario ha sido la nueva tendencia para varios países en el mundo que han fomentado el uso de la bicicleta en sus ciudades. El aumento del uso de bicicletas ha generado cambios en la cultura de los países y en la forma en que se desarrollan las ciudades, donde antes se priorizaba en un 100 % el transporte motorizado, hoy en día se están incluyendo ciclovías y ciclocalles, permitiendo la disminución en la congestión de vehículos, la mitigación de las emisiones de estos y, además, la promoción de la actividad física.

En la Figura 2.2 se pueden apreciar el porcentaje de viajes realizados en bicicleta a finales del siglo XX e inicios del XXI por algunos de los países pertenecientes a la Unión Europea (UE) y Estados Unidos, Canadá y Australia. Se destaca un 27 % para Países Bajos y 18 % para Dinamarca, mientras que un 1 % de para Australia, EE.UU. y Reino Unido, contrastando esto con Chile, se tiene que para la EOD de Santiago en 2001 el porcentaje de viajes era de 1,9 % (SECTRA, 2001) y en el Gran Concepción para 1999 correspondía al 1 % de los viajes (SECTRA, 2017).



**Figura 2.2: Proporción de viajes en bicicleta en Europa, América del Norte y Australia (porcentaje del total de viajes).**

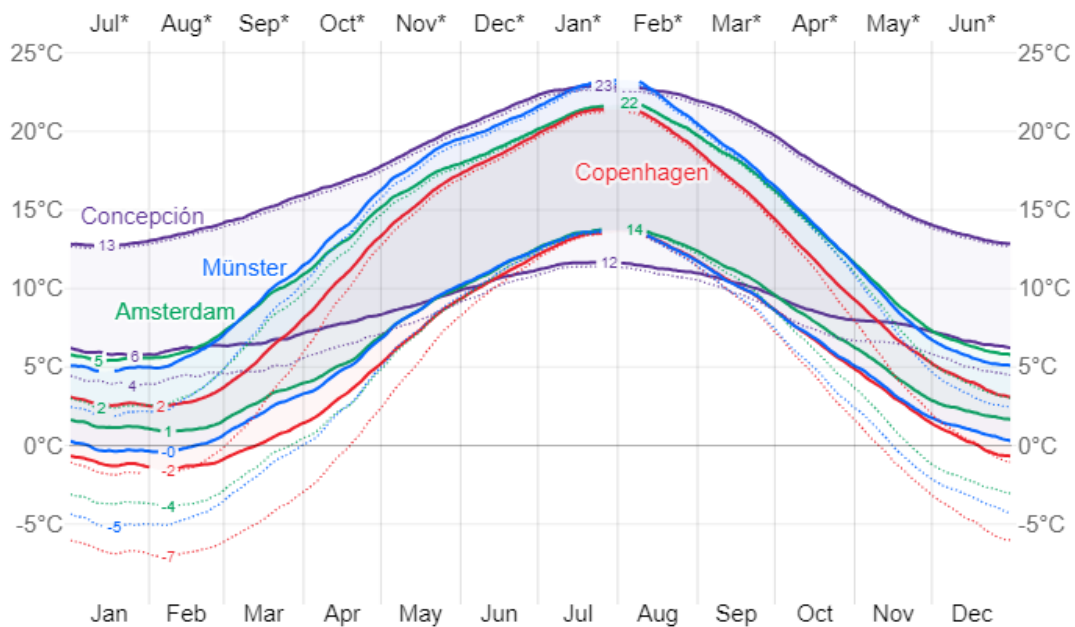
Fuente: Adaptado de Making Cycling Irresistible: Lessons from The Netherlands, Denmark and Germany por J. Pucher & R. Buehler (2008), p. 498, Figura 1 [https://doi.org/10.1080/01441640701806612].

Por otro lado, como se vio en la Figura 1.2 la percepción de la seguridad al utilizar la bicicleta como medio de transporte sigue un patrón en que justamente los países donde hay más ciclistas son donde estos se sienten más seguros. Esto puede estar relacionado a varios factores, uno de estos puede ser la tasa de accidentes y la tasa de mortalidad que se asocian a su uso.

Con respecto a la tasa de mortalidad, el número de ciclistas fallecidos cada 100 millones de kilómetros recorridos en bicicleta fue de 5,8 para EE. UU. y 3,6 para el Reino Unido, mientras que 1,7 en Alemania, 1,5 en Dinamarca y 1,1 en Países bajos (Pucher & Buehler, 2008), lo cual puede hacer más atractivo este medio de transporte para países donde su uso es más seguro.

Con respecto a la geografía y el clima de los lugares, se podría pensar que en los países donde el ciclismo está más presente es justamente donde su uso es “más fácil” para los ciclistas, es decir donde los terrenos tienen menos pendiente o el clima es menos avasallador para practicar deportes al aire libre, sin embargo, se puede ver que tanto en Países Bajos, como el Dinamarca y Alemania, donde

el uso de la bicicleta es algo común durante todo el año, su clima está lejos de ser un clima templado durante todas las estaciones.



**Figura 2.3: Comparación de la temperatura mínima y máxima promedio en Ámsterdam, Copenhagen, Münster y Concepción.**

Fuente: Adaptado a partir de © [WeatherSpark.com](http://WeatherSpark.com).

Tanto en Ámsterdam, Copenhagen, Münster y Concepción\* las temperaturas mínimas promedio rondan valores similares, al igual que las máximas e incluso se puede ver que en Copenhagen la temperatura mínima promedio es menor a 0 °C.

Se puede ver que en las tres ciudades europeas mencionadas anteriormente se registran mayores velocidades para el viento (Figura 8.1) y a su vez una gran diferencia con respecto a los milímetros de nieve promedio que se observan de manera mensual siendo las ciudades europeas las que destacan por la gran cantidad de nieve promedio que se ve en estas (Figura 8.2). Con respecto a las precipitaciones, se puede ver que en Concepción hay meses donde las precipitaciones son muy bajas y otros donde su promedio puede llegar a triplicar el de las tres ciudades europeas, las cuales presentan todos los meses cantidades muy similares de lluvia (Figura 8.3).

A inicio de siglo la proporción de viajes en bicicleta en Ámsterdam, Copenhagen y Münster era de un 27 %, 29 % y 27 % respectivamente (Anexo 2) Anexo 2 mientras que en Concepción era solo un 1 % como se mencionó anteriormente. Los factores climáticos no han tenido efectos extremadamente influyentes en la proporción de viajes diarios, ya que como se pudo apreciar, hay



ciudades alrededor del mundo donde su uso es elevado y su clima no es más templado ni más ideal para el uso de este medio de transporte que en Concepción.

## **2.4. Transporte ciclovionario en Chile**

### **2.4.1. Definiciones del transporte ciclovionario**

De acuerdo con la información presentada en el capítulo 6 del Manual de Señalización de tránsito (CONASET, Capítulo 6: Facilidades explícitas para peatones y ciclistas), se tienen las siguientes definiciones para diferenciar las facilidades dispuestas para los ciclistas:

- “Cicloruta: conjunto sistémico de facilidades para la circulación de ciclos, que permite unir un origen con un destino. Estas facilidades pueden ser ciclovías, ciclocalles, u otras tales como, sendas multipropósito, vías verdes o cicloparques.
- Ciclovía: espacio destinado al uso exclusivo de bicicletas y otros ciclos, que puede estar segregado física o visualmente del tránsito de vehículos motorizados y peatones. Cuando la segregación es solo visual se les denomina ciclobanda.
- Ciclocalle: vía convencional donde circulan los ciclos junto a otros vehículos motorizados, y en las cuales la velocidad máxima permitida no excede los 30 km/h. Generalmente se incorporan medidas calmantes de velocidad.”

### **2.4.2. Mecanismos de regulación del transporte ciclovionario en Chile**

De acuerdo con lo planteado por la Comisión Nacional de Seguridad de Tránsito (CONASET, s.f.), el Decreto N°102 del Ministerio de Transporte y Telecomunicaciones, se encarga de reglamentar las condiciones de gestión y seguridad de tránsito de las ciclovías, además de las especificaciones técnicas de los elementos de seguridad de los elementos de seguridad para quienes ocupen ciclos.

Para regular el transporte ciclovionario, el año 2019, mediante la Ley 21.088, se agregó un Título XX, denominado: “De las bicicletas y otros ciclos” en la Ley 18.290 de tránsito. El Título XX, de la mencionada ley, “dispone que se reglamente las condiciones de gestión y seguridad de tránsito que deberán cumplir las ciclovías para su correcta operación y se defina las especificaciones técnicas de los elementos de seguridad para los ocupantes de ciclos, tales como casco, elementos reflectantes, frenos, luces y otros accesorios de seguridad de los ciclos.” (CONASET, 2019).

Por otro lado, entre uno de los objetivos principales de la Ley 21.088 se encuentra el de “establecer las condiciones de gestión y seguridad para el uso de ciclovías, a fin de unificar los estándares para la construcción de estas, ya que sin dicha regulación pueden representar un peligro para sus usuarios en términos de seguridad.” (CONASET, 2019).

El artículo 3° establece los requisitos de diseño y las características técnicas que deberán cumplir las ciclovías, además de información sobre las señaléticas y demarcaciones que se encuentran en el Manual de señalización de tránsito. El detalle de esta información con respecto a este artículo del decreto se puede encontrar en el Anexo 3.

## **2.5. Modelos de elección modal**

Los modelos de elección discreta son utilizados para analizar la preferencia de los consumidores entre un conjunto finito de alternativas y su base es la suposición de que decidirán la alternativa que les otorgue la mayor utilidad dentro del conjunto finito de opciones (Benites, 2022).

De manera general, postulan que: “La probabilidad de que un individuo escoja una cierta opción, es una función de sus características socioeconómicas y de lo atractiva que resulte la alternativa en cuestión en comparación a las demás” (Ortúzar, 2012).

Los modelos de elección discreta tienen múltiples usos, en este caso será utilizado para describir la partición modal de un caso finito de opciones, mediante un modelo de elección modal. La partición modal en transporte corresponde a la cantidad de viajes que se realizan en un determinado medio de transporte; en el próximo capítulo se abordarán los medios de transporte considerados para el estudio.

Para representar cuán atractivas son las alternativas se suele utilizar el concepto de *utilidad* que alude a lo que el individuo desea maximizar. La *utilidad observable* se compone de combinaciones lineales de variables donde cada variable representa una característica de la alternativa, por ejemplo, costo, tiempo, etc.

### **Logit**

El autor Kenneth E. Train, en su libro “Métodos de Elección Discreta con Simulación” plantea que “Logit es el modelo de elección discreta más utilizado” (Train, 2009). En dicho libro, el autor

muestra el análisis llevado a cabo para la obtención del modelo Logit más general, el cual se muestra en los siguientes párrafos.

Como se ve en Train (2009): “Un decisor etiquetado como  $n$  se enfrenta a  $J$  alternativas. La utilidad que el decisor obtiene de la alternativa  $j$  se descompone en (1) una parte denominada  $V_{nj}$  que es conocida por el investigador a través de algunos parámetros, y (2) una parte  $\varepsilon_{nj}$  desconocida que es tratada por el investigador como una variable aleatoria:  $U_{nj} = V_{nj} + \varepsilon_{nj}, \forall j$ . El modelo logit se obtiene suponiendo que cada  $\varepsilon_{nj}$  se distribuye independientemente y de forma idénticamente distribuida de acuerdo a una densidad de probabilidad de tipo valor extremo”.

Siguiendo la aproximación de McFadden (1974), la probabilidad de que el decisor  $n$  elija la alternativa  $i$  es:

$$P_{ni} = Prob(\varepsilon_{nj} < \varepsilon_{ni} + V_{ni} - V_{nj}, \forall j \neq i)$$

Considerando lo mencionado anteriormente en base a manipulaciones algebraicas vistas en Train (2009), se tiene:

$$P_{ni} = \int_{s=-\infty}^{\infty} \left( \prod_{j \neq i} e^{-e^{-(s+V_{ni}-V_{nj})}} \right) e^{-s} e^{-e^{-s}} ds$$

Donde  $s$  es  $\varepsilon_{ni}$ . Observando que  $V_{ni} - V_{ni} = 0$  y agrupando términos en el exponente de  $e$  se tiene:

$$P_{ni} = \int_{s=-\infty}^{\infty} \exp \left( e^{-s} \sum_j e^{-(V_{ni}-V_{nj})} \right) e^{-s} ds$$

Definiendo  $t = \exp(-s)$  tal que  $-\exp(-s)ds = dt$ . Teniendo en cuenta que a medida que  $s$  tiende al infinito,  $t$  se aproxima a cero, y cuando  $s$  se acerca a menos infinito,  $t$  se convierte infinitamente grande. Usando este nuevo término se tiene:

$$P_{ni} = \int_{\infty}^0 \exp \left( -t \sum_j e^{-(V_{ni}-V_{nj})} \right) (-dt)$$

$$= \int_0^{\infty} \exp\left(-t \sum_j e^{-(v_{ni}-v_{nj})}\right) (dt)$$

Al integrar se obtiene la expresión:

$$P_{ni} = \frac{e^{v_{ni}}}{\sum_j e^{v_{nj}}} \quad (1)$$

Que representa la probabilidad de que una alternativa sea escogida por sobre las otras que es una expresión cerrada y compacta de la que se fundamentan los modelos de Logit.

