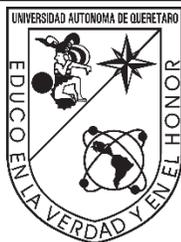


Ing. Juan Roberto
Lazcano Trejo

Variables que Explican el Cambio Modal por COVID-19 en Usuarios del
Transporte Público del Parque Industrial Benito Juárez en Querétaro

2022



Universidad Autónoma de Querétaro
Facultad de Ingeniería

**Variables que Explican el Cambio Modal por COVID-19 en
Usuarios del Transporte Público del Parque Industrial Benito
Juárez en Querétaro**

Tesis

Que como parte de los requisitos para obtener el Grado de
Maestro en Ingeniería de Vías Terrestres y Movilidad

Presenta:

Ing. Juan Roberto Lazcano Trejo

Dirigido por:

Dr. Roberto de la Llata Gómez

Co-dirigido por:

Querétaro, Qro. a _____



Dirección General de Bibliotecas y Servicios Digitales de
Información



VARIABLES QUE EXPLICAN EL CAMBIO MODAL POR COVID-19
EN USUARIOS DEL TRANSPORTE PÚBLICO DEL PARQUE
INDUSTRIAL BENITO JUÁREZ EN QUERÉTARO

por

JUAN ROBERTO LAZCANO TREJO

se distribuye bajo una [Licencia Creative Commons
Atribución-NoComercial-SinDerivadas 4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/).

Clave RI: IGMAC-300616-0123-123



Universidad Autónoma de Querétaro
Facultad de Ingeniería
Maestría en Ingeniería de Vías Terrestres y Movilidad

**Variables que Explican el Cambio Modal por COVID-19 en Usuarios del
Transporte Público del Parque Industrial Benito Juárez en Querétaro**

Tesis

Que como parte de los requisitos para obtener el Grado de
Maestro en Ingeniería de Vías Terrestres y Movilidad

Presenta:

Ing. Juan Roberto Lazcano Trejo

Dirigido por:

Dr. Roberto de la Llata Gómez

Co-dirigido por:

Dr. Roberto de la Llata Gómez

Presidente

Firma

Dr. Ricardo Montoya Zamora

Secretario

Firma

Dr. Saúl Antonio Obregón Biosca

Vocal

Firma

Dra. María de la Luz Pérez Rea

Suplente

Firma

Dr. Omar Chávez Alegría

Suplente

Firma

Centro Universitario, Querétaro, Qro.
Fecha de aprobación por el Consejo Universitario (mes y año)
México

RESUMEN

La pandemia de COVID-19 ha tenido un gran impacto en la forma en que nos movilizamos, debido al riesgo constante a contraer el virus y a las medidas de distanciamiento social y restricciones implementadas por las autoridades, generando cambios en los comportamientos modales de viaje debido a la percepción de riesgo del COVID-19. Por ello, el objetivo de la presente investigación es identificar las variables que son significativas para explicar la relación entre variables sociodemográficas, de viaje y de percepción del COVID-19, con el cambio modal, en la movilidad obligada de usuarios del transporte público. Para lo anterior, se consideran características sociodemográficas, características de viaje y la percepción del COVID-19 de los viajeros, con ello se estima un modelo de regresión logística binaria basado en los datos de 365 cuestionarios válidos aplicados en el Parque Industrial Benito Juárez (PIBJ), ubicado en la Zona Urbana de Santiago de Querétaro, México. Los resultados muestran que la ocupación, el tiempo de viaje, el grado de conocimiento de las consecuencias de contagiarse, la posibilidad de contagiarse en transporte público, la posibilidad de contagiarse fuera del transporte público y si considera riesgoso usar el transporte público, son variables que se encuentran significativamente relacionadas con el cambio modal en usuarios del transporte público durante la pandemia de COVID-19. El estudio de este documento puede servir como antecedente y/o referencia para comprender las variaciones en los patrones de viaje, además de ayudar en la formulación de medidas de control y gestión del tránsito ante el surgimiento de un nuevo virus, a fin de formular medidas adecuadas para garantizar la seguridad de los viajeros.

Palabras clave: Percepción del COVID-19, cambio modal, transporte público, movilidad urbana, modelo logístico binario.

ABSTRACT

The COVID-19 pandemic has had a great impact on the way we travel due to the constant risk of contracting the virus and the social distancing measures and restrictions implemented by the authorities, which has generated changes in modal travel behaviors due to the perception of COVID 19. Therefore, the objective of this research is to identify the variables that are significant to explain the relationship between sociodemographic, travel and perception variables by COVID-19, with modal shift, in the forced urban mobility of public transport users. For the above, sociodemographic characteristics, travel characteristics and the perception of COVID-19 of travelers are considered to estimate a binary logistic regression model based on data from 365 valid questionnaires applied in the Benito Juarez Industrial Park (PIBJ, in Spanish), located in the Urban Zone of Santiago de Queretaro, Mexico. The results show that occupation, travel time, degree of knowledge of the consequences of becoming infected, the possibility of becoming infected in public transport, the possibility of becoming infected outside of public transport and if you consider using public transport to be risky, are variables that are significantly related to the modal shift in public transport users during the COVID-19 pandemic. The study of this document can serve as background and/or reference to understand the variations in travel patterns, in addition to helping in the formulation of traffic control and management measures in the event of the emergence of a new virus, in order to formulate measures adequate to guarantee the safety of travelers.

Keywords: Perception of COVID-19, modal shift, public transport, urban mobility, binary logistics model.

DEDICATORIAS

El presente trabajo lo dedico especialmente a Dios, por nunca dejarme solo y ser mi guía en cada paso que doy en la vida.

A mis padres, Roberto Lazcano Martínez y Juana Trejo Pérez, por siempre brindarme su apoyo incondicional en cada decisión profesional que tomo y por ser mi ejemplo de vida.

A mi novia, Diana Laura Fernández Monroy, por siempre estar a mi lado y motivarme a ser una mejor persona y un gran profesional día con día.

A mis hermanos y amigos, por los consejos y palabras de motivación que siempre me brindan.

A mis compañeros por el apoyo que me dieron durante los estudios de posgrado.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco ampliamente al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) y a la Universidad Autónoma de Querétaro (UAQ) por los recursos otorgados para la realización de esta investigación.

Agradezco al Dr. Roberto de la Llata Gómez por ser la guía fundamental para la elaboración de esta investigación, mostrando siempre la disponibilidad para solventar las dudas que se presentaban.

Agradezco al Dr. Ricardo Montoya Zamora por siempre brindarme la atención a las solicitudes que requería y hacer que mis estudios de posgrado fueran más accesibles.

Agradezco al Dr. Saúl Antonio Obregón Biosca por compartir su conocimiento especializado para la realización de esta investigación y por siempre motivarme a superar las expectativas.

Dra. María de la Luz Pérez Rea por su gran apoyo brindado desde el inicio de mis estudios de posgrado y motivarme a entrar a la maestría.

Agradezco al sinodal Dr. Omar Chávez Alegría por su tiempo y consejos brindados.

ÍNDICE

Pág.

1. INTRODUCCIÓN	1
1.1. Antecedentes.....	2
1.2. Planteamiento del problema	4
1.3. Justificación	6
1.4. Hipótesis.....	9
1.5. Objetivos.....	9
2. ESTADO DEL ARTE	10
2.1. Percepción del COVID-19.....	10
2.2. Transporte público	11
2.3. Modelos de elección discreta.....	13
2.4. Modelos desagregados de demanda.....	14
2.5. Modelos de regresión logística	14
2.6. Modelos de regresión logística binaria	15
2.7. Modelos logísticos empleados para evaluar el impacto de la pandemia en el transporte.....	17
3. METODOLOGÍA.....	19
3.1. Planificación general.....	23
3.1.1. Delimitación del área de estudio	24
3.2. Determinación del método de la encuesta.....	26
3.3. Diseño del cuestionario de intercepción	28
3.3.1. Primera sección del cuestionario (Origen Destino)	30
3.3.2. Segunda sección del cuestionario (Percepción del COVID-19)	31

3.4.	Diseño de la muestra.....	32
3.4.2.	Tamaño de la muestra	34
3.4.3.	Método de muestreo	37
3.5.	Implementación de encuestas piloto.....	38
3.5.1.	Logística de implementación.....	39
3.6.	Ejecución de las encuestas y trabajo de campo	40
3.6.1.	Logística de implementación.....	41
3.7.	Recopilación, codificación y manejo de los datos.....	42
3.8.	Modelo <i>logit</i> y software computacional	43
4.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	45
4.1.	Análisis preliminar de variables significativas	45
4.1.1.	Características sociodemográficas.....	45
4.1.2.	Características de viaje	52
4.1.3.	Percepción del COVID-19.....	60
4.2.	Análisis del modelo de regresión logística binaria	74
5.	CONCLUSIONES.....	84
6.	LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN FUTURAS.....	89
7.	REFERENCIAS.....	91
8.	ANEXOS	102
8.1.	Cuestionario de Intercepción Piloto	102
8.2.	Cuestionario de Intercepción Final	104
8.3.	Resultados del modelo logístico binario en RStudio.....	106

ÍNDICE DE TABLAS

Pág.

Tabla 1. Etapas y elementos de una encuesta muestral típica	20
Tabla 2. Cuestionario Origen Destino.	31
Tabla 3. Cuestionario Percepción del COVID-19.	32
Tabla 4. Género de los encuestados.	46
Tabla 5. Edad de los encuestados.	47
Tabla 6. Relación con jefe/a del hogar de los encuestados.	48
Tabla 7. Nivel de educación (completo) de los encuestados.	49
Tabla 8. Ocupación de los encuestados.	50
Tabla 9. Ingresos personales mensuales de los encuestados.	51
Tabla 10. Distancia de la residencia al lugar de trabajo de los encuestados.	53
Tabla 11. Tiempo de caminata del hogar al transporte público de los encuestados.	54
Tabla 12. Tiempo de viaje de los encuestados.	55
Tabla 13. Costo de viaje de los encuestados.	56
Tabla 14. Frecuencia de viaje por semana de los encuestados.	57
Tabla 15. Modo de transporte antes de la pandemia de los encuestados.	58
Tabla 16. Modo de transporte durante la pandemia de los encuestados.	59
Tabla 17. Grado de comprensión de la pandemia de los encuestados.	61
Tabla 18. Grado de preocupación por la pandemia de los encuestados.	62
Tabla 19. Grado de molestia por la pandemia de los encuestados.	62
Tabla 20. Grado de amenaza a su vida por la pandemia de los encuestados.	63
Tabla 21. Grado de conocimiento de las consecuencias de contagiarse de los encuestados.	64
Tabla 22. Posibilidad de contagiarse en transporte público de los encuestados.	65
Tabla 23. Posibilidad de contagiarse fuera del transporte público de los encuestados. ...	66

Tabla 24. Posibilidad de contagiarse en automóvil de los encuestados.	66
Tabla 25. Posibilidad de contagiarse en bicicleta de los encuestados.	67
Tabla 26. Posibilidad de contagiarse caminando de los encuestados.	68
Tabla 27. Consideran riesgoso usar el transporte público los encuestados.	68
Tabla 28. Grado de aceptación de las medidas sanitarias de los encuestados.	70
Tabla 29. Grado de cumplimiento de las medidas sanitarias de los encuestados.	70
Tabla 30. Consideran adecuado el uso de cubrebocas los encuestados.	71
Tabla 31. Consideran adecuado el distanciamiento social los encuestados.	72
Tabla 32. Consideran importante evitar aglomeraciones los encuestados.	72
Tabla 33. Consideran importante la limpieza de las unidades los encuestados.	73
Tabla 34. Exposición de variables significativas.	74
Tabla 35. Estadísticas de colinealidad de diferentes variables explicativas.	75
Tabla 36. Estadística descriptiva de cada variable significativa.	76
Tabla 37. Resultados de la estimación de variables significativas del modelo logístico binario.	78
Tabla 38. Resultados del Análisis de la Varianza (ANOVA)	80
Tabla 39. Resultados del ajuste del modelo logístico binario.	83

ÍNDICE DE FIGURAS

Pág.

Figura 1. Esquema metodológico.	22
Figura 2. Zona de estudio	26
Figura 3. Género de los encuestados.	46
Figura 4. Edad de los encuestados.....	47
Figura 5. Relación con jefe/a del hogar de los encuestados.	48
Figura 6. Nivel de educación (completo) de los encuestados.....	49
Figura 7. Ocupación de los encuestados.	50
Figura 8. Ingresos personales mensuales de los encuestados.	51
Figura 9. Distancia de la residencia al lugar de trabajo de los encuestados.....	53
Figura 10. Tiempo de caminata del hogar al transporte público de los encuestados.....	54
Figura 11. Tiempo de viaje de los encuestados.	55
Figura 12. Costo de viaje de los encuestados.....	56
Figura 13. Frecuencia de viaje por semana de los encuestados.....	57
Figura 14. Modo de transporte antes de la pandemia de los encuestados.....	58
Figura 15. Modo de transporte durante la pandemia de los encuestados.	59
Figura 16. Grado de comprensión de la pandemia de los encuestados.	61
Figura 17. Grado de preocupación por la pandemia de los encuestados.....	62
Figura 18. Grado de molestia por la pandemia de los encuestados.....	63
Figura 19. Grado de amenaza a su vida por la pandemia de los encuestados.	63
Figura 20. Grado de conocimiento de las consecuencias de contagiarse de los encuestados	64
Figura 21. Posibilidad de contagiarse en transporte público de los encuestados.....	65
Figura 22. Posibilidad de contagiarse fuera del transporte público de los encuestados. ...	66
Figura 23. Posibilidad de contagiarse en automóvil de los encuestados.....	67

Figura 24. Posibilidad de contagiarse en bicicleta de los encuestados.	67
Figura 25. Posibilidad de contagiarse caminando de los encuestados.....	68
Figura 26. Consideran riesgoso usar el transporte público los encuestados	69
Figura 27. Grado de aceptación de las medidas sanitarias de los encuestados.	70
Figura 28. Grado de cumplimiento de las medidas sanitarias de los encuestados.....	71
Figura 29. Consideran adecuado el uso de cubrebocas los encuestados.....	71
Figura 30. Consideran adecuado el distanciamiento social los encuestados.	72
Figura 31. Consideran importante evitar aglomeraciones los encuestados.....	73
Figura 32. Consideran importante la limpieza de las unidades los encuestados.....	73

1. INTRODUCCIÓN

Tomando como referencia que, en Wuhan, China, se detectó un brote de neumonía en diciembre de 2019 y desde entonces se ha identificado como un nuevo coronavirus, llamado COVID-19, millones de personas alrededor del mundo se han visto afectadas en todos los sentidos (Lipsitch *et al.*, 2020; Pawar *et al.*, 2020; Zhu *et al.*, 2020; Echaniz *et al.*, 2021 y Das *et al.*, 2021). Después de extenderse por todo el mundo a un ritmo alarmante, la Organización Mundial de la Salud (OMS) catalogaba al COVID-19 como pandemia mundial, el 11 de marzo del 2020 (WHO, 2020). Cabe mencionar, que el nuevo coronavirus (SARS-CoV-2) es la segunda pandemia del siglo XX, la primera pandemia fue la influenza A (H1N1) en el 2009 (Cheng *et al.*, 2020).

Al inicio del COVID-19, no se contaba con medidas iniciales sobre las restricciones de viaje en la gran mayoría de países, por lo que la propagación del virus al principio no se pudo frenar (Das *et al.*, 2021). Posteriormente, se implementaron medidas de restricciones de movilidad en diversos modos de viaje, con la intención de reducir el traslado de personas y así reducir la propagación y el número de casos positivos por coronavirus (Abdullah *et al.*, 2021). Tal como lo indica Yilmazkuday (2020), implementar restricciones de viaje entre regiones puede reducir potencialmente el número de casos y muertes semanales por COVID-19.

Muchas de estas restricciones de viaje se han aplicado tomando como referencia epidemias pasadas, sin embargo, la experiencia era limitada sobre sus efectos en la movilidad de personas (Echaniz *et al.*, 2021). Las medidas de confinamiento que solicitan cambiar los patrones de viaje para actividades no esenciales se encuentran dentro del entorno del comportamiento de viaje (Parady *et al.*, 2020). Por lo tanto, considerando los grandes efectos sobre la salud y la vida humana, causados por la pandemia, se han observado caídas considerables en el número de usuarios del transporte público y la disminución de la demanda de viajes y transportes (De Vos, 2020; Haas *et al.*, 2020 y Bucsky, 2020).

1.1. Antecedentes

Recientemente se han publicado estudios relacionados con la percepción de riesgo a contagiarse de los usuarios del transporte público, ante la aparición del COVID-19, virus aéreo causante de enfermedades respiratorias. A causa de la baja cantidad de pandemias que han afectado a la humanidad y con ello, al transporte público, a lo largo de la historia. Debido a la necesidad de explorar a detalle la relación entre la movilidad y la sociedad Beck y Hensher (2020) mencionan que los impactos globales que generan las pandemias no se han investigado a detalle como en el caso del COVID-19.

Eventos acompañados de cambios en el contexto espacial y la accesibilidad, son un factor de cambio en el comportamiento de viaje (Müggenburg *et al.*, 2015 y Schoenduwe *et al.*, 2015). Por lo que, Bamberg *et al.* (2003) mencionan que la elección de modo de viaje es generalmente una decisión motivada, que puede verse afectada por circunstancias que produzcan cambios en las actitudes y comportamiento del usuario, obteniendo como resultado que el comportamiento humano se basa en la razón, aunque puede comprender elementos automáticos. En este sentido, Bohte *et al.* (2009) revisan los estudios relacionados con el comportamiento de los viajes que incluyen abiertamente las actitudes, y analizan como las teorías vinculadas con las actitudes y el comportamiento, pueden contribuir a inspeccionar el papel de la autoselección, concluyendo así, que la investigación es prometedora y un mayor desarrollo de esta mejorará la comprensión de la autoselección.

Tomando en cuenta lo anterior, Moreno (2011) establece que un modelo logístico binario busca pronosticar la probabilidad de elegir la opción 1 cuando mejora su utilidad o cuando la opción 2 disminuye su probabilidad, manifestando la teoría de que el usuario busca maximizar su utilidad. Para esto, R Development Core Team (2016) menciona que R es un lenguaje de alto nivel y un entorno para la manipulación de gráficos, cálculos y datos más profesional que existe en la actualidad para realizar asignaciones estadísticas avanzadas y elementales. En R

los modelos de regresión lineal son manejados por la función *glm*, utilizando fórmulas de modelo y funciones de extracción como la función *ml*, pero la función *glm* además debe ser específica en el modelo de regresión lineal que desea (Dalgaard, 2008).

Los primeros estudios se han centrado en analizar las alteraciones iniciales en los patrones de comportamiento de viaje debido a la percepción de riesgo del COVID-19, en el uso del transporte público y otros modos de viaje alrededor del mundo, utilizando datos de cuestionarios aplicados en cada zona de estudio mediante la implementación de modelos lineales generalizados (Hotle *et al.*, 2020; Tan y Ma, 2020 y Parady *et al.*, 2020). Otros estudios utilizan enfoques de árbol de decisiones (Pawar *et al.*, 2020) y análisis comparativos de datos (Haas *et al.*, 2020) para determinar el impacto del COVID-19 en la preferencia modal de viaje, en relación con la percepción de riesgo y las medidas sanitarias implementadas, usando datos de cuestionarios de cada área de estudio.

Estudios posteriores siguen enfocados en examinar el cambio en los patrones de comportamiento de elección de modo de viaje, durante y después del confinamiento debido a la percepción de riesgo y las restricciones de viaje por el COVID-19, implementando modelos lineales generalizados con datos de cuestionarios aplicados en cada zona de estudio (Abdullah *et al.*, 2022; Echaniz *et al.*, 2021; Parker *et al.*, 2021; Aaditya y Rahul, 2021 y Anwari *et al.*, 2021). Estudios adicionales continúan utilizando los modelos lineales generalizados, pero ahora para analizar el posible cambio en la elección del transporte público al automóvil particular debido al COVID-19 (Das *et al.*, 2021) y conocer los principales determinantes que afectan el comportamiento de elección del modo de transporte antes y durante el COVID-19 (Scorrano *et al.*, 2021).

1.2. Planteamiento del problema

La presente investigación se encuentra directamente vinculada con el Plan Estatal de Desarrollo Querétaro 2016-2021, específicamente en el Eje Querétaro con Infraestructura para el Desarrollo, donde señala que en materia de movilidad la entidad enfrenta problemas generados por la priorización del automóvil particular sobre el transporte público, incrementado así, el número de accidentes viales y emisiones de contaminantes. Además, se menciona que el transporte público es fundamental para satisfacer la necesidad social de movilizar a la población de las zonas habitacionales a los lugares de trabajo.

El COVID-19 ha afectado los patrones de viaje y las actividades de movilidad, a causa del riesgo constante a contraer el virus aéreo y a las medidas de distanciamiento social y restricciones implementadas por las autoridades, con la finalidad de reducir el riesgo de transmisión del COVID-19 (Bucsky 2020; Cheng *et al.*, 2020; Abu-Raysh y Dincer 2020; Haas *et al.*, 2020; Chen *et al.*, 2021; Anwari *et al.*, 2021; Das *et al.*, 2021; Echaniz *et al.*, 2021 y Abdullah *et al.*, 2022). Debido a que viajar en espacios cerrados, es uno de los principales factores de propagación de enfermedades infecciosas aéreas (Gezairy, 2003 y Browne *et al.*, 2016), las personas pueden evitar el uso cotidiano del transporte público, por el contacto con otros pasajeros (Troko *et al.*, 2011).

Pronto se establecieron otras medidas para frenar la propagación del coronavirus, como el distanciamiento social y las medidas de higiene entre los viajeros (Abdullah *et al.*, 2021). El distanciamiento social se ha convertido en una medida importante para frenar la propagación del COVID-19, dada la naturaleza de transición del virus aéreo. Parte de estas medidas sanitarias se habían implementado en China y otras partes del mundo, para frenar la transmisión del síndrome respiratorio agudo severo (SARS) en el 2003 y también para la influenza pandémica A (H1N1) en el 2009 (Cheng *et al.*, 2020). La adecuada implementación de estas medidas y la oportuna respuesta social, en combinación con los protocolos

de seguridad establecidos, tienen éxito para detener los contagios de COVID-19 (Parady *et al.*, 2020 y Anderson *et al.*, 2020).

La implementación de las medidas de distanciamiento social genera la disminución de la demanda de viajes diarios, al igual que el uso del transporte público (De Vos, 2020). Como el interior del transporte público es un lugar cerrado y confinado, las personas se vuelven más vulnerables a contraer el COVID-19, lo que genera la pérdida en el número de pasajeros diarios. Por lo tanto, considerando los grandes efectos sobre la salud y la vida humana, causados por el COVID-19, se han observado caídas considerables en el número de usuarios del transporte público y la disminución de la demanda de viajes y transportes (Abdullah *et al.*, 2020 y Bucsky, 2020). La disminución de viajes en transporte público se debe principalmente a la restricción de este modo de transporte por no brindar suficiente espacio entre pasajeros, que cumpla con los protocolos de distanciamiento social y seguridad, lo que permite una mayor probabilidad de propagación de virus aéreos (Edelson y Phypers, 2011).

Las preferencias personales y las medidas gubernamentales para detener la propagación del COVID-19, son otros aspectos relevantes que han generado la reducción en el uso del transporte público (Das *et al.*, 2021). Pocas agencias aumentaron la frecuencia de su servicio para facilitar el distanciamiento social dentro de las unidades, pero la mayoría de las agencias redujeron sus niveles de servicio y fusionaron rutas del transporte debido a la disminución de viajes debido al COVID-19 (DeWeese *et al.*, 2020). En la actualidad está sucediendo un fenómeno en la movilidad urbana, considerando el modo de elección de viaje y comportamiento de las personas, gran parte de población está evitando el uso del transporte público para sus viajes por el factor de riesgo a contraer el virus (Park, 2020). Según Haas *et al.* (2020) y Park (2020) las preferencias modales de viaje pueden verse directamente afectadas por la pandemia, tomando en cuenta que los usuarios del transporte público podrían evitar los espacios en donde una distancia de 1,5 m con otras personas sea difícil de mantener. Por lo tanto, se debe tener en

cuenta que el distanciamiento social dentro del transporte público también puede influir en la elección del modo de viaje (Troko *et al.*, 2011 y Haas *et al.*, 2020).

Sin embargo, De Vos (2020) señala que el transporte público es necesario para los servicios básicos y para la población que realiza trabajos esenciales. Por lo tanto, los sistemas de transporte público requerirán coincidir con las expectativas de los usuarios para que su demanda no se vea afectada, fomentando el distanciamiento social, la desinfección y el adecuado manejo de multitudes (Aaditya y Rahul, 2021). Por consiguiente, la finalidad de establecer un indicador que nos permita conocer si la percepción del COVID-19, por parte de los usuarios del transporte público en el Parque Industrial Benito Juárez (PIBJ), impacta en el cambio modal, además, determinar si se relaciona con sus características sociodemográficas y de viaje. Considerando que la toma de decisiones para enfrentar los retos que ocasiona una pandemia en el entorno del transporte público es responsabilidad de las dependencias u organismos vinculados con la movilidad urbana.

1.3. Justificación

Parady *et al.* (2020) manifiestan que las medidas de confinamiento que solicitan cambiar los patrones de viaje para actividades no esenciales se encuentran dentro del entorno del comportamiento de viaje. Müggenburg *et al.* (2015) y Schoenduwe *et al.* (2015) afirman que eventos acompañados de cambios en el contexto espacial y la accesibilidad, son un factor de cambio en el comportamiento de viaje. Haas *et al.* (2020) mencionan que las actitudes y preferencias de viaje han cambiado con el COVID-19, por lo que es probable que ahora las personas tengan una actitud negativa para desplazarse en transporte público, debido al miedo a contraer el virus. Además, Paulssen *et al.* (2013) afirman que las actitudes individuales juegan un papel en el comportamiento de elecciones modales de viaje.

Pawar *et al.* (2020) indica que los parámetros de comportamiento de viaje (frecuencia de ir al trabajo, tiempo de viaje y distancia de la casa al trabajo), las características socioeconómicas (ingresos, ciudad de residencia edad, entre otros), y las percepciones de seguridad, son fundamentales en la elección del modo de viaje. El comportamiento de las personas se encuentra influenciado por las normas sociales, dicho de otra manera, lo que perciben y lo que creen que otros hacen y aprueban, sin embargo, eso no es específico de las pandemias (Bavel *et al.*, 2020). Por lo tanto, Bucsky (2020) cuestiona si estos cambios en los patrones de viaje durante el COVID-19 serán temporales o tendrán efecto a mediano y largo plazo, mientras que Haas *et al.* (2020) mencionan que las actitudes presentadas hacia los modos de viaje durante la pandemia pueden ser temporales.

Cabe mencionar que el cambio modal hace referencia a la utilización de un medio de transporte distinto al que se utiliza habitualmente, ya sea un cambio modal temporal o un cambio modal permanente (Rodríguez y Terán, 2021). En este sentido, van Exel y Rietveld (2010) mencionan que el cambio modal temporal es debido a una alteración en la percepción hacia una alternativa de transporte, generando la alteración de los patrones de viaje. Por lo anterior, Mogaji (2020), Bucsky (2020), Das *et al.* (2021) y Echaniz *et al.* (2021) coinciden que la disminución del número de pasajeros del transporte público fue evidente desde el comienzo de la pandemia de COVID-19, debido principalmente por las medidas de distanciamiento social y aislamiento aplicadas por los gobiernos. Por otra parte, Rodríguez y Terán (2021) mencionan que el cambio modal permanente sucede cuando los usuarios de un medio de transporte dejan de utilizarlo con habitualidad, es decir, ya no vuelven a elegir el mismo medio que utilizaban. Sin embargo, en el caso específico del cambio modal por COVID-19, los usuarios del transporte público podrían volver a utilizarlo en cuanto se regrese a la normalidad.

Existe la probabilidad de que el COVID-19 tenga un impacto significativo a corto, mediano y largo plazo en nuestro estilo de vida, en la forma en que nos compartamos, y sobre todo nos transportamos. Tomando en cuenta que el

descenso en la demanda de viajes se debió, principalmente, al cambio radical de comportamiento de viaje de los usuarios a consecuencia de las restricciones de viaje, la incertidumbre y el factor de riesgo que representaba viajar en transporte público ante la aparición del COVID-19.