### 2.5.1. Modelo Multinomial Logit (MNL)

En este apartado, se presentará el Modelo Multinomial Logit (MNL) planteado por McFadden (1973) que busca la maximización de la utilidad donde el individuo  $i$  selecciona la alternativa que le otorgue la mayor utilidad dentro de un conjunto de alternativas discretas, según los atributos  $X_i$  que acompañan los parámetros (Ortúzar, 2012, Lee et al., 2018, Salas et al., 2022). La utilidad  $U_{nj}$  será representada como sigue:

$$U_{nj} = \alpha_j + \beta_j X_{nj} + \varepsilon_{nj} \quad (2)$$

Como plantean Salas et al., 2022: “la utilidad  $U_{nj}$  es una función de variables predictivas que determinan la elección del  $j$  medio de transporte por el  $n$  individuo,  $\alpha_j$  puede verse como la intercepción para la  $j$  alternativa,  $\beta_j$  es el vector de parámetros del modelo (coeficientes),  $X_{nj}$  es un vector de características observables (variables independientes) y  $\varepsilon_{nj}$  es el componente no observado para el usuario específico y el modo de viaje respectivo. Además, el modelo MNL clásico supone que  $\varepsilon_{nj}$  son independientes e idénticamente distribuidos según la distribución de Gumbel. Por lo tanto, la probabilidad de que el individuo  $n$  elija la alternativa  $i$  es:

$$P_{ni} = \frac{e^{\alpha_i + \beta_i X_{ni}}}{\sum_{j=1}^J e^{\alpha_j + \beta_j X_{nj}}} \quad (3)$$

Por lo tanto, debido al supuesto independiente e idénticamente distribuido de los términos de error y dado que el vector de coeficientes  $\beta$ , la densidad conjunta de todas las realizaciones de

individuos y elecciones, para el método MNL puede describirse mediante la siguiente función de probabilidad:

$$L(\beta) = \prod_{n=1}^N \prod_{i=1}^J \left[ \frac{e^{\alpha_i + \beta_i X_{ni}}}{\sum_{j=1}^J e^{\alpha_j + \beta_j X_{nj}}} \right]^{y_{ni}} = \prod_{n=1}^N \prod_{i=1}^J (P_{ni}^{y_{ni}}) \quad (4)$$

Donde  $y_{ni}$  es igual a uno si el individuo  $n$  elige la alternativa  $i$  y 0 en caso contrario. Una práctica común es tomar el logaritmo natural de la ecuación (4) para simplificar las matemáticas y los cálculos, siendo la ecuación resultante conocida como la función de probabilidad logarítmica (log-likelihood):

$$LL(\beta) = \sum_{n=1}^N \sum_{i=1}^J y_{ni} \log (P_{ni}) \quad (5)$$

Luego, para estimar la probabilidad de que los datos observados sigan la forma funcional propuesta, se utiliza el método de máxima verosimilitud para calcular el vector  $\hat{\beta} = \text{argmax}_{\beta} LL(\beta)$  que maximiza la densidad conjunta de las muestras. Finalmente, reemplazando el estimado  $\hat{\beta}$  valores en la ecuación (3) es posible predecir el modo de viaje de un individuo, conociendo solo los valores de las características observadas (Akiva & Lerman, 1985, Train, 2009)".

### 3. Metodología

En este capítulo, se comienza con una definición de la población objetivo para el caso de estudio, posteriormente se analiza el panorama ciclovionario en el GC considerando el 2015 y el 2022. Luego, se comenta sobre la base de datos de la EOD 2015 y algunas características que tomó la muestra una vez hechos los ajustes y tomadas las consideraciones.

Continuando el desarrollo, se plantea el modelo matemático adaptado a las consideraciones necesarias para la obtención de resultados mediante su ejecución en Python a través de las bibliotecas de Biogeme.

#### 3.1. Definición de la población objetivo

La población objetivo para este caso de estudio, son las personas encuestadas en la EOD del 2015 del GC, compuesto por las comunas de: Concepción, Coronel, Chiguayante, Hualpén, Hualqui, Lota, Penco, San Pedro de la Paz, Talcahuano y Tomé.

Como se mencionó anteriormente, de acuerdo con el Censo de 2017, en el Gran Concepción hay un total de 971.285 habitantes (Censo, 2017). La comuna con mayor cantidad de habitantes es Concepción, seguida por Talcahuano y San Pedro de la Paz, tal y como se puede apreciar a continuación en la Tabla 3.1:

**Tabla 3.1: Habitantes por comuna del GC.**

Comunas del GC	Habitantes por comuna
Chiguayante	85.938
Concepción	223.574
Coronel	116.262
Hualpén	91.773
Hualqui	24.333
Lota	43.535
Penco	47.367
San Pedro de la Paz	131.808
Talcahuano	151.749
Tomé	54.946
Total	971.285

Fuente: Elaboración propia.

Además, se consideró a los encuestados que realizan viajes con propósitos relacionados al trabajo o al estudio durante los días laborales (lunes a viernes) que transitan comunas que también son parte del GC, excluyendo viajes que realicen a otras comunas que se escapen del perímetro de este.

Por otro lado, se excluyeron a los menores de edad para este estudio, para así tener una visión más asociada a la oportunidad de “elección” del medio de transporte la cual podría verse sesgada por los usuarios de transporte que tengan menos de 18 años.

### **3.2. Proyectos cicloviarios**

Las construcciones de ciclovías en el GC, comenzaron mediante el Plan Maestro de Transporte Urbano del Gran Concepción preparado por el Programa de Vialidad y Transporte Urbano (SECTRA, s.f.), fue ejecutado el año 2005 y comprendió un conjunto de proyectos de mejoramiento de la infraestructura vial y del sistema de transporte público.

Este proyecto contempló la construcción de ciclovías en 4 comunas del GC, las cuales fueron: Concepción, Chiguayante, Hualpén y San Pedro de la Paz.

#### **Gran Concepción y ciclovías en el 2030**

Los contadores de flujo están presentes en varias ciclovías del GC en las comunas de Hualpén, Concepción, Coronel y Talcahuano. Dichos contadores buscan dar una idea de la cantidad de viajes que se realizan por medio de las ciclovías observadas.

Con los años se han aumentado las ciclovías estudiadas en las comunas anteriormente mencionadas, lo cual ha permitido dar una perspectiva más amplia para evaluar el panorama con respecto al uso de las ciclovías.

Analizando los datos de la base de datos del “Historial de conteo de la octava región” del Ministerio de Vivienda y Urbanismo (MINVU) se puede apreciar en la Tabla 3.2 que el conteo de viajes ha aumentado año a año, a excepción del año 2020 y 2021 donde se puede ver una notable disminución del total anual de viajes observados, la cual se debe principalmente al inicio de la pandemia mundial por COVID-19.

**Tabla 3.2: Resumen del historial de conteos de algunas ciclovías del Gran Concepción.**

Comuna	Años						
	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
Hualpén	800	22.235	22.222	14.164	20.548	25.023	16.144
Concepción	-	-	72.071	398.660	480.825	413.239	27.5024
Coronel	-	-	27.942	75.209	77.530	80.976	37.534
Talcahuano	-	-	27.396	93.300	107.870	123.526	84.585
Total anual observado	800	22.235	149.631	581.333	686.773	617.741	397.143

Fuente: Elaboración propia.

De acuerdo con lo mencionado en la página de Bicivías, “frente a este aumento, la autoridad ha afirmó que es importante realizar inversiones en infraestructura para transformar las ciclovías actuales en una red vial, que permita al ciclista transitar de forma segura. Para esto se trabajan en un proyecto donde se estima que en el año 2030 Concepción tendrá alrededor de 250 km de ciclovías” (Bicivías, 2023).

### **3.3. Mapas de ciclovías**

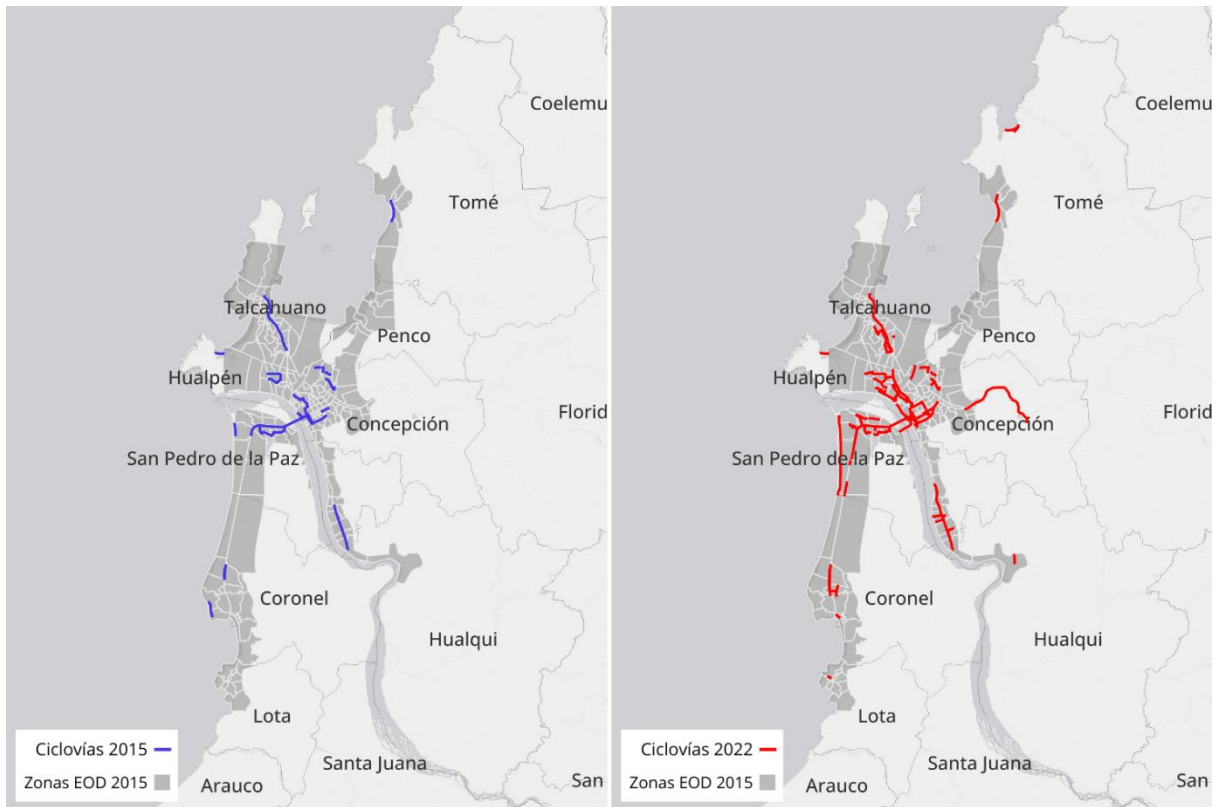
Con el objetivo de hacer más visible el panorama en el que se desenvuelve el GC con respecto a la existencia de ciclovías, se realizaron dos mapas en el software QGIS que buscan ilustrar de manera gráfica el aumento de ciclovías en el GC en un periodo de 7 años.

El CEDEUS, acrónimo de Centro de Desarrollo Urbano Sustentable, es un proyecto de investigación asociativa, iniciado en enero de 2013, entre la Pontificia Universidad Católica de Chile y la Universidad de Concepción y su principal objetivo es “entender las dinámicas urbanas, los instrumentos y los procesos de toma de decisión para desarrollar mejoras sostenidas y equitativas en la calidad de vida de las personas, a través del reconocimiento de los límites biofísicos y de las demandas sociales en las ciudades chilenas” (CEDEUS, 2024).

En la página web del centro es posible obtener datos geográficos. Se descargó una capa del año 2015 que contenía las ciclovías existentes para ese año con la finalidad de contrastar la cantidad de ciclovías que había en el año que se realizó la EOD en comparación al año 2022.

En la Figura 3.1 se pueden apreciar a la izquierda las ciclovías existentes en 2015 y a la derecha las ciclovías disponibles al 2022.





**Figura 3.1: Mapa de cicloviás para 2015 y 2022 en el Gran Concepción.**

Fuente: Elaboración propia.

En las capas que se utilizaron en QGIS se tiene además información específica con respecto a cada una de las cicloviás que forman parte del mapa, como los kilómetros de cicloviás, el inicio y fin de estas y la fecha de ejecución. Con estos datos, se realizaron cálculos en Excel que permiten visualizar matemáticamente el incremento de cicloviás entre los años contrastados.

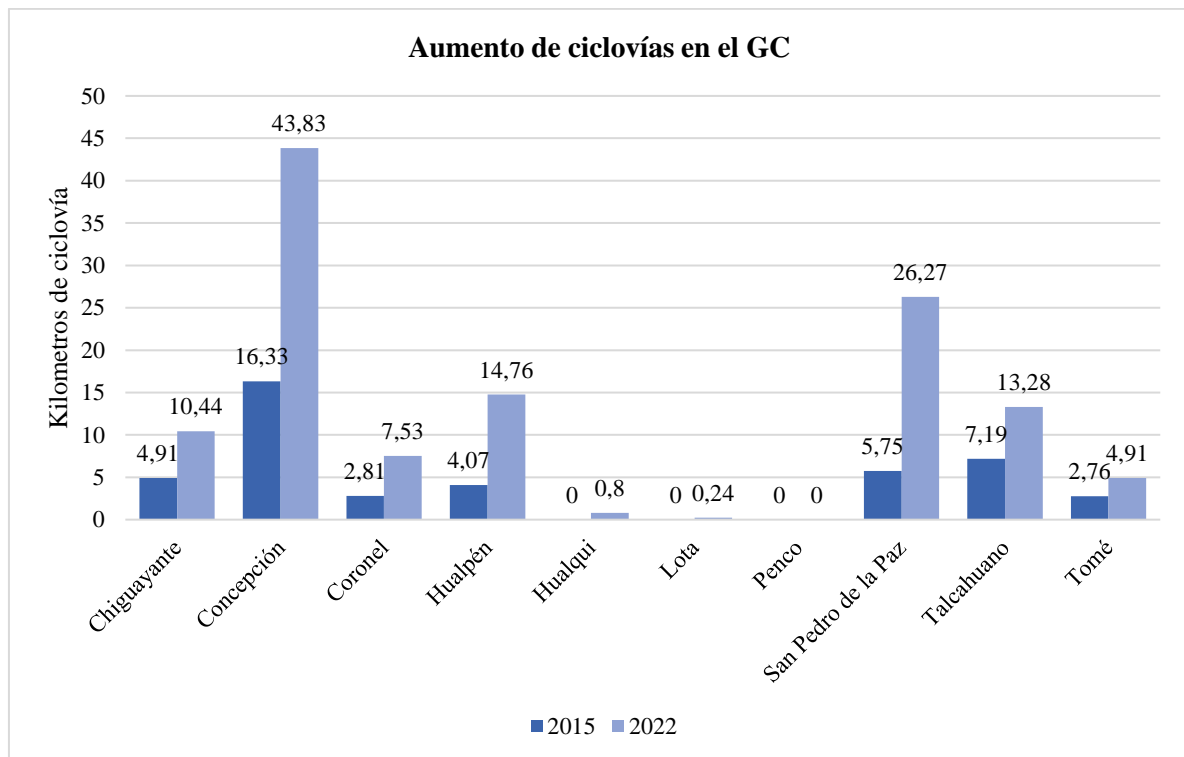
Al comparar los mapas presentes en la Figura 3.1, se puede notar un gran aumento tanto en la cantidad de cicloviás como en los kilómetros que abarcan estas. En la Tabla 3.3, se pueden apreciar los kilómetros de cicloviás existentes para el 2015 y el 2022 de todas las comunas del GC:

**Tabla 3.3: Kilómetros de ciclovías en 2015 y 2022 para las comunas del GC.**

Comunas del GC	Kilómetros de ciclovías por año	
	2015	2022
Chiguayante	4,91	10,44
Concepción	16,33	43,83
Coronel	2,81	7,53
Hualpén	4,07	14,76
Hualqui	0	0,8
Lota	0	0,24
Penco	0	0
San Pedro de la Paz	5,75	26,27
Talcahuano	7,19	13,28
Tomé	2,76	4,91
Total	43,82	122,06

Fuente: Elaboración propia.