Por lo tanto, De Vos (2020), Abdullah *et al.* (2022) y Anwari *et al.* (2021) sostienen que el transporte público debe presentarse como una forma segura de viajar en tiempos de distanciamiento social, permitiendo la movilización de usuarios, que necesitan, a pesar de la situación, viajar en transporte público. Tomando en cuenta lo anterior, Hotle *et al.* (2020), Haas *et al.* (2020) y Pawar *et al.* (2020) reafirman la importancia de analizar si la percepción del COVID-19 de los usuarios del transporte público se encuentra en relación con su preferencia modal de viaje, así como con sus características socioeconómicas durante situaciones inesperadas como el COVID-19.

Existe la suficiente información para demostrar que la percepción de riesgo del COVID-19 y el cambio de comportamiento de viaje se encuentran en relación constante. Por consiguiente, dadas las incertidumbres en la toma de decisiones de los viajeros con respecto a su comportamiento de viaje debido a la percepción de riesgo del COVID-19, el objetivo de la presente investigación es Identificar las variables que son significativas para explicar la relación entre variables sociodemográficas, de viaje y de percepción del COVID-19, con el cambio modal, en usuarios del transporte público, con la finalidad de comprender las variaciones en los patrones de viaje y generar medidas que garanticen la seguridad de los viajeros ante el surgimiento de un nuevo virus. Con lo anterior, se pretende ayudar a las autoridades y los sistemas relacionados con el transporte público a plantear una estrategia de respuesta de acción coordinada y efectiva ante la aparición de situaciones inesperadas.

1.4. Hipótesis

Con base en un modelo de regresión logística binaria, la percepción del COVID-19 de los usuarios del transporte público en el Parque Industrial Benito Juárez, influye en el cambio modal y se relaciona con variables sociodemográficas y de viaje.

1.5. Objetivos

Identificar las variables que son significativas para explicar la relación entre variables sociodemográficas, de viaje y de percepción del COVID-19, con el cambio modal, en usuarios del transporte público, con la finalidad de comprender las variaciones en los patrones de viaje y generar medidas que garanticen la seguridad de los viajeros ante el surgimiento de un nuevo virus.

2. ESTADO DEL ARTE

Las medidas gubernamentales implementadas en la movilidad de personas, para evitar la propagación del COVID-19, han afectado significativamente en el número de viajes diarios y los patrones de comportamiento de elección en el modo de viaje. Además de lo anterior, la percepción de riesgo del COVID-19 juega un papel importante en la elección modal de viaje, debido a que las personas pueden percibir riesgoso el viajar en transporte público, en tiempos de pandemia. El transporte público es un medio de viaje importante para la movilización de pasajeros a gran escala que conecta las principales zonas laborales de una ciudad, por lo que debe operar de manera eficiente y segura en situaciones imprevistas. El modelado en la elección de modo de viaje es utilizado por los departamentos de movilidad como parte del proceso para la planificación del transporte, implementando modelos de elección discreta para modelar la probabilidad de que ocurra un evento en función de otros factores.

Por lo anterior, en el siguiente apartado se discuten cada una de las temáticas mencionadas anteriormente y los estudios vinculados que han analizado el tema mediante la implementación de modelos lineales generalizados, presentando a detalle la revisión de la literatura de cada una de ellas para el entendimiento de esta investigación.

2.1. Percepción del COVID-19

Otro aspecto importante para el cambio de comportamiento de viaje es la percepción de riesgo a contraer el COVID-19. Las personas pueden sentir preocupación o inseguridad al momento de pensar en un peligro potencial o una fuente de riesgo, por lo que un componente afectivo se encuentra relacionado con la percepción de riesgo (Rundmo, 2002). Por lo tanto, Sjöberg (2000) menciona que, para tener una percepción realista, los riesgos deben ser aquellos con los que las personas tienen una experiencia directa o indirecta. Cuando las personas perciben

el riesgo de un evento, se deben tomar en cuenta dos aspectos principales; el primero es la probabilidad de ocurrencia de un evento negativo y el segundo las consecuencias de dicho evento (Rundmo y Moen, 2006).

Generalmente, los pasajeros que realizan viajes en transporte público comprenden a la percepción de riesgo como la probabilidad de que suceda una determinada eventualidad, asociado con la preocupación de sus consecuencias (Moen y Rundmo, 2006). De esta manera, Roche-Cerasi *et al.* (2012) señalan que los riesgos no accidentales, que se pueden presentar en el transporte público, son un factor determinante para la percepción de riesgo del usuario.

Por otra parte, Nordfjærn *et al.* (2014) mencionan que la percepción de riesgo se encuentra relacionada con la preferencia modal de viaje de los usuarios del transporte público. Por lo tanto, analizar la percepción de riesgo de los viajeros del transporte es fundamental para garantizar su seguridad durante el viaje y para examinar su comportamiento (Fyhri y Backer-Grøndahl, 2012).

Cui *et al.* (2016) señalan que las sensaciones y evaluaciones de los viajeros hacia las consecuencias negativas que pueden ocurrir durante un viaje, se le denomina percepción de riesgo turístico, y esta a su vez, se ve influenciada de manera importante por variables demográficas y habilidades cognitivas de los pasajeros. Por lo que, diversos factores de riesgo vinculados con los viajes masivos hacen que la percepción de riesgo turística sea denominada como multidimensional (Hasan *et al.*, 2017).

2.2. Transporte público

El transporte público es utilizado para el transporte de pasajeros mediante la utilización de vehículos de servicio público, por lo que la implementación de estos servicios establece un factor importante para la movilización en volumen de pasajeros en corredores muy transitados y permite altas concentraciones de

empleos en los centros de las ciudades, a pesar de la cantidad de vehículos particulares que circulen por un país o lo desarrollado que se encuentre el mismo, por lo que es vital operar y controlar, de manera eficiente, al transporte público (Cal y Mayor y Cárdenas, 1994 y American Association of State Highways and Transit Officials (AASHTO) 2018).

Mundó (2002) indica que el objetivo principal de un sistema de transporte público es trasladar de manera segura, cómoda y eficiente a los usuarios a los diferentes destinos a los que desean viajar, permitiendo, por consiguiente, la integración entre ellos. De esta manera, Molinero y Sánchez (1997) y Vuchic (2007) mencionan que cualquier usuario que pague una tarifa preestablecida puede utilizar los sistemas de transporte público que opera con horarios y rutas fijas seleccionadas con anterioridad, tomando en cuenta que el usuario percibe la información que se le brinda, además de la cantidad y calidad del servicio.

Garber y Hoel (2005) denotan que el transporte público es un elemento significativo para la mayoría de los servicios dentro de la movilidad de un sistema de transporte, considerando que es una diversidad entre servicios innovadores y servicios tradicionales complementados entre sí, permitiendo la movilización de pasajeros en grandes cantidades y proporcionando la accesibilidad al sistema a los que no tienen un automóvil propio para trasladarse. Además, Cal y Mayor y Cárdenas (1994) manifiestan que el concepto de transportar a personas en lugar de movilizar a automóviles tiene que ser un enfoque primordial para la movilización de las grandes ciudades, considerando fundamental la seguridad dentro de las unidades de transporte público, aseverando la integridad de la vida humana.

Tomando en cuenta lo anterior, Transportation Research Board (TRB) (2010) indica que los usuarios que eligen el transporte público, a pesar de tener otros medios de transporte disponibles, lo hacen para ahorrar dinero en estacionamiento y combustible, para evitar la congestión vehicular, para reducir el impacto ambiental que genera del uso del automóvil y para utilizar su tiempo de viaje de manera eficiente para otras actividades.

2.3. Modelos de elección discreta

Koppelman y Bhat (2006) mencionan que analizar y predecir la elección modal de viaje de los usuarios ante un conjunto finito de alternativas de transporte, hace alusión a los modelos de elección discreta, que tienen como marco de referencia a la teoría de utilidad aleatoria (Ortúzar y Willumsen, 2008). El conjunto de alternativas en los modelos de elección discreta debe presentar tres características: deben de ser mutuamente excluyentes desde el punto de vista del pasajero, deben de ser exhaustivas y el número debe de ser finito (Train, 2002).

Tomando en cuenta la atractividad de la alternativa de transporte y las características socioeconómicas del usuario, los modelos de elección discreta garantizan la probabilidad de que los pasajeros seleccionen una determinada alternativa (Ortúzar y Willumsen, 2008), de este modo, se considera que la utilidad parte de las características de los individuos y de la atractividad de las alternativas (Lancaster, 1966). Moreno (2011) menciona que la elaboración de modelos de elección discreta requiere de tres componentes fundamentales:

- El usuario que va a tomar la decisión modal de viaje debe identificar las opciones de viaje que se presenten disponibles y debe conocerlas.
- Se deben identificar las variables relacionadas con el propio sistema de transporte que pueden influir en la decisión modal de viaje del usuario, y también variables socioeconómicas del usuario.
- Seleccionar un modelo matemático que simbolice las elecciones modales del usuario en relación con las variables que afectan su decisión de viajar.

El enfoque del modelado de elección de modo de transporte desde el hogar al lugar de trabajo ha sido utilizado por los departamentos de gestión del tráfico como parte de su proceso de planificación del transporte. En su mayoría, estos modelos incluyen únicamente modos motorizados de movilidad urbana, sin embargo, cada vez incluyen modos no motorizados de movilidad como andar en bicicleta o caminar (Koppelman y Bhat, 2006).

2.4. Modelos desagregados de demanda

Dentro de los modelos de elección discreta, se encuentran los modelos desagregados de demanda, que proporcionan modelos más significativos, debido a que se encuentran basados en elecciones observadas de los usuarios que se van a transportar (Ortúzar y Willumsen, 2008). De esta manera, la precisión de la predicción refleja que tan bien el modelo de elección discreta replica el comportamiento observado de los usuarios (Koppelman y Chu, 1983). A continuación, se presentan las características más relevantes de los modelos desagregados de demanda (Koppelman y Bhat, 2006 y Spear, 1977):

- No establecen analogías físicas de ningún tipo, se basan en teorías de comportamiento individual.
- Reflejan más los cambios en el comportamiento de elección debido a cambios en las características individuales y los atributos de las alternativas.
- Debido a su naturaleza causal, son más transferibles a un punto diferente en el tiempo y a un contexto geográfico diferente, requisito vital para la predicción.
- El enfoque desagregado es más eficiente que el enfoque agregado en términos de confiabilidad por costo unitario de recolección de datos.
- Producen estimaciones de parámetros no sesgadas, si se realizan adecuadamente, a diferencia de los modelos agregados.

2.5. Modelos de regresión logística

La regresión logística es un método estadístico por medio del cual una variable se interpreta sobre la base de una o más variables. En este sentido, la variable que se explica se denomina variable dependiente, y las otras variables son denominadas independientes, utilizadas para predecir la respuesta (Hilbe, 2009). El proceso de desarrollar un modelo probabilístico de elección supone que las personas forman parte de una población homogénea, actúan racionalmente y tiene la información

completa para tomar una decisión, de acuerdo con el principio de maximizar su utilidad (Moreno, 2011).

Cabe mencionar, que el modelo *logit* es el más sencillo y considerablemente utilizado, debido a la facilidad de interpretar la fórmula para las probabilidades de elección (Train, 2002). Para determinar si una alternativa es seleccionada, se debe comparar el valor de su utilidad con el valor de las utilidades de las otras alternativas y transformarse en un valor probabilístico entre 0 y 1 (Ortúzar y Willumsen, 2008). La aplicación de los modelos de regresión logística se puede resumir como a continuación se muestra (Train, 2009):

- El modelo *logit* no puede representar la variación de la preferencia aleatoria, pero si la variación sistemática de la preferencia.
- Teniendo la especificación de la utilidad obtenida por el investigador, el modelo *logit* comprende la sustitución proporcional entre alternativas.
- El modelo *logit* puede captar la dinámica en situaciones de elección repetida.

2.6. Modelos de regresión logística binaria

El modelo *logit* binario, es un tipo de modelo de regresión logística, considerado cuando solo se tienen dos elecciones posibles. Para este modelo, Hilbe (2009) menciona que cuando la respuesta real de modelo es binaria, por lo regular toma la forma de 1/0, donde 1 representa el éxito o la satisfacción del criterio establecido y 0 representa un fracaso el criterio definido. De esta manera, el análisis de regresión logística binaria se caracteriza por su distribución de respuesta (binomial) y una función de enlace (Dalgaard, 2008).

Este modelo utiliza la estimación de máxima verosimilitud cuando la variable dependiente se convierte en variable *logit* (Ortúzar y Willumsen, 2008 y Koppelman y Bhat, 2006). El modelo *logit* binario se expresa de la siguiente manera:

$$\text{Logit } p = \ln\left(\frac{p}{1-p}\right) = a + \sum_{i=1}^k \beta_i x_i$$

$$p = \exp\left(a + \sum_{i=1}^k \beta_i x_i\right) / \left(1 + \exp\left(a + \sum_{i=1}^k \beta_i x_i\right)\right)$$

donde

p = probabilidad de que $Y=1$

x_i = variable explicativa i

α = término constante

β_i = coeficiente de regresión asociado con la variable i

En la teoría de la probabilidad, el modelo *logit* se introdujo mediante el axioma de elección de Luce, que implantaba la independencia de alternativas irrelevantes (Luce, 1959). Posteriormente, McFadden (1973) introdujo el modelo *logit* condicional simple. El resultado de un conjunto no vacío de alternativas es la regresión logística (Ben-Akiva y Lerman, 1985). Los modelos de regresión logística binaria se utilizan para analizar la influencia de variables independientes o predictoras (X) sobre la variable dependiente binaria (Y) (Deublein *et al.*, 2013). A diferencia de la regresión logística multinomial, que evalúa la probabilidad de estar en más de dos categorías, la regresión logística binaria evalúa la probabilidad de estar en solo dos resultados categóricos (Hilbe, 2009 y Field *et al.*, 2012)

Por lo tanto, cuando se tienen dos opciones de Y (variable dependiente), se debe utilizar un modelo de regresión logística binaria para el análisis. Por ejemplo, la presente investigación, busca identificar la influencia de variables independientes (X) en el cambio de modo en usuarios del transporte público durante el COVID-19. En este caso, la variable dependiente es la elección del transporte público, donde $Y=1$ significa elegir el transporte público, y $Y=0$ significa no elegir el transporte público.

2.7. Modelos logísticos empleados para evaluar el impacto de la pandemia en el transporte

Debido a la pandemia de COVID-19, que actualmente afecta a la humanidad, recientemente se han realizado investigaciones que se enfocan en examinar las alteraciones en el comportamiento modal de viaje debido a la percepción de riesgo del COVID-19, en usuarios del transporte público y otros modos de viaje a nivel mundial. Tomando en cuenta el brote del nuevo coronavirus, Hotle *et al.* (2020) utiliza regresiones logísticas para modelar la percepción de riesgo y las alteraciones en las elecciones modales de viaje, utilizando datos de una encuesta de 2168 personas en los Estados Unidos, obteniendo como resultado que los hombres son menos propensos que las mujeres a percibir el riesgo y por lo tanto a alterar sus patrones de viaje.

Por otra parte, Tan y Ma (2020) desarrollan un modelo de regresión logística tomando en cuenta atributos personales, atributos de viaje y la percepción de riesgo tomados de 559 cuestionarios en China, para comprender si los usuarios elegirán al transporte ferroviario durante el COVID-19, encontrando que la ocupación, el modo de transporte y la posibilidad de infectarse dentro de la unidad, son significantes para la elección de modo de viaje. En otro estudio relacionado, Parady *et al.* (2020) examinan los factores que afectan los cambios de comportamiento de los viajes durante el COVID-19 en Japón, principalmente los efectos de la percepción de riesgo, utilizando modelos de regresión logística con datos de encuestas, concluyendo que la percepción de riesgo es un factor significativo para las reducciones de actividades en todos los niveles.

En otro estudio más actual, Abdullah *et al.* (2021) modelan el comportamiento de elección de modo de viaje antes y durante el COVID-19 en Pakistán, analizando los datos de encuestas mediante modelos de regresión logística, obteniendo como resultado que el uso del transporte público decreció y los modos de transporte no motorizados aumentaron durante la pandemia. De igual manera, Echaniz *et al.* (2021) mediante un modelo *logit* y la utilización de datos de cuestionarios, analizan

la preferencia modal de viaje antes, durante y después del confinamiento en España, tomando en cuenta la percepción de riesgo del COVID-19, encontrando que el transporte público fue el modo más afectado y los modos no motorizados los más beneficiados. En otro estudio semejante, Anwari *et al.* (2021) examina hasta qué punto el COVID-19 y las restricciones de viaje han afectado el comportamiento de viaje, mediante modelos de regresión logística que utilizan datos de cuestionarios aplicados en Bangladesh, encontrando que el COVID-19 causó poca variación en las frecuencias de viajes, pero mucha variación en las preferencias modales de viaje. Con el mismo enfoque, Parker *et al.* (2021) examinan los impactos en los patrones de comportamiento de viaje debido a la pandemia de COVID-19 en Estados Unidos, aplicando encuestas y utilizando modelos de regresión logística, obteniendo como resultados que los patrones de viaje de los usuarios del transporte público se vieron más afectados que otros modos de transporte.

Por último, Aaditya y Rahul (2021) ilustran estadísticamente el cambio en el comportamiento de elección de modo de viaje debido al COVID-19 y a las restricciones de viaje en la India, utilizando modelos de elección *logit*, encontrando que la conciencia y la percepción de riesgo de la enfermedad afectan significativamente el cambio de elección modal de viaje de las personas.

3. METODOLOGÍA

En esta sección se expondrá y detallará el proceso metodológico que se va a utilizar, con la finalidad de comprobar la hipótesis mencionada en este trabajo mediante modelos de elección discreta, y estos a su vez, necesitaron de información recabada a través de encuestas con la finalidad de obtener características sociodemográficas, características de viaje y la percepción del COVID-19 por parte de los usuarios del transporte público en el PIBJ, y por consiguiente, satisfacer con el objetivo propuesto anteriormente. Se define la secuencia que se utilizará para desarrollar la metodología, entre las que se pueden mencionar: planificación, variables utilizadas, método de la encuesta, diseño de la encuesta, diseño de la muestra, realización de la encuesta, manejo e interpretación de los datos, modelos utilizados, así como el software computacional a utilizar.

Cabe mencionar, que las encuestas relacionadas con la movilidad proporcionan información fundamental para la realización de los modelos que se utilizan para la simulación de sistemas de transporte, con el objetivo de detectar, diseñar y evaluar económicamente proyectos de inversión, además de obtener resultados relevantes y consistentes que ayuden a decidir en temas de políticas de transporte.

De acuerdo con Richardson *et al.* (1995) la ejecución de encuestas muestrales no es un proceso informal, por lo contrario, en un proceso que sigue una serie de pasos secuenciales e interconectadas con el objetivo de llegar al resultado final de la encuesta. Dichas etapas y el contenido de cada una de ellas para una encuesta muestral típica se muestran en la Tabla 1:

Tabla 1. Etapas y elementos de una encuesta muestral típica

Etapa	Elementos
Planificación preliminar	Objetivos generales del estudio Objetivos específicos de la encuesta Revisión de la información existente Formación de hipótesis Definición de términos Determinación de los recursos de la encuesta Especificación del contenido de la encuesta
Selección del método de encuesta	Selección del marco de tiempo de la encuesta Selección de la técnica de la encuesta Consideración de errores de encuesta
Diseño de la muestra	Definición de población objetivo Unidades de muestreo Marco de muestreo Método de muestreo Error de muestreo y sesgo de muestreo Tamaño y composición de la muestra Estimación de las variaciones de los parámetros Realización del muestreo
Diseño de instrumentos de encuesta	Tipos de instrumento de encuesta Contenido de la pregunta Técnicas de grabación de viajes Naturaleza física de las formas Tipos de preguntas Formato de la pregunta Redacción de la pregunta Orden de preguntas Instrucciones de preguntas
Encuesta piloto	Adecuación del marco de muestreo Variabilidad dentro de la población de la encuesta Estimación de la tasa de no respuesta Tamaño de la encuesta piloto Idoneidad del método de encuesta Adecuación del cuestionario (calendario) Eficiencia de la formación del entrevistador

	Idoneidad de los procedimientos de codificación, entrada de datos y edición
	Idoneidad de los procedimientos de análisis
	Costo y duración de las encuestas
	Eficiencia de la organización
Administración de la Encuesta	Procedimientos para la administración de encuestas de: Autocompletar, entrevista personal, teléfono, intercepción, entre otras.
	Ejecución y seguimiento de encuestas
	Control de calidad
	El uso de la computadora en las encuestas de transporte
Procesamiento de datos	Selección del método de codificación
	Desarrollo de programas de entrada de datos
	Capacitación en codificación y entrada de datos
	Administración de codificación
Edición de datos	Edición de hojas de campo
	Verificación de la entrada de datos
	Desarrollo de la edición de programas informáticos
	Comprobaciones de coherencia y alcance
Corrección y expansión de datos	Edición de correcciones de verificación
	Comparaciones de datos secundarios
	Correcciones por sesgos internos
Análisis y gestión de datos	Análisis de datos exploratorios
	Construcción de modelos
	Interpretación de resultados
	Gestión de la base de datos
	Prestación de servicios de soporte de datos
Presentación de resultados	Presentaciones verbales
	Presentaciones visuales
	Elaboración de informes
	Publicación de resultados
Poner en orden	Documentación del método de encuesta
	Almacenamiento y archivo de datos
	Cumplimiento de deberes administrativos

Fuente: Richardson *et al.* (1995).

Considerando lo anterior, para tomar decisiones adecuadas y razonables en la planificación, expansión y gestión de sistemas de transporte urbanos, es fundamental poseer información actualizada, fiable y cuantitativa referente a las características de la demanda de transporte (Ibeas *et al.*, 2007).

El proceso metodológico utilizado en la investigación está basado en Ampt y Ortúzar (2004), Stopher *et al.* (2003), Richardson *et al.* (1995) y Cambridge Systematics Inc. (1996) mencionados en Ibeas *et al.* (2007) donde indican los siguientes elementos para las encuestas de movilidad que se aplican en la mayoría de las encuestas vinculadas con los viajes, tomando en cuenta que presentan un proceso de implementación semejante. Ver Figura 1.

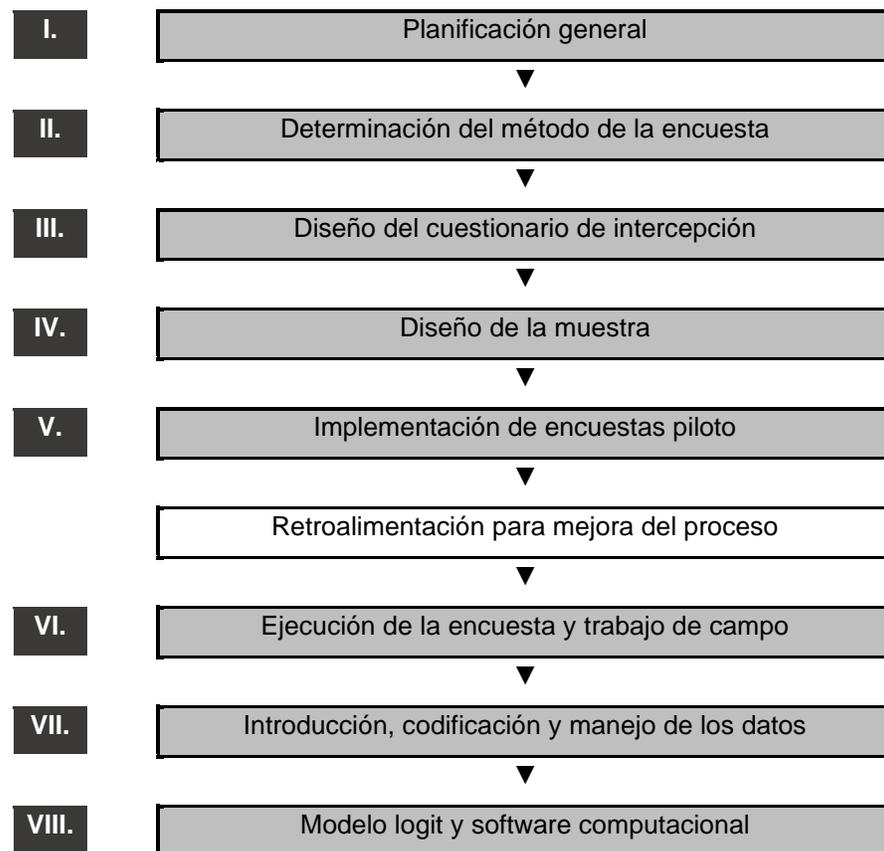


Figura 1. Esquema metodológico.

Fuente: Elaboración propia.

3.1. Planificación general

En este punto, lo principal es definir qué es lo que se pretende obtener con la aplicación de la encuesta de intercepción, con la finalidad de determinar el tipo de encuesta que se adapte mejor a los objetivos planteados, así como la calidad y cantidad de información que se va a necesitar, para constatar la hipótesis planteada en la presente investigación. Moser y Kalton (1958) mencionan que la planificación de una encuesta es básicamente la combinación de decisiones organizativas y decisiones técnicas.

Tomando en cuenta lo anterior, Ibeas *et al.* (2007) y Ortúzar y Willumsen (2008) definen los elementos que pueden restringir el desarrollo de la encuesta de intercepción, tales como:

- Duración del estudio: establecer el tiempo y los esfuerzos necesarios durante la recolección de datos.
- Horizonte del estudio: definir el lapso para el cual se estima que el estudio cumpla con sus objetivos.
- Límites del área de estudio: definir con precisión el área de interés específica.
- Recursos: establecer claramente las personas que estarán implicadas en el desarrollo del estudio y sus respectivas actividades a realizar.

De igual forma, se definen las variables necesarias implementadas en los cuestionarios, tomando en cuenta la percepción de riesgo del COVID-19 y las características sociodemográficas y de viaje, con la finalidad de desarrollar eficientemente el modelo propuesto:

- Características sociodemográficas: género, edad, educación, ocupación, licencia de conducir e ingreso personal mensual.
- Características de viaje: lugar de residencia, distancia de la residencia al lugar de trabajo, tiempo de caminata desde la residencia hasta la estación de transporte público, tiempos de viaje hasta el lugar de trabajo en transporte

público, costos de viaje, frecuencia de viaje por semana y modo de transporte antes y durante la pandemia de COVID-19.

- Percepción del COVID-19: sensaciones que genera el COVID-19, posibilidades de contraer el virus y comprensión de las medidas sanitarias en el transporte público.

Cabe aclarar, que los permisos o convenios con las empresas que permiten aplicar los cuestionarios de percepción del COVID-19 y de origen destino a los usuarios del transporte público del PIBJ, se sometieron a revisión y autorización por parte de las autoridades tanto de la Universidad Autónoma de Querétaro como del PIBJ. Es importante comprender que debido a la situación por la que se atraviesa, se vieron retrasados los tiempos y complicado los espacios de atención en los lugares de trabajo, esto debido a las medidas sanitarias y de trabajo aplicadas por las autoridades, sin embargo, se implementaron mecanismos adecuados para garantizar la realización de las encuestas en tiempo y forma.

3.1.1. Delimitación del área de estudio

Sin duda alguna, el sector industrial es de suma importancia para el desarrollo económico del estado de Querétaro, en este sentido, la investigación considera como zona de estudio el PIBJ en la zona urbana de Santiago de Querétaro, México, que está situado a 11 km (hacia el sur) del centro geográfico del municipio de Querétaro y a 4 km (hacia el noroeste) del centro de la localidad de Santiago de Querétaro. El PIBJ cuenta con una superficie territorial de 450 hectáreas e inicio sus operaciones desde el año 1963, hoy en día, con casi 60 años de operación, sigue manteniendo a empresas internacionales y nacionales que generan una gran cantidad de oportunidades laborales.

Cabe mencionar que la zona de estudio ha quedado atrapada por el crecimiento de la mancha urbana de los municipios de Querétaro, El Marqués y

Corregidora que comprenden a la Zona Conurbada de Querétaro, además, escuelas, viviendas y centros comerciales han generado que el parque se encuentre dentro de las zonas con mayor movilidad de transporte público del estado. Contemplando que el PIBJ es servido por 31 rutas diferentes de transporte público (10, 12, 21, 27, 29, 31, 36, 40, 45, 50, 51, 61, 66, 67, 72, 76, 81, 84, 96, 98, 105, 110, 121, 130, 131, 132, 133, 134, 136, L07 y A1), distribuidas en todos sus accesos, y que además, al ubicarse al interior de la metrópoli, es conectado por las vialidades más importantes de la Zona Metropolitana de Querétaro, convirtiéndose en un punto estratégico para analizar y alcanzar el objetivo de la presente investigación. La zona de estudio se presenta en la Figura 2.