Los datos presentados en la Tabla 3.3 permiten ver casi una triplicación de los kilómetros de ciclovías disponibles en los 7 años transcurridos en la observación. Por otro lado, se puede ver que Penco no posee ciclovías en su territorio y de acuerdo con la documentación no hay planes próximos para la construcción de infraestructura cicloviaria.



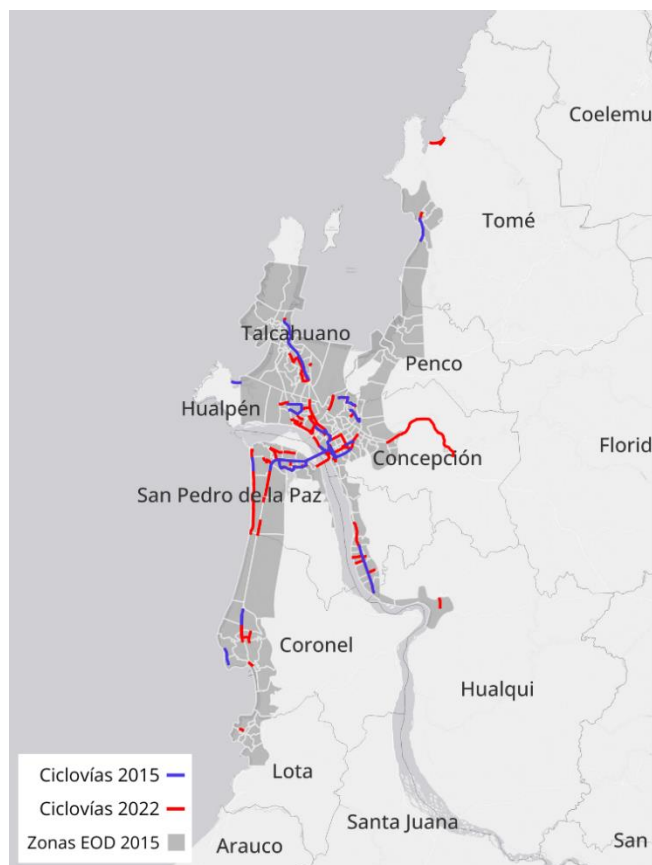
**Figura 3.2: Comparación gráfica del aumento de ciclovías en el GC.**

Fuente: Elaboración propia.

Se puede apreciar que en las comunas en las que más se ha incrementado la cantidad de kilómetros de ciclovías son: Concepción, San Pedro de la Paz y Hualpén. Mientras que no se presentan aumentos significativos en las comunas de Hualqui y Lota, que en los 7 años comparados obtuvieron una variación menor a un kilómetro.

Concepción, Talcahuano y San Pedro de la Paz son de las comunas que más habitantes tienen como se pudo ver en la Tabla 3.1 y también de las comunas que más ciclovías tenían hasta el 2015. Esto puede estar relacionado a su crecimiento y a la constante necesidad que se tiene de generar nuevas rutas para disminuir la congestión vehicular, la cual va de la mano con una disminución en el tiempo de desplazamiento.

En la Figura 3.3 se pueden apreciar las ciclovías totales contrastando ambos años de estudio mencionados:



**Figura 3.3: Mapa de ciclovías de comunas de Chile central al 2022.**

Fuente: Elaboración propia.

### 3.4. Base de datos

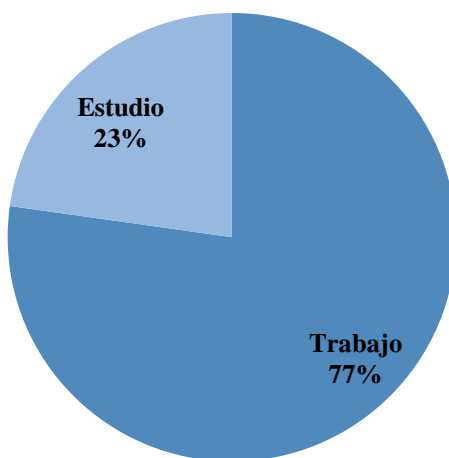
#### 3.4.1. Características de la muestra

En este punto, se presentarán las características que definen los datos presentados en la base de datos de la EOD 2015 utilizada para el estudio.

En primer lugar, se determinaron los viajes que se considerarían. Se utilizaron los datos para viajes en días laborales, es decir, de lunes a viernes de los cuales se fueron limpiando y adecuando a la necesidad de cuáles estudiar, por lo que en los siguientes puntos se explicarán todas las determinaciones tomadas para esta ejemplificación.

#### Propósito

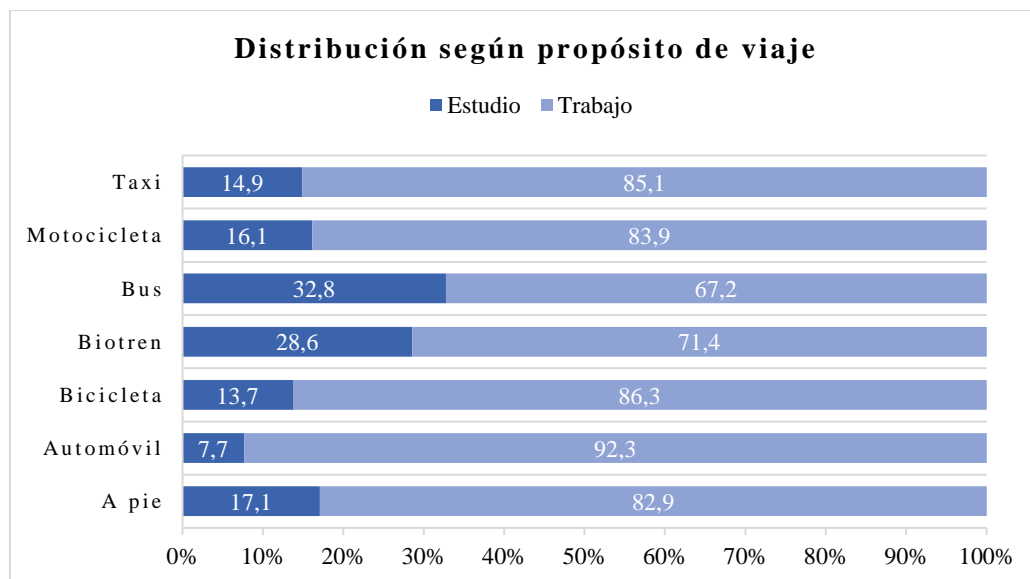
Para ajustar el propósito del viaje a las características que se desea estudiar, se consideraron únicamente los viajes relacionados al trabajo o al estudio. El total de datos es de 6.493, por lo que la proporción de estos viajes está dada por un 77 % (5.014) de viajes relacionados al estudio y el 23 % restante corresponde a los viajes relacionados al trabajo (1.479).



**Figura 3.4: Proporción según propósito del viaje.**

Fuente: Elaboración propia.

En la Figura 3.5 se puede ver la distribución de los medios de transporte según su propósito, donde se puede apreciar que el 32,8 % de las personas que usan buses es por motivo de estudio, siendo este el porcentaje más alto para el este motivo, mientras que solo un 13,7 % va a estudiar en bicicleta.



**Figura 3.5: Distribución según propósito de viaje.**

Fuente: Elaboración propia.

### Modo etapa

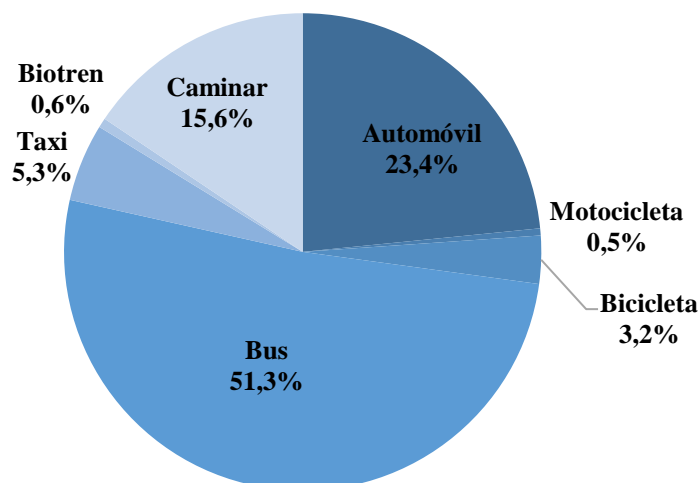
El modo de etapa representa la elección de medio de transporte realizada por el usuario, se calificaron en 7 elecciones, las cuales se pueden ver en la Tabla 3.4:

**Tabla 3.4: Modos de etapa.**

Modo Etapa	Descripción
1	Automóvil
2	Motocicleta
3	Bicicleta
4	Bus
5	Taxi, taxi colectivo o Radiotaxi
6	Biotren
7	Caminar

Fuente: Elaboración propia.

En la Figura 3.6 se puede apreciar de manera gráfica los porcentajes de medios de transporte elegidos en los 6.493 viajes de la muestra.



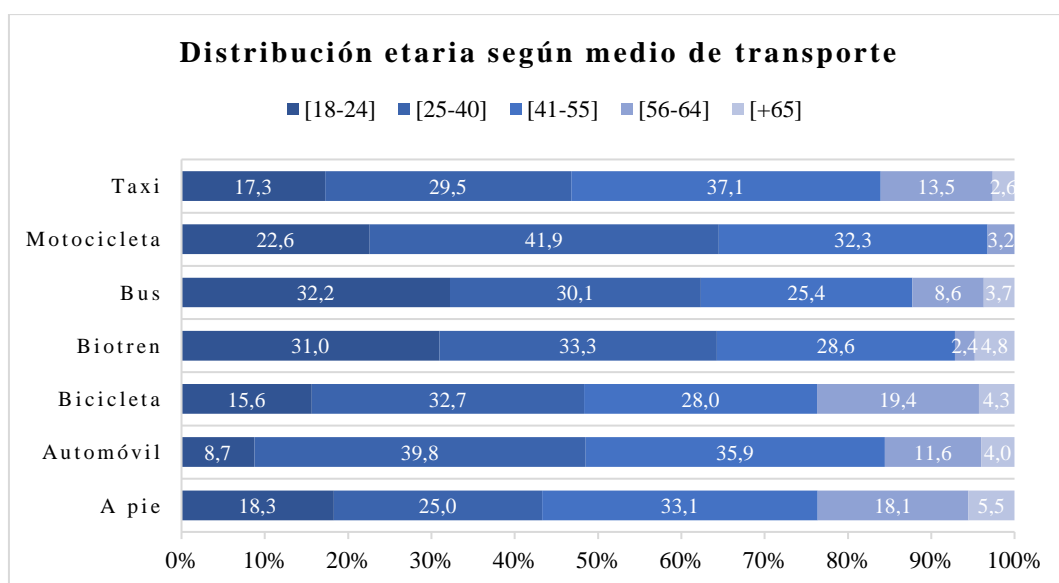
**Figura 3.6: Proporción según medio de transporte.**

Fuente: Elaboración propia.

Debido al ajuste del propósito se puede ver un incremento porcentual en el uso de la bicicleta para viajes relacionados al estudio y trabajo, siendo un 3,2 %, es decir 211 observaciones de 6.493.

### Rango etario

Para el rango etario se consideraron los datos de las personas que tienen más de 18 años, con el objetivo de que la muestra tenga cierta autonomía en la elección de transporte al que pueden acceder. En su distribución con respecto a los medios de transporte se puede ver la Figura 3.7:



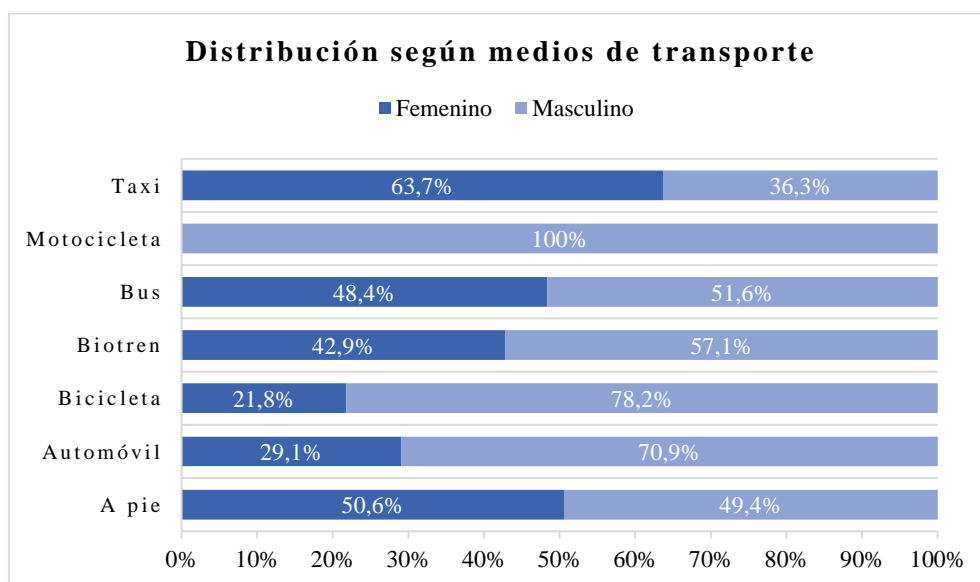
**Figura 3.7: Distribución etaria según medio de transporte.**

Fuente: Elaboración propia.