El estado de Querétaro se ha distinguido en los últimos años, por ser uno de los estados mexicanos con mayor dinámica de crecimiento económico. De acuerdo al Instituto Mexicano para la Competitividad (IMCO, 2018) el Producto Interno Bruto de la Zona Metropolitana es aproximadamente el 72% del Producto Interno Bruto estatal. A nivel nacional, en el periodo 2003-2019, Querétaro fue el tercer estado con mayor crecimiento del PIB (4.66%) en México, solo superado por Baja California Sur y Quintana Roo (INEGI, 2021b).

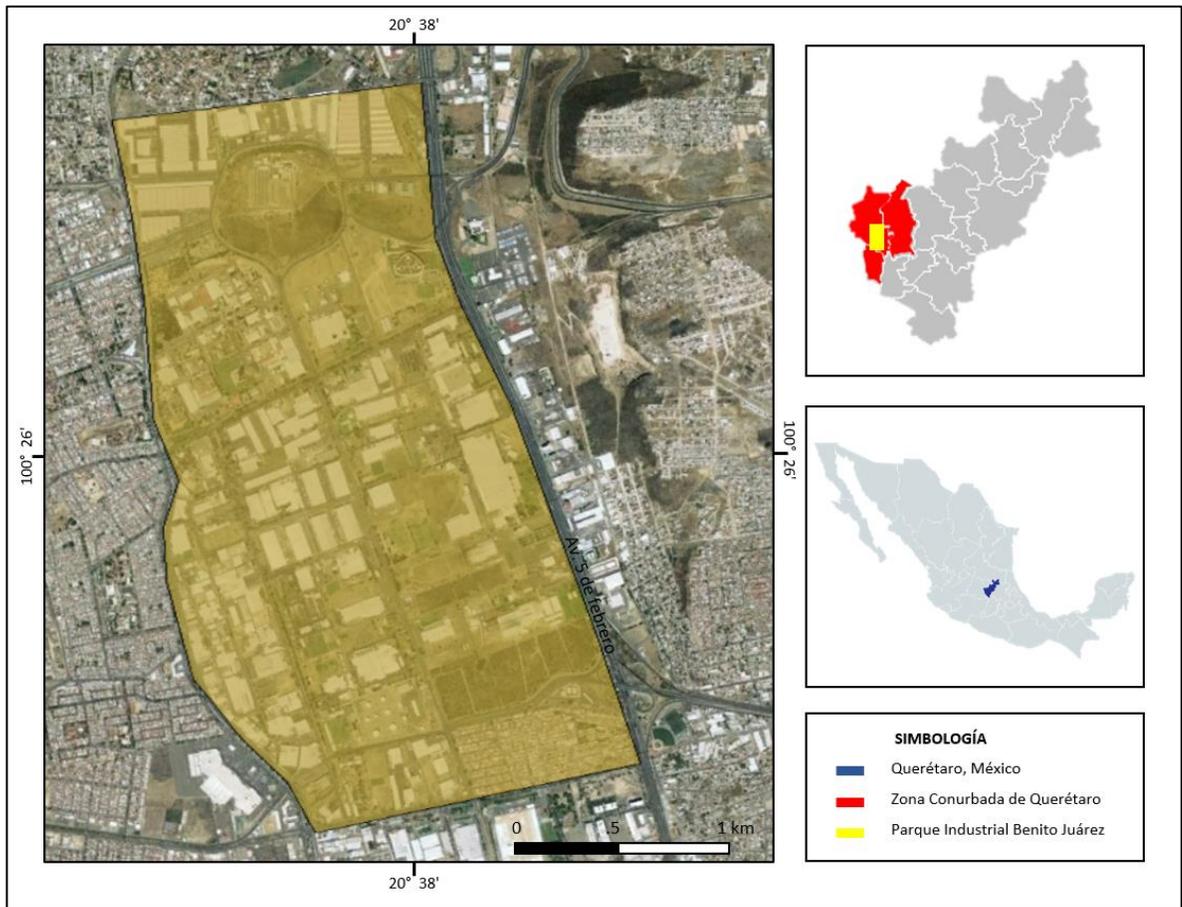


Figura 2. Zona de estudio
Fuente: Elaboración propia

3.2. Determinación del método de la encuesta

Ortúzar y Willumsen (2008) señalan que uno de los principales factores para la planificación del transporte urbano es la estimación empírica del comportamiento de los viajes. Mediante la implementación de encuestas de intercepción se podrá obtener información relacionada con las características sociodemográficas y características de viaje, y mediante la aplicación de encuestas de percepción de del COVID-19 se podrán obtener datos relacionados con esta en el transporte público por parte de los encuestados.

De esta manera, la realización de encuestas de intercepción en lugares de trabajo es un método que ha sido implementado con resultados favorables en la práctica y es recomendado para estudios que implican viajes en corredores por motivos de trabajo (Ortúzar y Willumsen, 2008). Para poder realizar las encuestas de intercepción en lugares de trabajo, es necesario solicitar un permiso especial a las empresas o instituciones para que permitan la aplicación de la encuesta a sus trabajadores, en este caso de las empresas del PIBJ. Es importante mencionar que los datos obtenidos al aplicar este tipo de encuestas se basan en la elección del destino, sin embargo, son aleatorios tomando en cuenta el modo de transporte.

Por otra parte, Ibeas *et al.* (2007) mencionan que, para la realización de encuestas de intercepción, es recomendable recurrir a la implementación de entrevistas personales o encuestas de auto-llenado, ya que son una práctica que proporciona resultados significativos. De esta manera, Ibeas *et al.* (2007) define a los tipos de entrevistas o encuestas de la siguiente manera:

- Entrevista personal: es aquella en la que el entrevistador y el entrevistado se encuentran presentes en un mismo lugar, en donde el entrevistador va registrando las respuestas de una serie de preguntas contestadas por el entrevistado.
- Encuestas de auto-llenado: son aquellas en la que el entrevistador no se encuentra presente, por lo que el entrevistado llena el formulario sin la asistencia del entrevistador. Son muy utilizadas en estudios de transporte.
- Encuestas telefónicas: son aquellas que surgen a raíz de dar seguimiento a las entrevistas personales o encuestas de auto-llenado.
- Encuestas en línea: son una herramienta que se utiliza para recolectar información mediante una serie de preguntas utilizando el internet como el medio de difusión. Su principal ventaja es poder llegar a las personas de manera instantánea.

Para las encuestas de auto-llenado, se debe procurar que el diseño del cuestionario sea lo más atractivo posible, con la finalidad de animar al encuestado

a responder las preguntas sin importar si se encuentran familiarizados con cuestionarios, considerando que este será el único contacto directo con los encuestados. Para las entrevistas personales, es fundamental capacitar a los entrevistadores, con la finalidad de que dominen e implementen de manera adecuada el diseño de la encuesta, además de asegurar que comprendan el contexto de estudio.

Tomando en cuenta lo anterior, para cumplir con el objetivo de la investigación, todos los cuestionarios se implementaron mediante entrevistas de intercepción y se aplicaron en la vía pública a usuarios del transporte público, específicamente en las entradas y salidas de la zona de estudio.

3.3. Diseño del cuestionario de intercepción

El nivel de fiabilidad de los datos, el presupuesto y los objetivos del estudio se son fundamentales cuando se desea diseñar una encuesta (Ibeas *et al.*, 2007). En la práctica, desde el principio del proceso el bosquejo de la encuesta se verá afectado muy probablemente por los recursos disponibles, por lo que para desarrollar una encuesta que sea confiable, se consideran los siguientes pasos (Cambridge Systematics Inc., 1996):

- Determinación de los recursos disponibles
- Identificación de la población a encuestar
- Identificación del marco muestral
- Selección de procedimientos de muestreo
- Determinación del tamaño máximo de la muestra
- Determinación de la precisión de la encuesta

Es así, como la cédula de encuesta o el cuestionario debe presentar una secuencia clara en sus preguntas, de manera que siga el proceso lógico de etapas que se llevan a cabo para realizar un viaje, tales como las referentes al origen, las

referentes al destino y las preguntas complementarias relacionadas con el servicio, esto con la finalidad de facilitar el llenado del cuestionario (Molinero y Sánchez, 1997).

Además, es recomendable implementar de manera aleatoria las encuestas de auto-llenado y entrevistas personales para la obtención de información, tomando en cuenta que se desea conseguir la tasa más alta posible de respuestas, evitando así, minimizar la probabilidad de sesgo en las respuestas (Ortúzar y Willumsen, 2008).

Por otra parte, es importante definir la fuente de obtención de los datos a recolectar, teniendo como bases las encuestas por preferencias reveladas y las encuestas por preferencias declaradas. Espino (2003) y Espino *et al.* (2004) las definen de la siguiente manera:

- Preferencias Reveladas: son aquellas que expresan el comportamiento observado de los usuarios respecto a sus decisiones de viaje en función de los atributos que explican la utilidad de las alternativas de viaje en escenarios reales.
- Preferencias Declaradas: son aquellas en donde los datos tratan de reflejar las preferencias individuales de los usuarios en situaciones hipotéticas establecidas por el encuestado con el mayor realismo posible.

Tomando en cuenta lo anterior, Bradley y Daly (1997) recomiendan que se realice la modelación con ambos tipos de enfoques, con la finalidad de aprovechar sus ventajas y reducir sus desventajas que se generarían al utilizarlos de manera individual.

Por lo tanto, el diseño del cuestionario se encuentra dividido en dos secciones fundamentales, la primera sección es el cuestionario Origen Destino (O-D) con preguntas de opción múltiple y la segunda sección es el cuestionario de percepción del COVID-19 con preguntas de tipo Likert de cinco niveles (nada, poco, regular, bastante y mucho), ordenadas de manera ascendente.

- 1) La primera sección proporciona información relacionada con las características sociodemográficas de los usuarios y las características de viaje de los viajeros. Las respuestas de esta sección revelan el comportamiento real de las personas, es decir, son de preferencias reveladas.
- 2) La segunda sección del cuestionario proporciona información vinculada con las sensaciones que genera el COVID-19, las percepciones de riesgo en distintos medios de transporte y la comprensión de las medidas sanitarias en el transporte público. Las respuestas de esta sección declaran el comportamiento de las personas en ciertas situaciones hipotéticas, es decir, son de preferencias declaradas.

Es importante aclarar, que la estructura del cuestionario contempla un número adecuado y suficiente de preguntas para cumplir con la hipótesis y objetivo de la investigación. Preguntas que han sido utilizadas en otras investigaciones como Pawar *et al.* (2020), Hotle *et al.* (2020), Tan y Ma (2020), Parady *et al.* (2020), Abdullah *et al.* (2021), Anwari *et al.* (2021) y Haas *et al.* (2020), enfocadas en identificar las alteraciones en el comportamiento de viaje debido al COVID-19, mismas que han dado resultados satisfactorios. No obstante, siempre se puede incluir alguna pregunta adicional para enriquecer los resultados, pero esto depende del contexto de cada investigación y zona de estudio.

3.3.1. Primera sección del cuestionario (Origen Destino)

El bosquejo del cuestionario se ha diseñado considerando investigaciones anteriores (Ibeas *et al.*, 2007). Las preguntas están vinculadas con características sociodemográficas de los encuestados, tales como sexo, edad, nivel de estudio, ocupación, ingreso, entre otros, y con características de viaje tales como origen-destino, motivo de viaje, distancias de viaje, tiempos de viaje, costos de viaje, frecuencias de viaje por semana, modo de transporte antes y durante la pandemia,

entre otros. En este cuestionario garantiza que la información principal sea recolectada, se determinan diferentes categorías y se estandarizan las variables. Cabe mencionar que las respuestas a estas secciones del cuestionario declaran el comportamiento real de las personas, es decir, son de preferencias reveladas. Ver Tabla 2.

Tabla 2. Cuestionario Origen Destino.

Sección	Contenido	Finalidad
1	Características sociodemográficas.	Identificar si las diferentes características sociodemográficas afectarán, en última instancia, si los usuarios deciden elegir el transporte público ante la pandemia de COVID-19.
	Características de viaje.	Determinar si las diferentes características de viaje son significativas al momento de que los usuarios deciden elegir al transporte público ante la pandemia de COVID-19.

Fuente: Elaboración propia.

3.3.2. Segunda sección del cuestionario (Percepción del COVID-19)

La estructura de este cuestionario se encuentra basado en investigaciones anteriores (Tan y Ma, 2020, Pawar *et al.*, 2020 y Hotle *et al.*, 2020). Las preguntas se encuentran vinculadas con la percepción del COVID-19 por parte de los usuarios del transporte público, siendo cuantificadas mediante una escala *Likert* (Cañadas y Sánchez, 1998), considerando que es una de las escalas más utilizadas en encuestas sociales, ya que permite la medición de la intención, actitud, evaluación o visión por parte de los encuestados hacia un determinado elemento de estudio. A menudo, las respuestas a muchas de las preguntas presentadas en encuestas se realizan en términos de cuantificadores (nunca, rara vez, ocasionalmente, a menudo, siempre), suponiendo que los cuantificadores no solo se presentan

ordenados según su intensidad, además, se presentan escalados por intervalos (Bradburn y Miles, 1979 y Pohl, 1981).

De esta manera, la escala presentada en la investigación establece cinco niveles de respuesta (nada, poco, regular, bastante y mucho) que permiten obtener respuestas imparciales, al mismo tiempo permitiendo que los encuestados no se fastidien. A diferencia de las secciones anteriores del cuestionario, en la sección 2 las respuestas declaran el comportamiento de las personas en ciertas situaciones hipotéticas, es decir, son de preferencias declaradas. Ver Tabla 3.

Tabla 3. Cuestionario Percepción del COVID-19.

Sección	Contenido	Finalidad
	Sensaciones que genera el COVID-19.	Distinguir el conocimiento, comprensión y perspectiva de los usuarios mediante las sensaciones sociopsicológicas que produce la pandemia.
2	Posibilidades de contraer el virus.	Determinar la percepción de riesgo que tienen los usuarios de contraer el virus en diferentes escenarios hipotéticos.
	Comprensión de las medidas sanitarias en el transporte público.	Identificar la perspectiva sobre la efectividad de las medidas preventivas, orientaciones establecidas y nivel de cumplimiento de estas.

Fuente: Elaboración propia.

3.4. Diseño de la muestra

Para poder determinar la muestra requerida para el estudio se tomará en cuenta la información preliminar que se tiene sobre la demanda de transporte del

lugar a encuestar, de esta manera, para crear una matriz de viajes entre las zonas se debe muestrear todo el sistema completo, con la finalidad de obtener medidas de comportamiento de todos los usuarios que utilizan el transporte público (Molinero y Sánchez, 1997).

Por otra parte, Ibeas *et al.* (2007) sostienen que cuando un fragmento de la población es utilizado con el propósito de obtener conclusiones razonables de un total de individuos de una determinada área de estudio, así como modelos de transporte seguros y sin sesgo, estamos hablando de un muestreo de algún tipo que se utilizan en las encuestas vinculadas con la movilidad. Obteniendo las siguientes ventajas al encuestar a tan solo una parte de la población:

- Factibilidad
- Optimización de tiempo para la obtención de resultados
- Fidelidad y calidad
- Económicas

De esta manera, Ortúzar y Willumsen (2008) señalan que el bosquejo de la muestra debe ser orientado a garantizar que los datos que se van a recolectar permitan obtener la mayor cantidad de información útil respecto a la población de interés, al menor costo posible.

3.4.1. Determinación de la muestra

Con base en Richardson *et al.* (1995) la adecuada definición de una muestra es aquella compilación de unidades que se eligen principalmente para ser representativas de una población total, es decir, forman parte de una población más grande.

Considerando la definición anterior, una muestra de encuesta estadísticamente confiable toma en cuenta las siguientes características que son de gran importancia para su desarrollo (Cambridge Systematics Inc., 1996):

- Delimitación de las variables más significativas
- Delimitación de restricciones y objetivos que integran la encuesta
- Identificación de las unidades que integran la muestra
- Identificación de la población que la muestra pretende representar
- Identificación de los elementos que forman el universo del marco muestral
- Cálculo del tamaño que debe tener la muestra
- Determinación de procedimientos para seleccionar la muestra
- Determinación de la precisión necesaria (error de muestreo)
- Estimación de los recursos necesarios

Cabe mencionar, que realizar el muestreo de una población, en lugar de realizar un censo de una población completa, comprende las siguientes ventajas:

- Calidad y precisión
- Rapidez y puntualidad
- Factibilidad
- Economía

3.4.2. Tamaño de la muestra

Para determinar el tamaño idóneo de la muestra se deberá tener en equilibrio el coste y la efectividad óptima de la misma en relación con los objetivos propuestos, tomando en consideración el motivo por el cual se solicita la información, de esta manera, al momento de estimar los parámetros de una población, se deben observar tres factores fundamentales (Ibeas *et al.*, 2007):

- El tamaño de la población a evaluar
- La versatilidad de los parámetros a medir en la población
- El grado de precisión requerido de los parámetros

Molinero y Sánchez (1997) mencionan que el tamaño de la muestra estará determinado conforme a la precisión y el nivel de confianza de 95%. Por otra parte, Ibeas *et al.* (2007) señalan que, para determinar la precisión de las estimaciones en encuestas con grandes poblaciones, es más importante la cantidad de observaciones en la muestra que la fracción muestral. Cuando se utilizan muestras pequeñas, tanto las predicciones de la población como las estimaciones de los parámetros serán muy variables (Koppelman y Chu, 1983).

Para poder estimar el tamaño de la muestra, con un nivel de confianza del 95%, una variable normal estándar de 1.96 (corresponde a un nivel de confianza del 95%) y un nivel de exactitud del 0.05 (error máximo del 5%), Smith (1979) propone la siguiente ecuación (para variables continuas):

$$n = \frac{CV^2 * Z_{\alpha}^2}{E^2}$$

donde:

n = tamaño de la muestra

CV = coeficiente de variación

Z_{α} = variable Normal estandarizada para el nivel de confianza (α) requerido

E = nivel de exactitud (expresado como proporción)

Smith (1979) menciona que el coeficiente de variación CV pueden derivarse de encuestas pasadas relacionadas con la planificación de transporte, en este caso, el valor para el CV será de 0.87 tomado de encuestas nacionales de transporte personal (Federal Highway Administration (FHWA), 1969). Por lo tanto, al aplicar la fórmula anterior obtenemos el siguiente resultado del número de cuestionarios a realizar:

$$n = \frac{0.87^2 * 1.96^2}{0.05^2}$$

$$n = 1163$$

Sin embargo, la formula anterior es utilizada generalmente para determinar en número de cuestionarios en encuestas O-D, pero para la presente investigación, se realizaron encuestas de intercepción de usuarios en la vía pública. Por lo tanto, Ibeas *et al.* (2007) menciona que los métodos que se utilizan para determinar el tamaño de la muestra a encuestar con un mejor aprovechamiento y a partir de un enfoque estadístico más lógico, requieren conocer la proporción de viajes a estimar, la variable Normal estandarizada, el nivel de exactitud y el tamaño total de la población.

Tomando en cuenta lo anterior, se realizó un segundo cálculo del número de cuestionarios a realizar aplicando la siguiente fórmula (Ibeas *et al.*, 2007):

$$n = \frac{p(1-p)}{\left(\frac{E}{Z}\right)^2 + \frac{p(1-p)}{N}}$$

donde:

n = tamaño de la muestra a encuestar

p = proporción de viajes a estimar (0.5 por ser el más conservador)

Z = variable Normal estandarizada para el nivel de confianza requerido

E = nivel de exactitud (expresado como proporción)

N = tamaño total de la población

Para determinar el tamaño de la población que actualmente trabaja en el PIBJ, se recurrió a consultar el Directorio Estadístico Nacional de Unidades Económicas (DENUE) (Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI), 2021). En dicho directorio se revisaron los datos de identificación, ubicación, actividad económica y tamaño de los negocios activos actualizados, fundamentalmente, en el segmento de los establecimientos grandes. De esta manera, tomando en cuenta los datos mencionados anteriormente, se pudo establecer con precisión que el

tamaño de la población que labora en el PIBJ es muy cercano a 7,500 trabajadores, distribuidos en 130 empresas enfocadas al crecimiento industrial de la entidad.

Considerando un tamaño de población de 7,500 trabajadores, un error máximo del 5% y un nivel de confianza del 95%, se aplica la fórmula anterior obteniendo el siguiente resultado del número de encuestas a realizar:

$$n = \frac{0.5(1 - 0.5)}{\left(\frac{0.05}{1.96}\right)^2 + \frac{0.5(1 - 0.5)}{7,500}}$$
$$n = 365$$

De esta manera, se obtiene como resultado final que el número de cuestionarios a realizar son 365, que fueron aplicadas durante octubre y noviembre del 2021. Lo ideal es tener un tamaño de muestra eficiente (en términos de costo), dado el objetivo y alcances de la investigación (Ibeas *et al.*, 2007). Sin embargo, Ortúzar (2000) señala que no existen reglas claras para el cálculo del tamaño de la muestra en todo tipo de situaciones; debido a que las variables de entrada son relativamente inciertas y subjetivas.

Aunado a lo anterior, debido a la falta de información por género y edad de la zona de estudio, únicamente se obtuvo el número de cuestionarios por aplicar de manera general. Sin embargo, es recomendable contemplar a cuantos hombres y a cuantas mujeres se deben encuestar y de que estrato de edad deben ser, para que la muestra realmente sea más representativa en cantidad y calidad de los datos.

3.4.3. Método de muestreo

El muestro se puede definir como una herramienta de investigación científica, que nos permite determinar que fracción de una población debe examinarse, con el objetivo de hacer conclusiones sobre dicha población. El muestreo aleatorio es la base para la mayoría de los métodos aceptables, tomando en cuenta que cada

unidad en la población tenga la misma posibilidad de ser muestreada y que la selección de cada unidad se realice de manera independiente (Ortúzar, 2000).

Ortúzar y Willumsen (2008), Richardson *et al.* (1995) y Cambridge Systematics Inc (1996) indican que dentro de los métodos de muestra más utilizados se encuentran los siguientes:

- Muestreo aleatorio simple: se basa en designar a cada unidad de la población un número y posteriormente se seleccionan estos números al azar para obtener una muestra.
- Muestreo aleatorio estratificado: se agrupa a la población en estratos de acuerdo a la información previamente establecida, posteriormente se utiliza el muestreo aleatorio simple a partir de cada estrato.
- Muestreo aleatorio sistemático: consiste en numerar a cada unidad de la población, pero solo se extrae un número en lugar de n números aleatorios, en secuencias para un intervalo determinado.
- Muestreo aleatorio conglomerado (en grupos): la unidad muestral se encuentra dividida en grupos de elementos de la encuesta.

La principal diferencia entre el muestreo estratificado y el muestreo conglomerado es que el primero toma muestras de grupos seleccionados, mientras el segundo toma una muestra aleatoria de cada uno de los estratos. Una muestra representativa debe ejemplificar las características de determinada población para que sea útil, es decir, debe mostrar las diferencias y similitudes encontradas en la población.

3.5. Implementación de encuestas piloto

Antes de aplicar los cuestionarios finales, se aplica un cuestionario piloto con el objetivo de determinar si la encuesta va a funcionar de manera eficiente y si el grado de entendimiento de las preguntas es el adecuado para el encuestado,

permitiendo poder revisar la información obtenida y realizar ajustes en el cuestionario en caso de ser necesarios. En este sentido, Molinero y Sánchez (1997) recomiendan la implementación de una encuesta piloto para comprobar que el grado de entendimiento de las preguntas sea adecuado para el encuestado, con la finalidad de revisar la información obtenida y realizar ajustes en el cuestionario en caso de ser necesarios.

Básicamente, la encuesta piloto consiste en ejecutar todo el proceso de la encuesta, considerando solo una fracción de la muestra total, con la finalidad de codificar y analizar la información obtenida. Las encuestas piloto permiten una gran variedad de ventajas, como las mencionadas a continuación:

- Proporcionan estimaciones preliminares de la varianza de las variables para poder ajustar el tamaño muestral
- Proporcionan un parámetro de costos de las encuestas
- Ayudan a la implementación de un cuestionario más atractivo y organizado
- Ayudan a estimar los tiempos de aplicación del cuestionario
- Estiman comportamientos y respuestas no esperadas de los individuos a encuestar
- Permiten ajustar la logística de implementación de la encuesta

3.5.1. Logística de la implementación

Una vez teniendo el permiso y autorización por parte de las autoridades del área de estudio, se aplicaron un total de 30 encuestas piloto, a los usuarios del transporte público del PIBJ, en los primeros días del mes de octubre del 2021. De acuerdo con la estrategia establecida y al calendario programado, aproximadamente se aplicaron de 10 a 15 encuestas por día, de lunes a viernes en un horario de trabajo de 9:00 a 12:00 horas. Cabe señalar, que dichas encuestas fueron aplicadas únicamente por el autor de la investigación y un ayudante capacitado.

Por otra parte, dentro de los principales problemas que se presentaron con frecuencia durante la aplicación de encuestas piloto, fue que el grado de entendimiento de algunas preguntas no fue el adecuado para el encuestado, debido a un mal planteamiento en la estructuración de algunas preguntas. Dicho problema se vio solucionado al realizar un ajuste y replanteamiento al formato del cuestionario final.

Cabe mencionar, que el cuestionario únicamente fue aplicado a usuarios del transporte público del PIBJ, tal y como lo requiere la investigación. Dicho filtro se pudo realizar al momento de interceptar a las personas y preguntar si son o eran usuarios del transporte público durante el COVID-19. Esto con la finalidad de evitar tener respuestas incorrectas o formatos de captación no válidos.

3.6. Ejecución de la encuesta y trabajo de campo

Después de haber implementado las encuestas piloto, el nivel de capacidad de los entrevistadores al ejecutar las encuestas y hacer el trabajo de campo será de mejor calidad y ayudará a obtener resultados significativos cuando se vuelvan a realizar las encuestas.

Vuchic (2005) menciona que el costo de las encuestas y la necesidad de información disponible son factores significantes para determinar la frecuencia y exhaustividad de las encuestas de campo.

Por lo tanto, el primer paso será elaborar un programa de aplicación de las encuestas, en donde se establezcan ordenadamente las zonas específicas a encuestar por jornada, así como las herramientas y equipo a utilizar. Después se necesita capacitar al encuestador de manera teórica y práctica, con la finalidad de familiarizarlo con el formato, aclarar dudas y detectar errores que se puedan presentar. Para las entrevistas personales, se debe verificar que el trabajo de campo se esté llevando de manera adecuada, supervisando que la calidad de los resultados se esté presentando como se ha pronosticado.

3.6.1. Logística de la implementación

Teniendo el permiso y autorización por parte de las autoridades del área de estudio, se aplicaron un total de 365 cuestionarios personales válidos, a los usuarios del transporte público del PIBJ, en un periodo comprendido de octubre a noviembre del 2021. Cabe señalar, que en el periodo en que se aplicaron los cuestionarios, la situación de la pandemia en México se mantenía en tendencia a la baja en casos confirmados, debido a que el pico de contagios de la tercera ola de coronavirus se había presentado a mediados de agosto del 2021 y desde entonces hubo una reducción sostenida en el número de contagios en el país. Aunado a lo anterior, la estrategia de vacunación influyó positivamente en los indicadores de la pandemia en México, ya que a finales de octubre del 2021 el 85% de la población mayor de 18 años ya contaba con al menos una dosis contra el COVID-19.

De acuerdo con la estrategia establecida y al calendario programado, aproximadamente se aplicaron de 20 a 30 encuestas por día, de lunes a viernes en un horario de trabajo de 9:00 a 12:00 horas. Cabe mencionar, que dichas encuestas fueron aplicadas únicamente por el autor de la investigación y un ayudante capacitado. A continuación, se mencionan los pasos que se realizaron para aplicar los cuestionarios:

- 1) Conformación de las zonas a encuestar y determinación del orden de cobertura. Dichas zonas y coberturas quedaron comprendidas únicamente en los puntos de ascenso y descenso del transporte público y en las entradas a cada empresa que se encuentran en el parque.
- 2) Obtención de los datos. Sucede cuando se contacta al entrevistado y se obtiene la información requerida mediante la aplicación de un cuestionario. Para realizar este paso se ubicó al entrevistador en el área establecida a cubrir y se realizó el llenado de los instrumentos de captación mediante una encuesta personal en no más de 5 minutos por persona encuestada.
- 3) Asegurarse de que las actividades se estén llevando a cabo bajo los lineamientos establecidos y en los tiempos programados, mediante la

supervisión y análisis de encuestas contestadas, con la finalidad de garantizar el avance, la cobertura y la calidad de la información.