La tendencia que sigue la muestra es que más de la mitad (76,3 %) de los individuos que utilizan la bicicleta como medio de transporte tienen entre 18 y 55 años.

## Sexo

De acuerdo con los datos obtenidos en la EOD 2015, las opciones disponibles para los encuestados con respecto a su sexo son: 1: femenino y 2: masculino. A continuación, en la Figura 3.8 se encuentra un gráfico que muestra la relación que tiene el uso de la bicicleta según el sexo del individuo:



**Figura 3.8: Distribución según medios de transporte.**

Fuente: Elaboración propia.

Para el caso de la bicicleta, se tiene que quienes más utilizan la bicicleta como medio de transporte para ir a estudiar o trabajar son los individuos de sexo masculino, con un 78,2 %, es decir, 165 en comparación a 46 personas de sexo femenino del total de la muestra.

## Ingreso familiar

Con respecto al ingreso, se pueden distinguir 3 categorías las cuales se describen en la Tabla 3.5 que se encuentra a continuación:

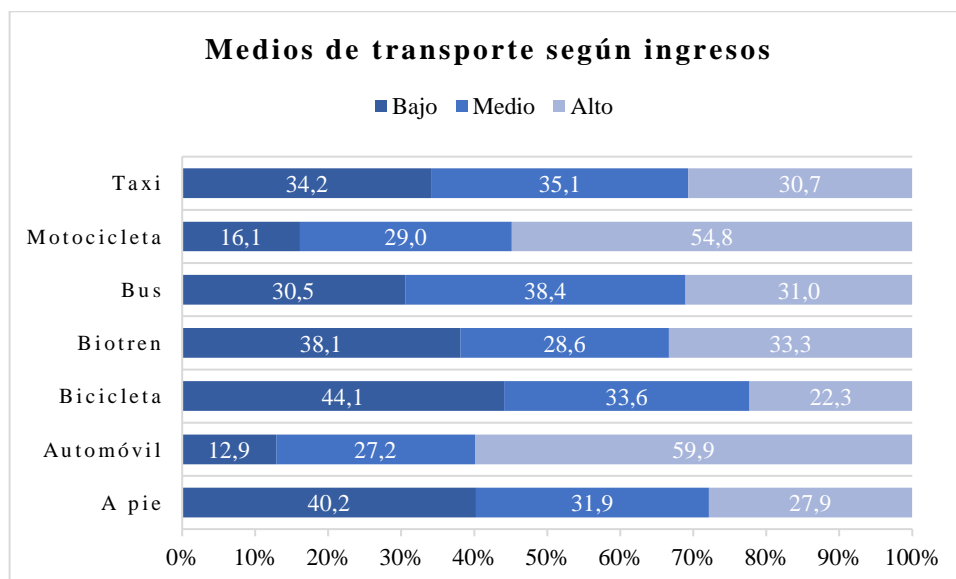
**Tabla 3.5: Clasificación según ingreso neto familiar.**

Tipo de ingreso	Indicador	Descripción
1	Ingreso bajo	Ingreso familiar neto inferior a \$400.000.
2	Ingreso medio	Ingreso familiar neto entre \$400.001 y \$1.200.000.
3	Ingreso alto	Ingreso familiar neto superior a \$1.200.001.

Fuente: Elaboración propia.

Cada una de las variables de ingreso se consideró como una variable dicotómica particular, donde: 1: representa si el usuario posee dicho nivel de ingreso (bajo, medio o alto) y 0: en caso de que no.

Por otro lado, en la Figura 3.9 se puede ver que los individuos que poseen un ingreso familiar neto bajo tienen tendencia a elegir la bicicleta como medio de transporte (44,1 %). En contraste se tiene que los individuos que más utilizan el automóvil son quienes tienen un ingreso familiar neto alto (59,9 %) mientras que quienes menos lo usan son los que poseen un ingreso bajo (12,9 %).



**Figura 3.9: Medios de transporte según ingresos.**

Fuente: Elaboración propia.

### 3.4.2. Consideraciones para complementar la base de datos

Para complementar la base de datos de la EOD 2015 se realizaron una serie de consideraciones para permitir el cálculo de costos y tiempos relacionados a la variable categórica que considera el



medio de transporte utilizado en el viaje realizado con propósitos de trabajo o estudio. En los siguientes párrafos se explican en mayor profundidad dichas consideraciones tomadas.

- **Automóviles y motocicletas**

Los dueños de vehículos motorizados, tales como, automóviles y motocicletas, tienen diversas opciones de alimentar el estanque de sus vehículos, sin embargo, su decisión sobre cuál de los tipos de gasolina utilizar por lo general depende de las especificaciones que el fabricante les entrega para su vehículo. Si bien se puede prescindir de realizar una diferenciación del tipo de octanaje en las bencinas al momento de llenar el estanque, no es lo recomendado, ya que puede afectar negativamente el rendimiento del motor y aumentar el riesgo de daños. Caso similar ocurre con los vehículos que usan combustible Diesel.

Al desconocerse el tipo de vehículo utilizado por el individuo, se ignora el tipo de gasolina específica que utiliza, por lo que el precio se generalizó mediante la obtención de la cantidad de usuarios que utilizan la bencina o el Diesel y en base a esto se calculó un promedio ponderado. La descripción de las opciones se especifica a continuación, considerando los datos de la región del Biobío durante el año 2015:

**Tabla 3.6: Precio promedio gasolina en la Región del Biobío 2015**

Tipo	Promedio de precio por litro en 2015 <sup>1</sup>	Promedio de personas que utiliza el tipo <sup>2</sup>	Promedio ponderado
Bencina 93 octanos	\$ 721	76 % (379.529)	\$ 708
Bencina 95 octanos	\$ 766		
Bencina 97 octanos	\$ 800		
Petróleo Diesel	\$ 537	24 % (119.007)	

Fuente: Elaboración propia.

Con respecto al rendimiento, se consideró el promedio entre los datos obtenidos para la “Etiqueta de eficiencia energética” (Ministerio de Energía, s.f.) tanto para gasolina como para diésel, obteniéndose dentro de la comparación un promedio de 14,2 km/L en el rendimiento en ciudad de los automóviles estudiados. Mientras que para las motocicletas se consideró un rendimiento promedio de gasolina de 45 km/L (Infomecánicos, 2023).

<sup>1</sup> Precios Nacionales de Combustibles Líquidos para el año 2015 (Comisión Nacional de Energía, s.f.).

<sup>2</sup> Cuadro 4, Vehículos en circulación según tipo de motor en el 2015 (INE, 2015).

Con respecto al cálculo del tiempo, para ambos medios de transporte y para los taxis, se tuvo en cuenta la distancia que recorre el usuario a la velocidad máxima permitida en ciudad para el año 2015 (CONASET, s.f.) la cual es de 50 km/h. Cabe mencionar que se consideró que, si la respuesta del usuario en la observación abarcaba alguna de las 3 alternativas mencionadas, se utiliza el tiempo de viaje de la alternativa seleccionada para las otras dos y en caso de que el usuario no haya escogido ninguna de las 3 alternativas, el tiempo se calculó con respecto a la velocidad máxima permitida y la distancia recorrida.

- **Bicicleta y caminata**

El costo asociado al uso de la bicicleta o de caminar con propósitos de estudiar o trabajar es \$0. Este valor se utilizó considerando que todas las personas encuestadas disponen de una bicicleta para utilizar con dichos fines.

Con respecto al cálculo del tiempo, para la bicicleta, se tuvo en consideración la distancia que recorre el usuario según la velocidad media en bicicleta que corresponde a 21,3 km/h (Emol, 2019) mientras que, para el caso de caminar, se consideró un promedio de 4,7 km/h (Hearst Magazines International, 2022).

- **Buses, taxis y biotren**

Para el cálculo del costo asociado a estos ítems, se tuvo en consideración el pago del pasaje con tarifa normal y para estudiantes en el año 2015, o en su defecto 2016. Para el Biotren se consideró el valor del tramo más largo. A continuación, se muestra una tabla resumen con los valores:

**Tabla 3.7: Tarifas año 2015**

Tipo	Tarifa normal	Tarifa estudiante
Buses	\$ 470 <sup>3</sup>	\$ 160 <sup>4</sup>
Biotren	\$ 640 <sup>5</sup>	\$ 210
Taxi	\$200 cada 200 metros <sup>6</sup>	-

Fuente: Elaboración propia.

<sup>3</sup> Tarifa del transporte público en Concepción baja \$ 20 en un año. (La Tercera, 2015).

<sup>4</sup> Comienza a regir nueva tarifa escolar en el Gran Concepción. (Radio Biobío, 2015).

<sup>5</sup> Dan a conocer nueva tarjeta y el detalle de tarifas para el biotren a coronel (Charpentier, 2016).

<sup>6</sup> ¿Son los taxis de Concepción los más caros de Chile? (Miño, 2016)

Para calcular el tiempo asociado al viaje en bus, se consideró que en caso de que el usuario no haya elegido esa opción, pero si haya elegido como medio de transporte el auto, la moto o el taxi, este tiempo de elegir el bus sería igual al tiempo que haya tenido en alguna de esas alternativas, en caso de que no haya elegido ninguna de las 4 alternativas involucradas, el tiempo se calcularía de acuerdo a la distancia que recorre el usuario a la velocidad máxima permitida en ciudad para el año 2015 la cual es de 50 km/h (CONASET, s.f.). Mientras que para el caso del Biotren se consideró una velocidad de 90 km/h.

### **3.5. Modelo**

El modelo seleccionado es un modelo de elección modal, conocido comúnmente como Multinomial Logit (MNL). Se utiliza para considerar múltiples opciones dentro de una variable, las opciones en este caso representan los medios de transporte.

La muestra considera 6.493 datos de viajes en el Gran Concepción, los cuales se obtuvieron a través de la base de datos de la EOD del año 2015.

Se tienen 7 alternativas de medio de transporte, las cuales son: automóvil, motocicleta, bicicleta, bus, taxi, biotren y caminar, respectivamente. Los medios de transporte pertenecen a la variable “Modo Etapa” y están dados por la elección de los usuarios durante sus viajes en días laborales (de lunes a viernes), con el objetivo de determinar la implicancia en distintas variables en la elección de un medio u otro.

Se consideraron dos opciones para plantear el modelo, en el Caso 1, los parámetros para las variables de utilidad son generales para todas estas sin importar la alternativa de transporte elegida y en el Caso 2 se consideraron, además, variables socioeconómicas.

**Tabla 3.8: Variables que se incluyen en el modelo.**

Variables	Descripción	Unidad	Mínimo	Máximo
<b>General</b>				
$x_{edad}$	Edad del usuario	-	18	< 65
$x_{femenino}$	El usuario se identifica con el sexo femenino	Booleano		
$x_{trabajo}$	El propósito del usuario es ir al trabajo	Booleano		
$x_{estudio}$	El propósito del usuario es ir a estudiar	Booleano		
$x_{ingreso}$	Ingreso familiar neto del usuario	-	> \$ 400.000	< \$1.200.000
$x_{costo}$	Costo del viaje	Miles de CLP	0	64,25
$x_{TT}$	Tiempo de viaje por modo de transporte	Minutos	0	820
<b>Específica para bicicleta</b>				
$x_{avciclovias}$	Ciclovías en la zona de origen del viaje	Kilómetros	0	16,33

Fuente: Elaboración propia.

### 3.5.1. Caso 1

Para este caso, se consideran las 7 alternativas de modo de transporte y 3 variables, los cuales son el tiempo, costo y la disponibilidad de ciclovías. En la Tabla 3.9, se pueden apreciar las variables y parámetros del modelo del Caso 1.

**Tabla 3.9: Resumen variables y parámetros Caso 1.**

<b>Variables</b>	$x_{costo,auto}$ , $x_{costo,moto}$ , $x_{costo,bici}$ , $x_{costo,bus}$ , $x_{costo,taxi}$ , $x_{costo,biotren}$ , $x_{costo,caminar}$ , $x_{TT,auto}$ , $x_{TT,moto}$ , $x_{TT,bici}$ , $x_{TT,bus}$ , $x_{TT,taxi}$ , $x_{TT,biotren}$ , $x_{TT,caminar}$ , $x_{avciclovias}$ .
<b>Parámetros</b>	$\beta_{auto}$ , $\beta_{moto}$ , $\beta_{bici}$ , $\beta_{bus}$ , $\beta_{taxi}$ , $\beta_{biotren}$ , $\beta_{caminar}$ , $\beta_{costo}$ , $\beta_{TT}$ , $\beta_{ciclovias,bici}$ .

Fuente: Elaboración propia.

A continuación, se presentan las funciones de utilidad para el Caso 1:

$$U_{auto} = \beta_{auto} + \beta_{costo} \cdot x_{costo,auto} + \beta_{TT} \cdot x_{TT,auto} \quad (6)$$

$$U_{moto} = \beta_{moto} + \beta_{costo} \cdot x_{costo,moto} + \beta_{TT} \cdot x_{TT,moto} \quad (7)$$

$$U_{bici} = \beta_{bici} + \beta_{costo} \cdot x_{costo,bici} + \beta_{TT} \cdot x_{TT,bici} + \beta_{ciclovias,bici} \cdot x_{avciclovias} \quad (8)$$

$$U_{bus} = \beta_{bus} + \beta_{costo} \cdot x_{costo,bus} + \beta_{TT} \cdot x_{TT,bus} \quad (9)$$

$$U_{taxi} = \beta_{taxi} + \beta_{costo} \cdot x_{costo,taxi} + \beta_{TT} \cdot x_{TT,taxi} \quad (10)$$

$$U_{biotren} = \beta_{biotren} + \beta_{costo} \cdot x_{costo,biotren} + \beta_{TT} \cdot x_{TT,biotren} \quad (11)$$

$$U_{caminar} = \beta_{caminar} + \beta_{costo} \cdot x_{costo,caminar} + \beta_{TT} \cdot x_{TT,caminar} \quad (12)$$

### 3.5.2. Caso 2

La diferencia entre el Caso 2 con respecto al Caso 1 es que para el Caso 2 se incluyen factores socioeconómicos.