Por otra parte, dentro de los principales problemas que se presentaron con frecuencia durante la aplicación de cuestionarios, fue el rechazo a realizar el cuestionario principalmente por parte del género femenino. Lo anterior fue debido a la inseguridad que implica cuando un extraño aborda a otra persona, aunado al riesgo latente a contraer el virus, a pesar de haber contado con todas las medidas sanitarias establecidas por las autoridades. Se puede decir que aproximadamente el 50% de las personas de género femenino rechazaron la aplicación del cuestionario. Mientras que por parte del género masculino hubo mayor aceptación, siendo contados los casos que rechazaron la aplicación del cuestionario, a pesar del riesgo de contagio al tener contacto con una persona desconocida.

Es importante recalcar que el cuestionario únicamente fue aplicado a usuarios del transporte público del PIBJ, tal y como lo requiere la investigación. Dicho filtro se pudo realizar al momento de interceptar a las personas y preguntar si son o eran usuarios del transporte público durante el COVID-19. Esto con la finalidad de evitar tener respuestas incorrectas o formatos de captación no válidos.

3.7. Recopilación, codificación y manejo de los datos

Una vez aplicadas todas las encuestas, se concentró y organizó la información captada, tomando en cuenta el número de folio de cada formato, para llevar el control y facilitar la distribución de cargas de trabajo durante su procesamiento.

Para la recopilación de datos se debe verificar que el llenado de las encuestas se haya desarrollado de manera adecuada, esto se puede determinar mediante la supervisión de los datos obtenidos en campo y su posterior validación en la oficina, con la finalidad de asegurar la confidencialidad de los datos. El grado de detalle puede presentar variaciones, desde comprobar que los formatos se encuentren en

buenas condiciones físicas superficiales, hasta la transcripción de cuestionarios dañados.

En cuanto a la distribución de cargas de trabajo, se deben tomar en cuenta los recursos humanos y las herramientas disponibles para llevar a cabo el procesamiento de los datos, considerando el número de cuestionarios a procesar, el promedio de horas de procesamiento por turno y el tiempo destinado al procesamiento.

Para poder utilizar la información obtenida de las encuestas, se deben codificar los resultados de las encuestas, para su posterior introducción manual a una base de datos electrónica que ayude a su interpretación y manejo esperado en el sistema. En este sentido, Ibeas *et al.* (2007) define un proceso de 3 etapas fundamentales para que los datos obtenidos de la implementación de encuestas a los usuarios se transformen en información utilizable:

- El entrevistador o la persona encuestada registra la respuesta
- El codificador transforma la respuesta en un código característico
- El digitalizador inserta el código característico en una base de datos

3.8. Modelo *logit* y software computacional

Mediante los modelos de elección discreta, como se menciona en la hipótesis de esta investigación, se pretende comprobar que la percepción del COVID-19 por parte de los usuarios del transporte público, influye en su cambio modal, ante situaciones de pandemia como el COVID-19.

El modelo *logit* de elección discreta es el más utilizado, debido a la facilidad de interpretar la fórmula para las probabilidades de elección de una alternativa, se debe comparar el valor de su utilidad con el valor de las utilidades de las otras alternativas y transformarse en un valor probabilístico entre 0 y 1 (Train, 2009). Por ejemplo, para la presente investigación la variable dependiente es la elección del

transporte público, donde $Y=1$ significa elegir el transporte público, $Y=0$ significa no elegir el transporte público.

Para la interpretación y manejo de la base de datos, se pretende utilizar el software computacional RStudio, definido por el R Development Core Team (2016) como un entorno y lenguaje de programación R para el análisis estadístico y la manipulación de datos, cálculos y gráficos. En RStudio, los modelos lineales generalizados son manejados por el comando $glm()$ (Daalgaard, 2008). A pesar de existir una serie de modelos basados en logística que se estiman utilizando la máxima verosimilitud, la única capacidad logística básica binaria y binomial de R se basa en $glm()$, que es una función en el módulo de la biblioteca de estadísticas que viene en el software RStudio (Hilbe, 2009).

Por otra parte, Ortúzar y Willumsen (2008) y Koppelman y Bhat (2006) mencionan que para determinar si un modelo es aceptable cuando se trata de modelos de regresión logística, se utiliza el índice ρ^2 (pseudo R^2), que se define como el aumento en la verosimilitud al pasar del modelo nulo (modelo con sólo constantes) a un modelo con variables explicativas

Como en el coeficiente de determinación R^2 , el máximo valor del índice ρ^2 es 1 y el valor mínimo es 0 y en la práctica, valores cercanos a 0.4 se puede considerar como un ajuste excelente o satisfactorio (Ortúzar y Willumsen, 2008). El índice ρ^2 , se expresa de la siguiente manera:

$$\rho^2 = 1 - \frac{l^*(\theta)}{l^*(0)}$$

donde:

ρ^2 = índice ρ^2 (pseudo R^2)

$l^*(\theta)$ = logaritmo de verosimilitud del modelo

$l^*(0)$ = logaritmo de verosimilitud del modelo nulo

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El objetivo de la investigación es identificar las variables que son significativas para explicar la relación entre variables sociodemográficas, de viaje y de percepción del COVID-19, con el cambio modal, en usuarios del transporte público, con la finalidad de comprender las variaciones en los patrones de viaje y generar medidas que garanticen la seguridad de los viajeros ante el surgimiento de un nuevo virus. Fomentando a la ampliación del campo de análisis, interpretación y discusión del tema de investigación en vinculación con las políticas públicas.

Con base en los datos del cuestionario, se seleccionan variables de características sociodemográficas, características de viaje y la percepción del COVID-19 para establecer un modelo de regresión logística binaria, analizando si los viajeros elegirán el transporte público. La variable dependiente Y es una variable binaria, en donde “Y = 1” significa elegir el transporte público y, “Y = 0” significa no elegir el transporte público.

4.1. Análisis preliminar de variables significativas

4.1.1. Características sociodemográficas

Cada usuario del transporte público presenta diferentes características sociodemográficas (género, edad, relación con el jefe/a del hogar, nivel de educación, ocupación, ingresos personales, entre otras) ocasionando que tengan un comportamiento de elección heterogéneo entre cada uno de ellos. Por esta razón, al momento de que los viajeros tomen la decisión de elegir al transporte público durante la pandemia de COVID-19 se verán afectados por la gran variedad de características sociodemográficas que les caracterizan. Las estadísticas descriptivas correspondientes a las características sociodemográficas obtenidas de los cuestionarios se presentan a continuación.

En lo que respecta al género de los 365 encuestados, 73 son mujeres representando un 20.00% de la muestra y 288 son hombres representando un 78.90% de la muestra. Cabe mencionar que estos resultados se vieron afectados por la desconfianza principalmente del género femenino al contestar a un desconocido. Ver las estadísticas descriptivas en la Tabla 4 y la Figura 3.

Tabla 4. Género de los encuestados.

Variable	Categoría	Frecuencia	%
Género	Femenino	73	20.00
	Masculino	288	78.90
	Otro	4	1.10
		365	100.00

Fuente: Elaboración propia.

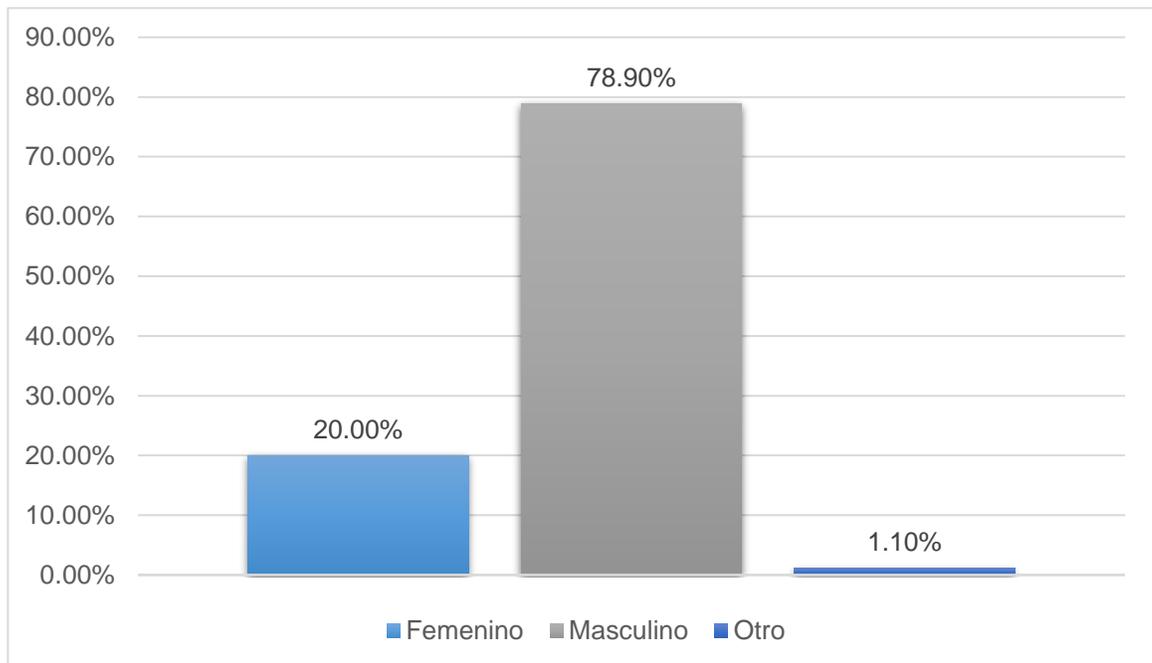


Figura 3. Género de los encuestados.

Fuente: Elaboración propia.

En lo que respecta a la edad de los 365 encuestados, dado que la mayoría de los usuarios del transporte público que labora en el PIBJ son personas de mediana edad que representan a la principal fuerza laboral de la sociedad, la mayor parte de edad encuestada se encuentra entre 31 a 40 años, representando un 44.11% de la muestra. Ver las estadísticas descriptivas en la Tabla 5 y la Figura 4.

Tabla 5. Edad de los encuestados.

Variable	Categoría	Frecuencia	%
Edad	21 a 30 años	130	35.62
	31 a 40 años	161	44.11
	41 a 50 años	58	15.89
	Mayor a 50 años	16	4.38
		365	100.00

Fuente: Elaboración propia.

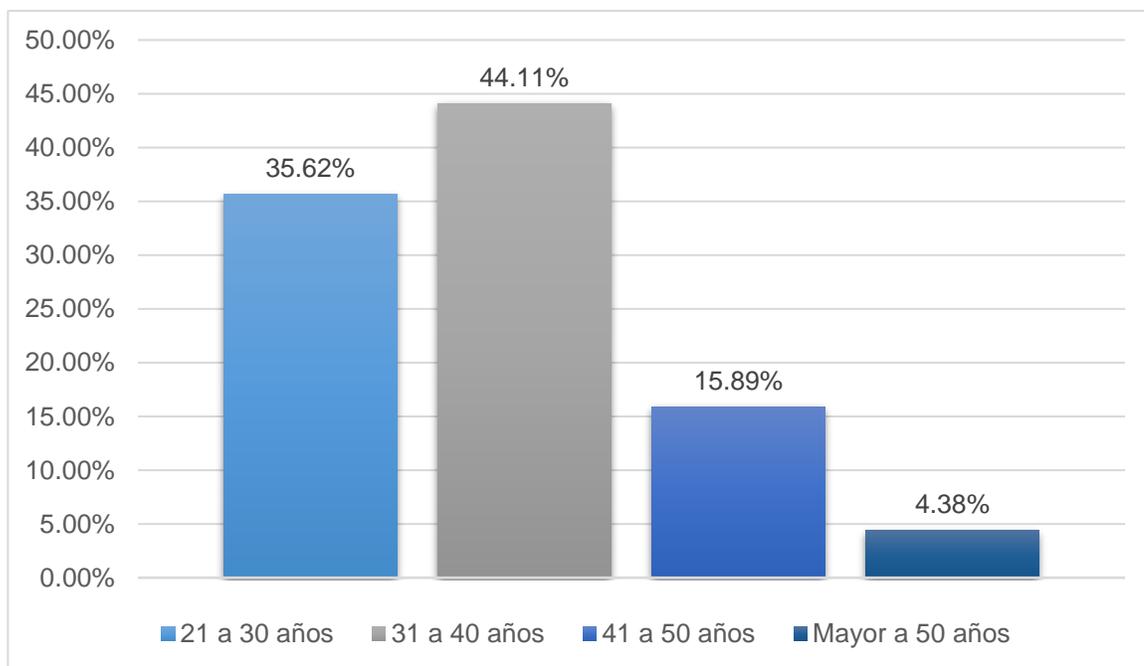


Figura 4. Edad de los encuestados.

Fuente: Elaboración propia.

En lo que respecta a la relación con el jefe/a del hogar de los 365 encuestados, los principales datos mostraron que 158 personas son el jefe/a del hogar representando un 43.29% de la muestra y 140 personas son el hijo/a del jefe/a del hogar representando un 38.36% de la muestra. Ver las estadísticas descriptivas en la Tabla 6 y la Figura 5.

Tabla 6. Relación con jefe/a del hogar de los encuestados.

Variable	Categoría	Frecuencia	%
Relación con jefe/a del hogar	Soy la jefa/e	158	43.29
	Esposo/a	40	10.96
	Hijo/a	140	38.36
	Otro	27	7.40
		365	100.00

Fuente: Elaboración propia.

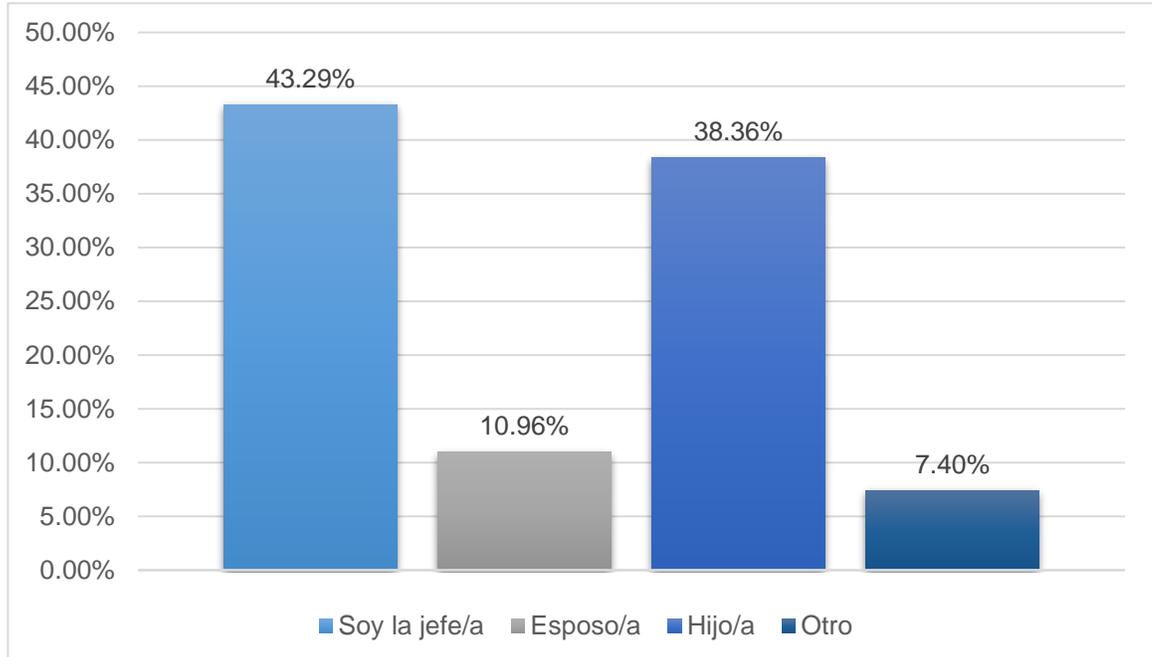


Figura 5. Relación con jefe/a del hogar de los encuestados.