**Tabla 3.10: Resumen variables y parámetros Caso 2.**

<b>VARIABLES</b>	$x_{costo,auto}$ , $x_{costo,moto}$ , $x_{costo,bici}$ , $x_{costo,bus}$ , $x_{costo,taxi}$ , $x_{costo,biotren}$ , $x_{costo,caminar}$ , $x_{TT,auto}$ , $x_{TT,moto}$ , $x_{TT,bici}$ , $x_{TT,bus}$ , $x_{TT,taxi}$ , $x_{TT,biotren}$ , $x_{TT,caminar}$ , $x_{femenino}$ , $x_{ingreso}$ , $x_{edad1}$ , $x_{trabajo}$ , $x_{avciclovias}$ .
<b>PARÁMETROS</b>	$\beta_{auto}$ , $\beta_{moto}$ , $\beta_{bici}$ , $\beta_{bus}$ , $\beta_{taxi}$ , $\beta_{biotren}$ , $\beta_{caminar}$ , $\beta_{costo}$ , $\beta_{fem\_TT}$ , $\beta_{ingresobajo,bici}$ , $\beta_{ingresoalto,bici}$ , $\beta_{edad1,bus}$ , $\beta_{trabajo,auto}$ , $\beta_{estudio,bus}$ , $\beta_{ciclovias,bici}$ .

Fuente: Elaboración propia.

A continuación, se presentan las funciones de utilidad para el Caso 2:

$$U_{auto} = \beta_{auto} + \beta_{costo} \cdot x_{costo,auto} + \beta_{fem\_TT} \cdot x_{femenino} \cdot x_{TT,auto} + \beta_{trabajo,auto} \cdot x_{trabajo} \quad (13)$$

$$U_{moto} = \beta_{moto} + \beta_{costo} \cdot x_{costo,moto} + \beta_{fem\_TT} \cdot x_{femenino} \cdot x_{TT,moto} \quad (14)$$

$$U_{bici} = \beta_{bici} + \beta_{costo} \cdot x_{costo,bici} + \beta_{fem\_TT} \cdot x_{femenino} \cdot x_{TT,bici} + \beta_{ingresobajo,bici} \cdot x_{ingresobajo} + \beta_{ingresobajo,bici} \cdot x_{ingresoalto} + \beta_{ciclovias,bici} \cdot x_{avciclovias} \quad (15)$$

$$U_{bus} = \beta_{bus} + \beta_{costo} \cdot x_{costo,bus} + \beta_{fem\_TT} \cdot x_{femenino} \cdot x_{TT,bus} + \beta_{edad1,bus} \cdot x_{edad1} + \beta_{estudio,bus} \cdot x_{estudio} \quad (16)$$

$$U_{taxi} = \beta_{taxi} + \beta_{costo} \cdot x_{costo,taxi} + \beta_{fem\_TT} \cdot x_{femenino} \cdot x_{TT,taxi} \quad (17)$$

$$U_{biotren} = \beta_{biotren} + \beta_{costo} \cdot x_{costo,biotren} + \beta_{fem\_TT} \cdot x_{femenino} \cdot x_{TT,biotren} \quad (18)$$

$$U_{caminar} = \beta_{caminar} + \beta_{costo} \cdot x_{costo,caminar} + \beta_{fem\_TT} \cdot x_{femenino} \cdot x_{TT,caminar} \quad (19)$$

No es posible determinar todas las constantes específicas, en consecuencia,  $\beta_{bici}$  tanto para el Caso 1 como para el Caso 2, se normaliza a cero.

## 4. Resultados

En este capítulo, se analizarán los resultados obtenidos a partir del modelamiento de las variables para ambos casos presentados en la metodología mediante su ejecución en el lenguaje de programación Python. Se busca mostrar el significado de los parámetros estimados para así posteriormente determinar su significancia y realizar conclusiones al respecto.

### 4.1. Ejecución del modelo

Para ejecutar el modelo, se utilizaron las bibliotecas de Biogeme y Pandas en Python. La biblioteca de Biogeme, creada por Michel Bierlaire (2023) proporciona varios métodos y ejemplos para la creación de modelos de elección discreta, los cuales sirvieron de base para la ejecución los modelos planteados anteriormente.

### 4.2. Estimaciones

A continuación, se muestra una tabla que presenta un resumen de los valores obtenidos en los parámetros de las ecuaciones de utilidad:

Tabla 4.1: Resumen estimaciones del Caso 1.

Parámetro	Valor	Error estándar	t-test	Significancia
$\beta_{auto}$	2,14	0,118	18,4	*
$\beta_{moto}$	-1,78	0,213	-8,35	*
$\beta_{bici}$	0	-	-	
$\beta_{bus}$	2,99	0,117	25,4	*
$\beta_{taxi}$	1,23	0,148	8,35	*
$\beta_{biotren}$	-1,48	0,194	-7,65	*
$\beta_{caminar}$	2,04	0,127	16	*
$\beta_{costo}$	-0,097	0,0152	-6,35	*
$\beta_{TT}$	-0,00421	0,000317	-13,3	*
$\beta_{ciclovias,bici}$	0,023	0,0123	1,88	
LL (final)	-8.316,7			
N° parámetros	9			
AIC	16.651,4			
BIC	16.712,41			

Nota: \* significativo  $P \leq 0,05$ .

Fuente: Elaboración propia.

Como se mencionó anteriormente, la constante modal específica de la bicicleta ( $\beta_{bici}$ ) fue normalizada a cero.

**Tabla 4.2: Resumen estimaciones del Caso 2.**

<b>Parámetro</b>	<b>Valor</b>	<b>Error estándar</b>	<b>Rob. t-test</b>	
$\beta_{auto}$	1,43	0,187	7,64	*
$\beta_{moto}$	-1,68	0,237	-7,09	*
$\beta_{bici}$	0	-	-	
$\beta_{bus}$	2,78	0,159	17,5	*
$\beta_{taxi}$	1,16	0,179	6,46	*
$\beta_{biotren}$	-1,36	0,219	-6,2	*
$\beta_{caminar}$	1,87	0,16	11,7	*
$\beta_{costo}$	-0,0682	0,0122	-5,6	*
$\beta_{fem\_TT}$	-0,00238	0,000277	-8,61	*
$\beta_{ingresobajo,bici}$	0,528	0,161	3,27	*
$\beta_{ingresoalto,bici}$	-0,549	0,19	-2,9	*
$\beta_{edad1,bus}$	0,55	0,0794	6,94	*
$\beta_{trabajo,auto}$	0,907	0,117	7,72	*
$\beta_{estudio,bus}$	0,495	0,0883	5,61	*
$\beta_{ciclovias,bici}$	0,0299	0,012	2,49	*
LL (final)	-8.104,94			
Nº parámetros	14			
AIC	16.237,88			
BIC	16.332,78			

Nota: \* significativo  $P \leq 0,05$ .

Fuente: Elaboración propia.

### 4.3. Interpretación

En gran parte, los resultados obtenidos pueden ser interpretados de manera intuitiva considerando el planteamiento mostrado anteriormente con respecto a las funciones de utilidad, sin embargo, en los siguientes párrafos se guía una forma de analizarlos.

Para el Caso 1, no se encontró significancia en el valor p para  $\beta_{ciclovias}$  por lo que concluir al respecto podría generar un error en la estimación del modelo, por otro lado, para el Caso 2 sí se encontró significancia en  $\beta_{ciclovias}$ , lo cual puede interpretarse de manera que un aumento en la disponibilidad de ciclovías podría aumentar la probabilidad de que los usuarios elijan la bicicleta por sobre los demás medios de transporte, al igual que lo evidenciado en el estudio de “Effect of Bicycle



Facilities on Travel Mode Choice Decisions” de Rowangould y Tayarani (2016), un incremento en las ciclovías puede aumentar la proporción del uso de bicicletas como medio de transporte.

Por otro lado, un ingreso bajo puede influenciar la probabilidad de elegir la bicicleta. Pucher, J., & Buehler, R. (2006) compararon la cantidad de viajes en bicicleta en Canadá con respecto a Estados Unidos, donde vieron que los canadienses andan aproximadamente 3 veces más en bicicleta que los estadounidenses. Concluyeron que dentro de los factores que pueden influenciar esto es que el costo de poseer y conducir un automóvil es considerablemente más alto en Canadá, mientras que los ingresos promedios son más bajos en este país con respecto a Estados Unidos, lo que hace que el automóvil sea menos asequible para los usuarios y favorece alternativas como el transporte público, caminar o andar en bicicleta. Un ingreso alto tiene un signo negativo en la utilidad de la bicicleta por lo que puede encontrarse una menor utilidad cuando los usuarios tienen mayores niveles de ingreso y por implicancia una menor probabilidad de elegir la bicicleta como medio de transporte, como se vio anteriormente con la comparación de Estados Unidos y Canadá.

Como era de esperarse, el incremento del costo y tiempo puede generar una disminución en la utilidad de elección de los distintos modos de transporte. Como mencionan Ha et al., 2020: “las características del viaje, incluidos el tiempo y costo de viaje, así como las cargas de tránsito, afectan las decisiones de elección del modo (Asensio, 2002, Frank et al., 2008, Yang et al., 2018)”

Ser mujer y un incremento en el tiempo puede generar una menor utilidad. Los motivos de la aseveración anterior pueden estar ligados múltiples causas y factores, por ejemplo, Roberts et al., 2011, con su investigación encontraron que aunque las mujeres pasen un poco menos de tiempo desplazándose y significativamente menos tiempo trabajando en comparación con los hombres, su salud psicológica se ve afectada de manera negativa por los desplazamientos en contraste a los hombres que, en general, no se ven afectados. Por otro lado, los viajes pueden darse en cualquier momento del día, tanto en la mañana, en la tarde o en la noche, sin embargo, las mujeres pueden presentar mayor inmovilidad en las noches inducido por el miedo, tal como plantean Zhang et al., 2022, quienes aseveran que “la vulnerabilidad de las mujeres al miedo puede excluirlas de la economía nocturna”.

Cuando el motivo para utilizar el automóvil es ir al trabajo, se puede apreciar una disposición en incrementar el uso de este. El uso de bus como medio de transporte puede verse asociado a la edad que tiene el usuario, si se encuentra en el rango de 18 a 24 años tiene una mayor tendencia a elegirlo

por sobre los otros medios de transporte, de igual manera, que el motivo del viaje sea estudiar también genera una mayor probabilidad de que sea escogido, lo cual puede deberse a la gran presencia de estudiantes en ese rango etario, quienes poseen beneficios estatales como la rebaja del pasaje para estudiantes (División de Transporte Público Regional, 2017).

#### **4.4. Limitaciones**

Para el desarrollo de esta memoria y el ajuste de los datos para que puedan ser interpretados por el modelo, se realizaron cálculos basados en información que no entrega directamente la base de datos, es por esto por lo que el modelo puede tener una serie de limitaciones las cuales se mencionan a continuación:

- No hay Biotren para todas las direcciones desde el punto de origen hacia el destino por lo que la percepción de este método puede verse afectada de acuerdo con la suposición de que existe esta alternativa de transporte para todos los viajes.
- La suposición y estandarización de las variables de costo y tiempo en las muestras observadas pueden generar errores de asociación.
- La disponibilidad de ciclovías se considera de acuerdo únicamente a las ciclovías disponibles para la zona de origen del viaje y no considera como punto el origen y el destino como tal para enlazar esta forma a la verdadera disponibilidad de ciclovías que se tiene en el camino de la persona.
- Se puede originar un sesgo en la interpretación del modelo debido a la falta de variables clave con respecto a la percepción de las personas, tales como las características racionales-emotivas a la hora de tomar decisiones. En la base de datos no hay una forma de conocer la opinión de las personas con respecto a por qué eligen un medio de transporte por sobre el otro, por lo que el análisis puede verse limitado según estas características.

## 5. Conclusiones

La bicicleta es un medio de transporte y de recreación ecológico que reduce el sedentarismo y aporta múltiples beneficios a la salud física y socioemocional de los usuarios, promoviendo un estilo de vida más sustentable y saludable.

Su uso como medio de transporte en Chile, particularmente en el Gran Concepción, se ha visto mermado debido a la baja sensación de seguridad que perciben las personas que realizan viajes en el GC. Comparado con otros países, Chile es uno de los que menos seguridad percibe en su uso, por lo que para esta memoria se buscó determinar las principales causas que generan esta sensación de inseguridad en los usuarios, de las cuales se destacan la falta de cultura ciclovitaria en la zona y la falta de ciclovías y ciclorutas que hagan más fácil el transitar de las bicicletas.

Con las estimaciones obtenidas en el MNL con respecto a la EOD 2015, se encontró que existe una relación de significancia en la variación de ciclovías con respecto al uso de la bicicleta. Se puede ver que, al aumentar la cantidad de ciclovías disponibles en la comuna de origen del viaje, el usuario percibe una mayor utilidad para este medio de transporte, lo cual incrementa su probabilidad de elegirlo por sobre los demás.

A pesar de las conclusiones obtenidas por el modelo, los resultados pueden verse perjudicados por ciertos factores, uno de ellos es que los datos corresponden a una encuesta realizada hace 9 años, lo cual puede generar menos representatividad con respecto a si la encuesta fuese más reciente. Además, mediante los mapas ilustrativos, se pudo apreciar el gran aumento de ciclovías que ha tenido el GC en los últimos años, por lo que sería interesante comparar los resultados obtenidos con los de una nueva EOD en la zona, para ver cómo se relacionan estos y si se mantiene la misma interpretación.

Por otro lado, el ser humano al poseer raciocinio puede tomar decisiones en base a cómo estas decisiones lo hacen sentir. En la base de datos de la EOD, se desconocen las razones u opiniones de porqué los usuarios elijen un medio de transporte por sobre otro, lo que crea una gran gama de posibilidades desconocidas sobre los motivos personales que influyen en sus decisiones, por ejemplo, su conciencia medioambiental, el auto que utiliza, el prestigio que se asocia a la marca del auto que tiene, sus convicciones, la presencia de áreas verdes en su zona de origen y destino, su disposición a pago, entre muchos otros. El MNL planteado trata de abarcar de manera general las condiciones no observadas, sin embargo, estas podrían verse subestimadas si se consideran las infinitas posibilidades

limitadas a la percepción del usuario, por lo que sería interesante analizar los motivos que los rigen, mediante nuevas encuestas para contrastar cómo estas variables, que no se encuentran en el modelo planteado pueden influir en la toma de decisiones de los usuarios y de esta manera disminuir aún más la brecha entre lo real y lo estimado.

Durante los últimos años, se ha visto una activa preocupación de los gobiernos por ser más verdes, con diversos proyectos que promueven la disminución de la contaminación ambiental, un menor desperdicio de los recursos y una mayor conciencia del cuidado del medio ambiente, sin embargo, queda mucho por avanzar en cuanto a esta materia, es por esto que es importante indagar en nuevos desafíos que aporten al desarrollo de un país más sustentable.

Se insta a los futuros gobiernos a considerar nuevas ciclorutas para otras localidades además del Gran Concepción, Gran Santiago y Gran Valparaíso, puesto que para mejorar la cultura ciclovitaria en el país es importante involucrar nuevos lugares a parte de las grandes ciudades. Además de la necesidad de nuevas ciclovías que promuevan el uso de la bicicleta en el Gran Concepción, se necesitan medidas que potencien su uso, por ejemplo, la existencia de lugares seguros donde estacionar las bicicletas para que estas no sean robadas, tiene un efecto positivo en el incremento de su uso (Maldonado-Hinajeros et al., 2014). La creación de ciclovías en calles principales tales como Los Carrera o Paicaví podría generar un incremento en la percepción de seguridad de las personas y conectar gran parte de los usuarios con sus destinos, considerando el gran tránsito que tienen estas calles a diario.

Como se ha visto en otras ciudades, que las comunas dispongan de préstamos de este medio de transporte, ya sean municipales o a modo de subcontratación de una empresa, permitiría establecer un sistema de bicicletas compartidas donde las personas puedan alquilarlas por periodos cortos de tiempo a precios asequibles facilitando el acceso a estas para quienes no tengan una propia.

Incrementar regulaciones que promueven la seguridad de los ciclistas también potencia el uso de la bicicleta, como se puede ver en grandes ciudades de otros países, como es el caso de Ámsterdam. Implementar límites de velocidad más bajos en zonas de alta concurrencia automovilística y leyes que protegen a los ciclistas en caso de accidentes de tránsito ayudaron en la promoción de la seguridad de sus usuarios hasta transformarla en la ciudad ciclista que se conoce hoy en día.

Por otra parte, la educación ciclista juega un rol importante en la promoción de la bicicleta. Implementar programas educativos y campañas de concientización como se ha hecho en París ha tenido un gran impacto en el uso de la bicicleta en la capital francesa. Fomentar el respeto entre conductores, peatones y ciclistas podría generar grandes cambios. Por ejemplo, a la hora de obtener licencia de conducir, sería importante que los conductores de automóviles conozcan además de las leyes de tránsito por las que se rigen con quienes comparten las calles. La educación a los más pequeños puede generar grandes cambios si se considera que son las generaciones futuras.

Apoyar iniciativas locales y comunitarias por parte de las municipalidades a través del financiamiento de actividades que promuevan el uso de la bicicleta ayudaría ampliamente a dar una mayor visibilidad a los ciclistas, generando un mayor interés y conocimiento público, además de impulsar a más personas a sumarse en estos movimientos.

La investigación presentada aporta en la discusión de la necesidad de fomentar medios de transporte no convencionales que promuevan un país más ecológico, con menor congestión de tráfico y preocupado de la salud de sus habitantes. Es fundamental la creación de políticas públicas que permitan la coordinación y articulación entre los ministerios de transporte, salud y educación, que promuevan e inviertan recursos para un adecuado uso de la bicicleta, permitiendo que Chile avance en este ámbito como lo han hecho los demás países desarrollados.

Así como esta investigación se basa en el uso de la bicicleta como medio de transporte sería importante y necesario estudiar nuevas tecnologías de bajas emisiones. La investigación podría extrapolarse de manera sencilla a un nuevo medio de transporte como lo son los scooter eléctricos, los cuales de igual manera tienen una baja contaminación y de a poco van teniendo una mayor presencia en nuestra sociedad.

## **6. Glosario**

CEDEUS: Centro de Desarrollo Urbano Sostenible.

CONASET: Comisión Nacional de Seguridad de Tránsito.

EOD: Encuesta Origen-Destino. Estudio de los viajes que realizan las personas. La última realizada en el GC fue el año 2015.

EPA: Environmental Protection Agency.

GC: comunas del Gran Concepción excluyendo la comuna de Florida.

IEA: International Energy Agency.

INE: Instituto Nacional de Estadísticas.

MINVU: Ministerio de Vivienda y Urbanismo.

MNL: Multinomial Logit o Modelo Logit Múltiple.

MTT: Ministerio de Transporte y Telecomunicaciones.

OCDE: Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico.

OMS: Organización Mundial de la Salud.

SECTRA: Programa de Vialidad y Transporte Urbano. Es un organismo técnico especializado en planificación de transporte y es parte del Ministerio de Transporte y Telecomunicaciones.

UE: Unión Europea.

## 7. Referencias

- Akiva, M. E., & Lerman, S. R. (1985). *Discrete choice analysis: theory and application to predict travel demand*. Cambridge London.
- Asensio, J. (2002). Transport mode choice by commuters to Barcelona's CBD. *Urban Studies*, 1881-1895.
- Benites, L. (9 de enero de 2022). *Statologos*. Obtenido de <https://statologos.com/modelos-de-eleccion-discreta/>
- Bennett, P. (28 de octubre de 2021). *World Economic Forum*. Obtenido de <https://www.weforum.org/agenda/2021/10/paris-plans-completely-cyclable-by-2026/>
- Biblioteca del Congreso Nacional de Chile. (24 de febrero de 2022). *BCN*. Obtenido de <https://www.bcn.cl/leychile/navegar?idNorma=1173033>
- Bicivías. (2023). *Ciclovías Concepción: MAPA y PROYECTOS del 2023*. Obtenido de <https://bicivias.cl/concepcion/>
- Bierlaire, M. (2023). *Biogeme*. Obtenido de <https://biogeme.epfl.ch/>
- Bikester. (s.f.). *Bikester*. Obtenido de <https://www.bikester.es/info/historia-bicicleta/#1800>
- Cabezas, D. (6 de noviembre de 2020). *Ciclosfera*. Obtenido de <https://ciclosfera.com/a/como-amsterdam-convirtio-paraiso-bicicleta>
- CEDEUS. (10 de enero de 2024). *CEDEUS*. Obtenido de <https://www.cedeus.cl/sobre-nosotros/el-centro/>
- Censo. (2017). Obtenido de <http://www.censo2017.cl/descargue-aqui-resultados-de-comunas/>
- Charpentier, M. (18 de febrero de 2016). *Biobío Chile*. Obtenido de <https://www.biobiochile.cl/noticias/2016/02/18/dan-a-conocer-nueva-tarjeta-y-el-detalle-de-tarifas-para-el-biotren-a-coronel.shtml>
- Cifuentes, C. (3 de julio de 2021). París en bici: La capital francesa se transforma en la ciudad de las ciclovías. *La Tercera*. Obtenido de <https://www.latercera.com/la-tercera->

- domingo/noticia/paris-en-bici-la-capital-francesa-se-transforma-en-la-ciudad-de-las-ciclovias/NS6UCPBYNNFXFCLLDPB5DME7G4/
- CNN. (19 de junio de 2019). *CNN Chile*. Obtenido de [https://www.cnnchile.com/mundo/holandacultura-ciclista-bicicletas\\_20190616/](https://www.cnnchile.com/mundo/holandacultura-ciclista-bicicletas_20190616/)
- CodigosDTC. (2021). *Emisión de gases contaminantes en coches*. Obtenido de <https://codigosdte.com/blog/emision-de-gases-contaminantes-en-coches/>
- Comisión Nacional de Energía. (s.f.). *Hidrocarburos*. Obtenido de [http://energiaabierta.cl/categorias-estadistica/hidrocarburos/?sf\\_paged=2](http://energiaabierta.cl/categorias-estadistica/hidrocarburos/?sf_paged=2)
- CONASET. (s.f.). Obtenido de [https://conaset.cl/manualsenalizacion/document/Capitulo6\\_FacilidadesExplicitas.pdf](https://conaset.cl/manualsenalizacion/document/Capitulo6_FacilidadesExplicitas.pdf)
- CONASET. (s.f.). Obtenido de <https://www.conaset.cl/preguntas-velocidad/>
- CONASET. (7 de noviembre de 2019).
- CONASET. (2022). Obtenido de [https://view.officeapps.live.com/op/view.aspx?src=https%3A%2F%2Fwww.conaset.cl%2Fwp-content%2Fuploads%2F2023%2F05%2Festad%25C3%25ADsticass\\_seg%25C3%25BAn\\_tipo\\_usuario2002\\_2022.xlsx&wdOrigin=BROWSELINK](https://view.officeapps.live.com/op/view.aspx?src=https%3A%2F%2Fwww.conaset.cl%2Fwp-content%2Fuploads%2F2023%2F05%2Festad%25C3%25ADsticass_seg%25C3%25BAn_tipo_usuario2002_2022.xlsx&wdOrigin=BROWSELINK)
- CONASET. (s.f.). *Ciclovías*. Obtenido de <https://conaset.cl/area-infraestructura/ciclovias/>
- Cycle City México. (2021). *Cycle City*. Obtenido de <https://www.cyclecity.mx/inventor-de-la-bicicleta-karl-von-drais/primer-bicicleta-2/>
- DataScope. (8 de junio de 2017). *Tras la renovación de la encuesta origen destino*. Obtenido de <https://datascope.io/es/blog/tras-la-renovacion-de-la-encuesta-origen-destino/>
- División de Transporte Público Regional. (2017). *Rebaja de Tarifa*. Obtenido de <https://www.dtp.r.gov.cl/rebajatarifas>
- Dorval, C. (21 de octubre de 2021). *Paris*. Obtenido de <https://www.paris.fr/pages/un-nouveau-plan-velo-pour-une-ville-100-cyclable-19554>



- ECF. (2022). *The state of national cycling strategies in Europe*. EUROPEAN CYCLISTS' FEDERATION. Obtenido de [https://ecf.com/system/files/The\\_state\\_of\\_national\\_cycling\\_strategies\\_second\\_edition\\_2022.pdf](https://ecf.com/system/files/The_state_of_national_cycling_strategies_second_edition_2022.pdf)
- Emol. (16 de enero de 2019). *Noticias*. Obtenido de <https://www.emol.com/noticias/Nacional/2019/01/16/934523/Mas-de-la-mitad-de-los-ciclistas-en-Santiago-circul>
- EPA. (15 de febrero de 2023). *United States Environmental Protection Agency*. Obtenido de <https://www.epa.gov/ghgemissions/global-greenhouse-gas-emissions-data#Gas>
- Explora Holanda. (22 de septiembre de 2023). *ExploraHolanda.com*. Obtenido de <https://exploraholanda.com/blog/groningen-un-tesoro-del-norte-de-los-paises-bajos/>
- Fourneris, C. (19 de mayo de 2021). Cada vez más ejecutivos en bicicleta por París como consecuencia de la pandemia. *Euronews*. Obtenido de <https://es.euronews.com/2021/05/19/cada-vez-mas-ejecutivos-en-bicicleta-por-paris-como-consecuencia-de-la-pandemia>
- Frank, L., Bradley, M., Kavage, S., Chapman, J., & Lawton, T. K. (2008). Urban form, travel time, and cost relationships with tour complexity and mode choice. *Transportation*, 37-54.
- Ha, J., Lee, S., & Ko, J. (2020). Unraveling the impact of travel time, cost, and transit burdens on commute mode choice for different income and age groups. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 147-166. doi:<https://doi.org/10.1016/j.tra.2020.07.020>
- Harms, L., Bertolini, L., & Brömmelstroet, M. T. (2016). Performance of Municipal Cycling Policies in Medium-Sized Cities in the Netherlands since. *Transport Reviews*. doi:[10.1080/01441647.2015.1059380](https://doi.org/10.1080/01441647.2015.1059380)
- Hearst Magazines International. (29 de octubre de 2022). *Runner's World*. Obtenido de <https://www.runnersworld.com/es/training/a41751912/cual-es-velocidad-media-para-andar-trotar/>
- IEA. (21 de diciembre de 2023). *Energy Statistics Data Browser*. Obtenido de <https://www.iea.org/data-and-statistics/data-tools/energy-statistics-data-browser?country=WORLD&fuel=Energy%20supply&indicator=TESbySource>

- INE. (2015). *Parque de vehículos en circulación 2015*. Obtenido de [https://view.officeapps.live.com/op/view.aspx?src=https%3A%2F%2Fwww.ine.gob.cl%2Fdocs%2Fdefault-source%2Fparque-de-vehiculos%2Fcua-dros-estadisticos%2Fresultados%2F2015.xlsx%3Fsfvrsn%3D61d5e5bd\\_2&wdOrigin=BROWSE](https://view.officeapps.live.com/op/view.aspx?src=https%3A%2F%2Fwww.ine.gob.cl%2Fdocs%2Fdefault-source%2Fparque-de-vehiculos%2Fcua-dros-estadisticos%2Fresultados%2F2015.xlsx%3Fsfvrsn%3D61d5e5bd_2&wdOrigin=BROWSE)  
LINK
- Infomecánicos. (29 de mayo de 2023). *Infomecánicos*. Obtenido de <https://infomecnicos.com.mx/cuanto-rinde-una-moto-km-por-litro/?contenido=1>
- IPCC. (2014). *Cambio climático 2014: Mitigación del cambio climático*. IPCC. Obtenido de [https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/03/WGIIIAR5\\_SPM\\_TS\\_Volume\\_es-1.pdf](https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/03/WGIIIAR5_SPM_TS_Volume_es-1.pdf)
- Ipsos. (24 de mayo de 2022). *"Pedaleando" hacia la sostenibilidad: el 64% de la población mundial, a favor de priorizar las bicicletas*. Obtenido de [https://www.ipsos.com/es-es/Dia\\_Mundial\\_de\\_la\\_Bicicleta\\_2022\\_Ipsos](https://www.ipsos.com/es-es/Dia_Mundial_de_la_Bicicleta_2022_Ipsos)
- Ipsos. (2022, mayo). *Cycling across the world*. Retrieved from <https://www.ipsos.com/sites/default/files/ct/news/documents/2022-05/Global%20Advisor-Cycling%20Across%20the%20World-2022%20Report.pdf>
- La Tercera. (12 de diciembre de 2015). *Plataforma Urbana*. Obtenido de <https://www.plataformaurbana.cl/archive/2015/12/12/tarifa-del-transporte-publico-en-concepcion-baja-20-en-un-ano/>
- Lee, D., Derrible, S., & Pereira, & F. (2018). *Comparison of Four Types of Artificial Neural Network and a Multinomial Logit Model for Travel Mode Choice Modeling*. Transportation Research Record. doi:<https://doi.org/10.1177/036119811879697>
- Maldonado-Hinajeros, R., Sivakumar, A., & Polak, J. (2014). *Exploring the role of individual attitudes and perceptions in predicting the demand for cycling: a hybrid choice modelling approach*. Transportation. Springer. doi:10.1007/s11116-014-9551-4
- Marton, A. (15 de julio de 2016). *Plataforma Urbana*. Obtenido de <https://www.plataformaurbana.cl/archive/2016/07/15/houten-la-ciudad-holandesa-que-fue-disenada-para-peaton-es-y->

ciclistas/#:~:text=Hoy%2C%20la%20urbe%20cuenta%20con%20129%20kil%C3%B3metros%20de,ciudad%20son%20realizados%20a%20pie%20o%20en%20bici.

McFadden, D. (1973). *Conditional Logit Analysis of Qualitative Choice Behavior*. Obtenido de <https://escholarship.org/content/qt61s3q2xr/qt61s3q2xr.pdf>

McFadden, D. (1974). *Conditional logit analysis of qualitative choice behavior*. New York: Academic Press.

Ministerio de Energía. (s.f.). *Consumo vehicular*. Obtenido de <https://www.consumovehicular.cl/comparador#/>

Ministerio de Transportes y Telecomunicaciones. (9 de abril de 2021). Obtenido de MTT: <https://www.mtt.gob.cl/archivos/28458>

Miño, C. (30 de junio de 2016). *Biobío Chile*. Obtenido de <https://www.biobiochile.cl/noticias/nacional/region-del-bio-bio/2016/06/30/son-los-taxis-de-concepcion-los-mas-caros-de-chile.shtml>

OMS. (5 de octubre de 2022). *Organización Mundial de la Salud*. Obtenido de <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/climate-change-and-health>

OMS, Watts, N. et al. (2015). *Health and climate change: policy responses to protect public health*. Obtenido de <https://ore.exeter.ac.uk/repository/bitstream/handle/10871/17695/Health%20and%20Climate%20Change.pdf;jsessionid=1AAA08B9E8C355A83A61C222C87C4A72?sequence=3>

Ortuzar, J. (1998). *Modelos de demanda de transporte*. Ediciones Universidad Católica de Chile.

Ortúzar, J. d. (2012). *Modelos de demanda de transportes*. Ediciones UC. Obtenido de <http://www.jstor.org/stable/j.ctt1bhkpvq>

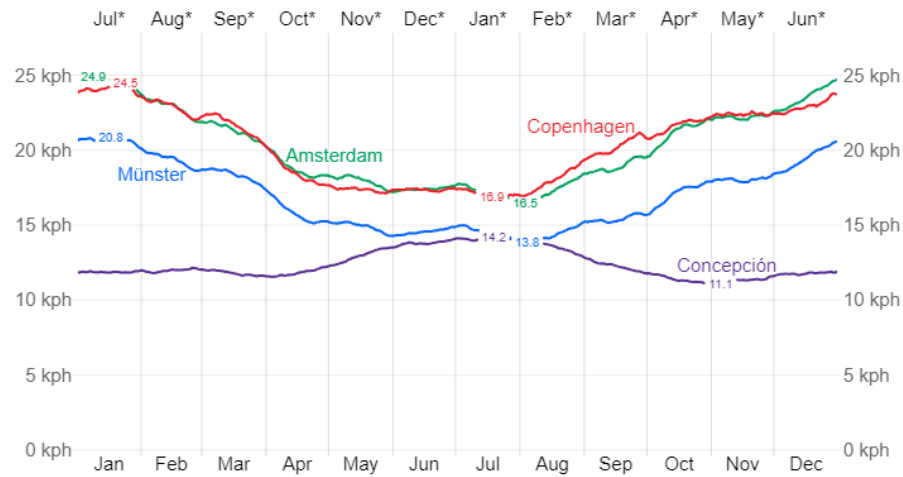
P. Oja et al. (18 de abril de 2011). Health Benefits of cycling: A Systematic review. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 496-509. Recuperado el 14 de agosto de 2023, de <https://doi.org/10.1111/j.1600-0838.2011.01299.x>

- Patricio Salas, R. D. (2022). *A systematic comparative evaluation of machine learning classifiers and discrete choice models for travel mode choice in the presence of response heterogeneity*. doi:<https://doi.org/10.1016/j.eswa.2021.116253>
- Pucher, J., & Buehler, R. (2006). *Why Canadians cycle more than Americans: A comparative analysis of bicycling trends and policies*. doi:<https://doi.org/10.1016/j.tranpol.2005.11.001>
- Pucher, J., & Buehler, R. (2008). Making Cycling Irresistible: Lessons from The Netherlands, Denmark and Germany. *Transport Reviews*. doi:10.1080/01441640701806612
- Pucher, J., & Dijkstra, L. (2003). Promoting safe walking and cycling to improve public health: Lessons from the Netherlands and Germany. *American Journal of Public Health*.
- Radio Biobío. (2 de marzo de 2015). *Biobío Chile*. Obtenido de <https://www.biobiochile.cl/noticias/2015/03/02/comienzo-a-regir-nueva-tarifa-escolar-en-el-gran-concepcion.shtml>
- Roberts, J., Hodgson, R., & Dolan, P. (2011). “It's driving her mad”: Gender differences in the effects of commuting on psychological health. *Journal of Health Economics*, 1064-1076. doi:<https://doi.org/10.1016/j.jhealeco.2011.07.006>
- Rowangould, G. T. (2016). *Effect of Bicycle Facilities on Travel Mode Choice Decisions*. *Journal of Urban Planning and Development*. Obtenido de [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)UP.1943-5444.0000341](https://doi.org/10.1061/(ASCE)UP.1943-5444.0000341)
- Salas, P., Fuente, R. D., Astroza, S., & Carrasco, J. A. (2022). *A systematic comparative evaluation of machine learning classifiers and discrete choice models for travel mode choice in the presence of response heterogeneity*. doi:<https://doi.org/10.1016/j.eswa.2021.116253>
- SECTRA. (2001). *Encuesta Origen Destino de Viajes*. Obtenido de [https://www.subtrans.gob.cl/subtrans/doc/estadisticas-EOD2001\\_Informe\\_Difusion.pdf](https://www.subtrans.gob.cl/subtrans/doc/estadisticas-EOD2001_Informe_Difusion.pdf)
- SECTRA. (2017). *Actualización Plan de Transporte del Gran Concepción, Etapa I*. Obtenido de [www.sectra.gob.cl](http://www.sectra.gob.cl)
- SECTRA. (2017). *Plan de Movilidad Gran Concepción 2050*. Obtenido de [https://movilidadgranconce2050.cl/file/11\\_Viajes\\_GC.pdf](https://movilidadgranconce2050.cl/file/11_Viajes_GC.pdf)

- SECTRA. (s.f.). *Planes de Transporte Urbano*. Obtenido de [https://www.sectra.gob.cl/planes\\_transporte\\_urbano/planes\\_stu.htm](https://www.sectra.gob.cl/planes_transporte_urbano/planes_stu.htm)
- Sönnichsen, N. (13 de diciembre de 2023). *Statista*. Obtenido de <https://www.statista.com/statistics/307194/top-oil-consuming-sectors-worldwide/>
- Stouhi, D. (8 de noviembre de 2021). *ArchDaily*. Obtenido de <https://www.archdaily.cl/cl/971470/paris-se-convertira-en-una-de-las-ciudades-mas-amigables-del-mundo-con-las-bicicletas-para-2026>
- The Clinic. (24 de mayo de 2022). *Estudio reveló que en Chile se desea mejor infraestructura para andar en bicicleta, pero la mayoría de las personas lo considera “demasiado peligroso”*. Obtenido de <https://www.theclinic.cl/2022/05/24/chile-primero-ranking-percepcion-peligro>
- Train, K. E. (2009). *Métodos de Elección Discreta con Simulación*.
- Welleman, T. (marzo de 1999). *The Dutch Bicycle Master Plan*. Ministry of Transport, Public Works and Water Management. Obtenido de [https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&ved=2ahUKEwjeod\\_Titb-AhXbGLkGHUufBnoQFnoECAoQAQ&url=https%3A%2F%2Fhembrow.eu%2Fstudytour%2FTheDutchBicycleMasterPlan1999.pdf&usg=AOvVaw2CjaMgaED-BYT90TOasFxc](https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&ved=2ahUKEwjeod_Titb-AhXbGLkGHUufBnoQFnoECAoQAQ&url=https%3A%2F%2Fhembrow.eu%2Fstudytour%2FTheDutchBicycleMasterPlan1999.pdf&usg=AOvVaw2CjaMgaED-BYT90TOasFxc)
- Yang, Y., Wang, C., Liu, W., & Zhou, P. (2018). Understanding the determinants of travel mode choice of residents and its carbon mitigation potential. *Energy Policy*, 486-493.
- Zhang, M., Zhao, P., & Xin, T. (2022). Constructing women's immobility: Fear of violence and Women's constricted nocturnal travel behaviour. *Travel Behaviour and Society*, 178-192. doi:<https://doi.org/10.1016/j.tbs.2021.10.002>

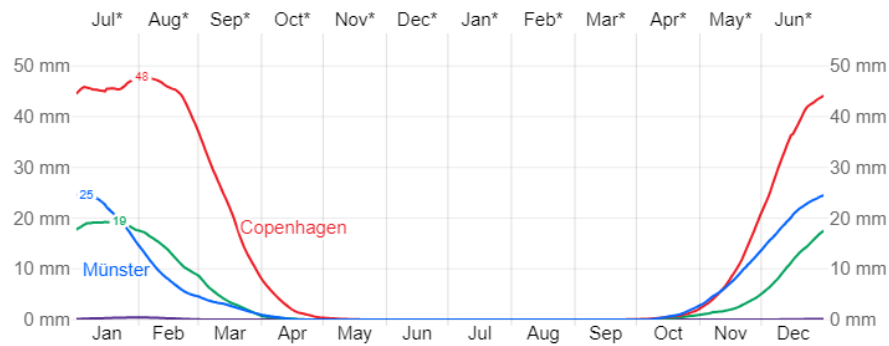
## 8. Anexos

### Anexo 1: Gráficos comparativos de Ámsterdam, Copenhagen, Münster y Concepción.



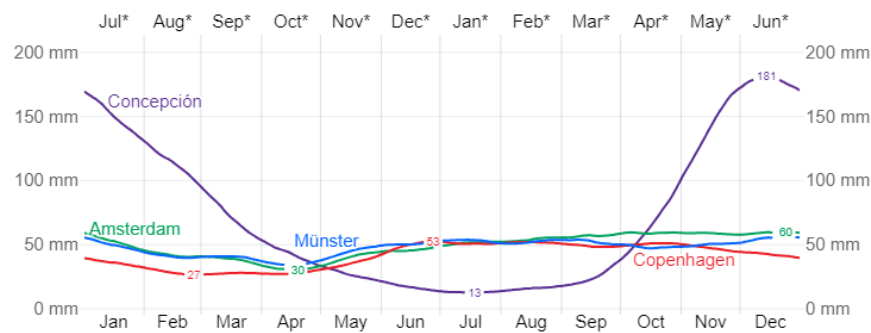
**Figura 8.1: Velocidad promedio del viento en Ámsterdam, Copenhagen, Münster y Concepción.**

Fuente: Adaptado a partir de © [WeatherSpark.com](http://WeatherSpark.com).



**Figura 8.2: Promedio mensual de nevadas en Ámsterdam, Copenhagen, Münster y Concepción.**

Fuente: Adaptado a partir de © [WeatherSpark.com](http://WeatherSpark.com).



**Figura 8.3: Precipitación media mensual en Ámsterdam, Copenhagen, Münster y Concepción.**

Fuente: Adaptado a partir de © [WeatherSpark.com](http://WeatherSpark.com).

## Anexo 2: Proporción de viajes en bicicleta en algunas ciudades del mundo.

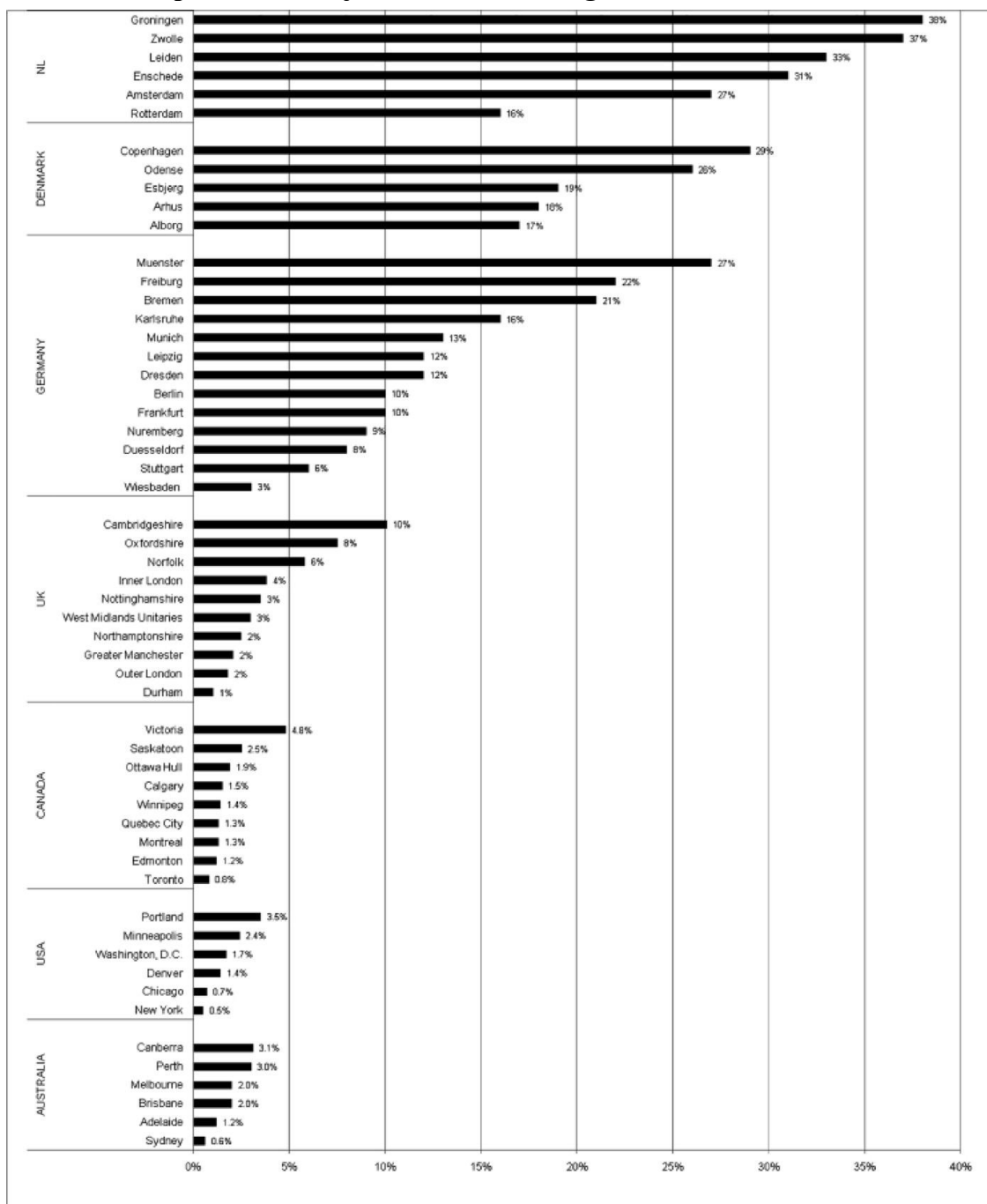


Figura 8.4: Proporción de viajes en bicicleta en algunas ciudades del mundo.

Fuente: Adaptado de Making Cycling Irresistible: Lessons from The Netherlands,

Denmark and Germany por J. Pucher & R. Buehler (2008), p. 500, Figura 3

[<https://doi.org/10.1080/01441640701806612>].

### **Anexo 3: Artículo 3°, 19° y 20°.**

El artículo 3° establece los requisitos de diseño y las características técnicas que deberán cumplir las ciclovías, los cuales son:

- “Emplazamiento: Localizarse en la calzada de una vía. Excepcionalmente, por razones de seguridad y/o continuidad, podrán ubicarse en la mediana, en un bandejón, o en la parte no pavimentada de la acera.
- Espacio de desplazamiento: Considerar dimensiones que permitan generar un espacio de circulación segura para el usuario del ciclo, tanto vertical como horizontalmente, considerando el tipo de ciclovía” (CONASET, Decreto 102°, 2019, pág. 2). Como se ve en la Tabla 8.1:

**Tabla 8.1: Espacio de desplazamiento según tipo de ciclovía.**

Tipo de ciclovías	Alto* (metros)	Ancho (metros)		
		Óptimo	Recomendado	En singularidades**
Unidireccional	2,5	1,8	1,5-1,8	1,2-1,5
Bidireccional	2,5	2,4	2,2-2,4	2,0-2,2

Fuente: Decreto N°102, Título II, Artículo 3°, Ministerio de Transporte y Telecomunicaciones (CONASET, Decreto 102°, 2019)

Alto\*: se considera el alto como el gálibo vertical. En singularidades\*\*: Son aquellas situaciones de excepción en las que no existe otra alternativa que reducir eventualmente el ancho de la ciclovía para salvar una situación existente, tales como: paraderos de transporte público, estacionamientos vehiculares, variaciones en la faja disponible, elementos edificados, elementos patrimoniales, arborización, entre otros. En ningún caso el ancho podrá ser inferior a 1.2 metros en caso de ciclovías unidireccionales y 2.0 metros en caso de ciclovías bidireccionales.

- “Superficie de desplazamiento: Utilizar carpetas de rodado que ofrezcan comodidad, adherencia, durabilidad y regularidad superficial, entre otras características, tales como el asfalto o el hormigón. Respecto de los sistemas de evacuación de aguas lluvia, las rejillas de sumideros y sistema de canalización deben considerar aberturas perpendiculares o diagonales al sentido de la rueda. En cualquier caso, se debe tener en consideración que el uso de estos dispositivos no debe afectar ni obstaculizar el desplazamiento de personas con discapacidad.
- Segregación: Incorporar segregación respecto al tráfico motorizado por medio de elementos físicos o visuales, cuyas características dependerán de la velocidad de operación de la vía en la cual se emplaza” (CONASET, Decreto 102°, 2019, pág. 3). En relación con dicha velocidad, las características de la segregación deberán ser las presentadas en la Tabla 8.2:



**Tabla 8.2: Segregación visual o física según velocidad de operación.**

Velocidad de operación: V (km/h)	Tipo de segregación	Ancho mínimo (metros)
$V < 30$	n/a	n/a
$30 \leq V \leq 40$	Visual	0,35
$40 < V \leq 50$	Visual/Física	0,5
$50 < V \leq 60$	Física	0,5
$60 < V \leq 70$	Física	0,6
$V > 70$	Física	> 1

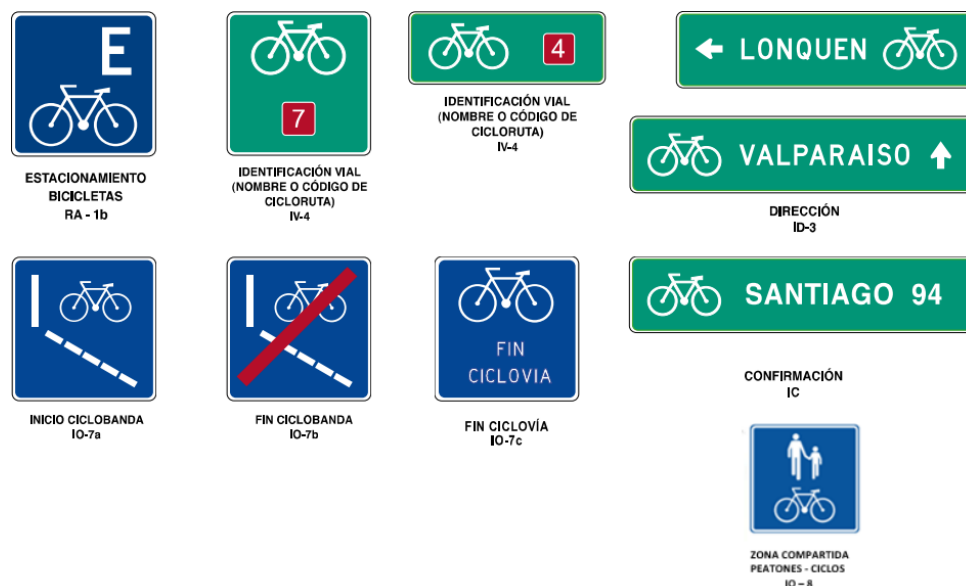
Fuente: Decreto N°102, Título II, Artículo 3°, Ministerio de Transporte y Telecomunicaciones (CONASET, Decreto 102°, 2019)

- "Señalización y demarcación: Utilizar las demarcaciones y señalizaciones según lo dispuesto en el Manual de Señalización de Tránsito (CONASET, Capítulo 6: Facilidades explícitas para peatones y ciclistas). A continuación, se presentan algunos tipos de señales reglamentarias:



**Figura 8.5: Señales reglamentarias más comunes en ciclorutas.**

Fuente: Facilidades para ciclistas (CONASET, Capítulo 6: Facilidades explícitas para peatones y ciclistas)



**Figura 8.6: Señales informativas más comunes en ciclorutas.**

Fuente: Facilidades para ciclistas (CONASET, Capítulo 6: Facilidades explícitas para peatones y ciclistas)

- “Seguridad de tránsito: Evitar o minimizar los conflictos de tránsito, para lo cual deberán incorporarse medidas que prevengan la ocurrencia de accidentes, tales como: fases diferenciadas en semáforos, líneas de detención adelantadas, elementos de canalización, separación de movimientos, reasignaciones de flujos, medidas reductoras de velocidad, entre otros. Especial atención se requiere a la forma en que se resuelven los movimientos en las intersecciones, y en aquellas vías en que se observen velocidades operacionales elevadas o una alta proporción de vehículos pesados, se debe crear una separación física entre éstos y los ciclos” (CONASET, Decreto 102°, 2019, pág. 3).

### **Especificaciones técnicas para los ciclos**

De acuerdo con lo estipulado en el Título V, Artículo 19° del Decreto N°102 (CONASET, Decreto 102°, 2019), los ciclos definidos por la ley de tránsito deben contar con los siguientes elementos de seguridad:

- “A lo menos un sistema de frenos.
- Un foco en la parte delantera que permita proyectar un haz de luz frontal continua de color blanco o amarillo, y una luz roja en la parte trasera, la que podrá ser continua o intermitente.

Ambas luces deberán mantenerse encendidas desde media hora después de la puesta de sol, hasta media hora antes de su salida y cada vez que las condiciones de visibilidad lo requieran.

- Huinchas o placas retrorreflectantes de color blanco en la parte delantera y de color rojo en la parte posterior. En ciclos que cuenten con horquillas, estos elementos deberán ubicarse sobre las mismas. Los ciclos deberán contar, además, con huinchas o placas retrorreflectantes laterales, las que deberán ubicarse sobre las ruedas o sobre la estructura del ciclo, cuando el diámetro de estas no permita su instalación.
- Un aparato sonoro que pueda emitir sonido de intensidad moderada

Los elementos de seguridad mencionados anteriormente no serán exigibles a aquellos ciclos que por sus características y/o dimensiones impidan su instalación”.

### **Elementos de seguridad para los usuarios**

Por otro lado, como elemento de seguridad que deberán portar los usuarios de los ciclos se tienen los cascos, esto según lo estipulado en el Título V, Artículo 20° del Decreto N°102 (CONASET, Decreto 102°, 2019), su especificación se muestra a continuación:

- Casco: Debe cubrir como mínimo la parte superior de la cabeza y contar con una carcasa exterior, un revestimiento para absorber impactos la cual esté adherida a la carcasa exterior y un sistema de retención como una correa o elemento que sujete y asegure el casco a la cabeza del usuario.

Además, el casco para cumplir con lo exigido por el Ministerio de Transporte y Telecomunicaciones debe estar certificado con alguna de las siguientes normas internacionales:

- “EN 1078: “Helmets for Pedal Cyclists and for Users of Skateboards and Roller Skates”, del Comité Europeo de Normalización.
- CPSC 16 CFR 1203: “Safety Standard for Bicycle Helmets”, de los Estados Unidos de Norteamérica” (CONASET, Decreto 102°, 2019, pág. 9)

## UNIVERSIDAD DE CONCEPCIÓN – FACULTAD DE INGENIERÍA

### RESUMEN DE MEMORIA DE TÍTULO

<b>Departamento</b>	:	Departamento de Ingeniería Industrial
<b>Carrera</b>	:	Ingeniería Civil Industrial
<b>Nombre del memorista</b>	:	Pamela Victoria Inzunza Hernández
<b>Título de la memoria</b>	:	Influencia de la implementación de ciclovías en el uso de la bicicleta en el Gran Concepción.
<b>Fecha de la presentación oral</b>	:	
<b>Profesor guía</b>	:	Sebastián Astroza Tagle
<b>Profesor supervisor</b>	:	Jorge Maluenda
<b>Concepto</b>	:	
<b>Calificación</b>	:	

#### Resumen (máximo 200 palabras)

La presente investigación se enfoca en analizar cómo la creación de ciclovías influye en el uso de la bicicleta como medio de transporte en el Gran Concepción. Se postula que las ciclovías aportan seguridad, aumentando la probabilidad de elegir la bicicleta, especialmente para distancias cortas y medias.

El estudio incluye una revisión bibliográfica y un análisis comparativo de las ciclovías en el Gran Concepción en 2015, utilizando la Encuesta Origen-Destino como base. Se exploran variables y parámetros que afectan las decisiones de los usuarios al elegir medio de transporte. Se propone un modelo de elección modal, específicamente un Multinomial Logit (MNL), estimado en Python 3.

Los resultados revelan una relación directa entre los parámetros del modelo y las elecciones de transporte, respaldando un análisis detallado y conclusiones significativas. La investigación sugiere que la presencia de ciclovías incide positivamente en la elección de la bicicleta como medio de transporte en el Gran Concepción, resaltando la importancia de la infraestructura ciclable para fomentar el uso sostenible de la bicicleta en la región.