Fuente: Elaboración propia.

En lo que respecta al nivel educativo (completo) de los 365 encuestados, aproximadamente el 38.90% de los usuarios terminó la universidad o un nivel superior, seguido del 35.89% que representa a los usuarios que terminaron su educación hasta el nivel de bachillerato o preparatoria. Ver las estadísticas descriptivas en la Tabla 7 y la Figura 6.

Tabla 7. Nivel de educación (completo) de los encuestados.

Variable	Categoría	Frecuencia	%
Nivel de educación (completo)	Nivel básico (primaria y secundaria)	92	25.21
	Nivel medio (bachillerato o preparatoria)	131	35.89
	Nivel superior (licenciatura y maestría)	142	38.90
		365	100.00

Fuente: Elaboración propia.

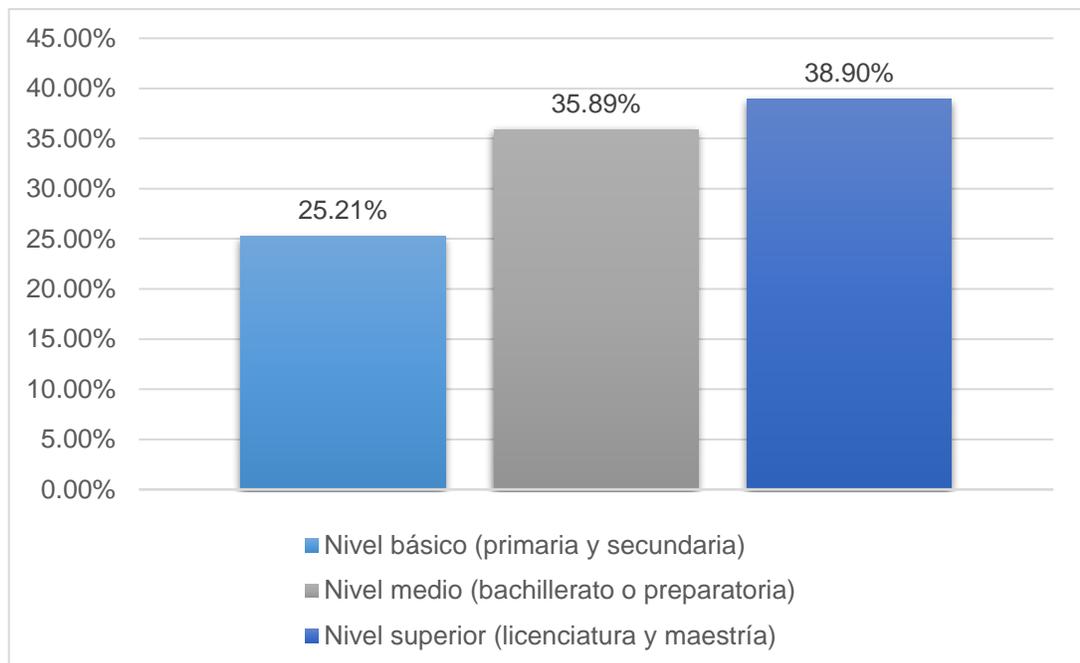


Figura 6. Nivel de educación (completo) de los encuestados.

Fuente: Elaboración propia.

En lo que respecta a la ocupación de los 365 encuestados, el 46.30% son usuarios con ocupación básica (limpieza, conductor, auxiliar y seguridad) y el 35.07% son usuarios con ocupación intermedia (técnico y administrativo), ya que, debido a su puesto intermedio a básico, tienen que utilizar el transporte público de manera más necesaria durante la pandemia de COVID-19. Ver las estadísticas descriptivas en la Tabla 8 y la Figura 7.

Tabla 8. Ocupación de los encuestados.

Variable	Categoría	Frecuencia	%
Ocupación	Básica (limpieza, conductor, auxiliar y seguridad)	169	46.30
	Intermedia (técnico y administrativo)	128	35.07
	Alta (operativo, supervisor y otro)	68	18.63
		365	100.00

Fuente: Elaboración propia.

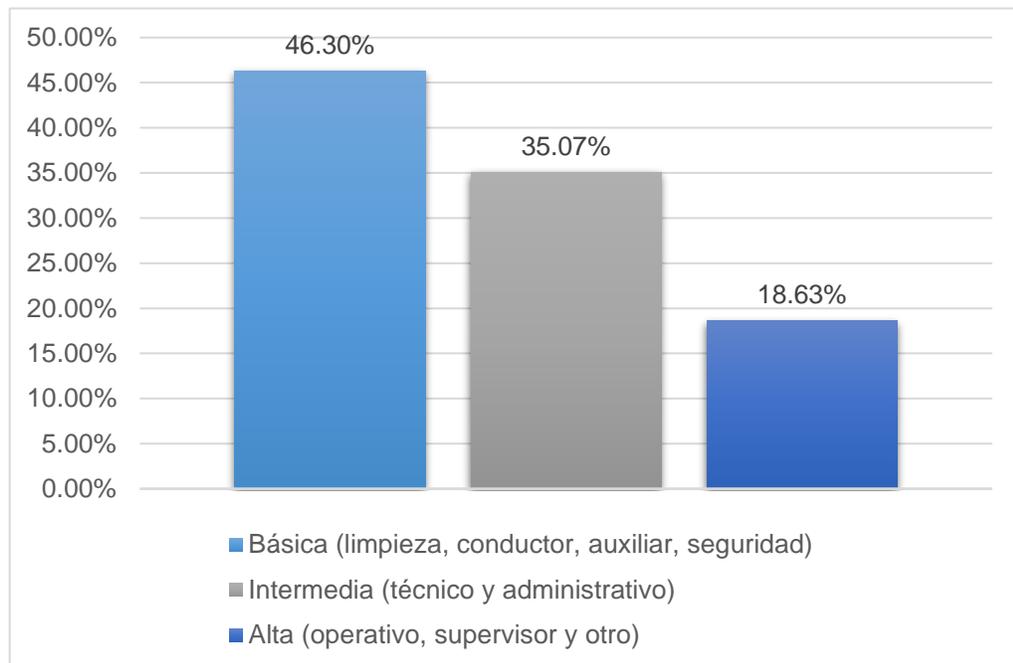


Figura 7. Ocupación de los encuestados.

Fuente: Elaboración propia.

En lo que respecta a los ingresos personales mensuales de los 365 encuestados, el 71.51% se encuentra en el rango de \$10,000-\$15,000 al mes, seguido del 20.27% que se encuentra en el rango de menor a \$10,000. Dichos resultados tienen coherencia, relacionando el salario de los usuarios con la posibilidad de viajar en un medio más costoso que el transporte público. Ver las estadísticas descriptivas en la Tabla 9 y la Figura 8.

Tabla 9. Ingresos personales mensuales de los encuestados.

Variable	Categoría	Frecuencia	%
Ingreso personal mensual	Menor a \$10000	74	20.27
	\$10000 a \$15000	261	71.51
	Mayor a \$15000	30	8.22
		365	100.00

Fuente: Elaboración propia.

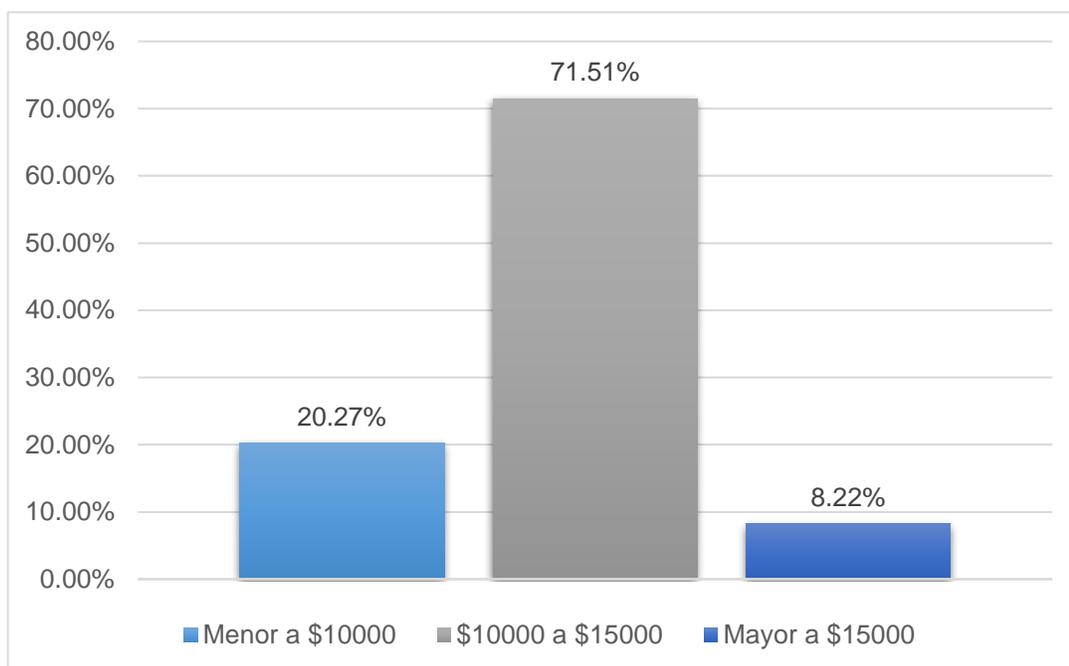


Figura 8. Ingresos personales mensuales de los encuestados.

Fuente: Elaboración propia.

4.1.2. Características de viaje

Las principales características de viaje son la distancia de la residencia al lugar de trabajo, el tiempo de caminata del hogar al transporte público, el tiempo de viaje, el costo de viaje, la frecuencia de viaje por semana, el modo de transporte antes y durante la pandemia de COVID-19. Sin lugar a duda estas características tendrán afectaciones significativas en dado caso de que los usuarios decidan utilizar o no el transporte público. A continuación, se muestran las estadísticas descriptivas obtenidas de las encuestas respecto a las características de viaje de los usuarios.

En lo que respecta a la distancia de la residencia al lugar de trabajo, el 47.67% de los usuarios encuestados recorren una distancia entre 5 y 10 kilómetros, lo que significa que se viven a una distancia relativamente cercana al lugar de trabajo, tomando en cuenta que la magnitud de la ciudad de Querétaro es de 15 km en promedio. Ver las estadísticas descriptivas en la Tabla 10 y la Figura 9.

Tabla 10. Distancia de la residencia al lugar de trabajo de los encuestados.

Variable	Categoría	Frecuencia	%
Distancia de la residencia al lugar de trabajo	Menor a 5 km	118	32.33
	5 a 10 km	174	47.67
	10 a 15 km	43	11.78
	Mayor a 15 km	30	8.22
		365	100.00

Fuente: Elaboración propia.

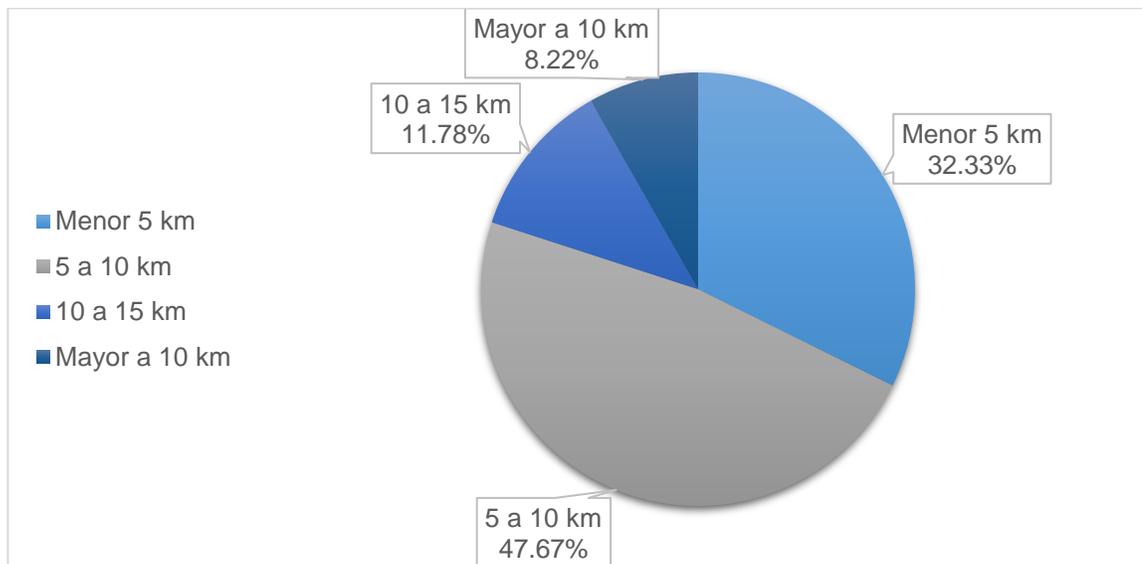


Figura 9. Distancia de la residencia al lugar de trabajo de los encuestados.

Fuente: Elaboración propia.

En lo referente al tiempo de caminata del hogar al transporte público, el 54.79% de los usuarios encuestados caminan entre 5 y 10 minutos de su hogar al transporte público, lo que significa un tiempo de caminata aceptable, considerando que en 15 min se puede caminar 1 km en promedio. Ver las estadísticas descriptivas en la Tabla 11 y la Figura 10.

Tabla 11. Tiempo de caminata del hogar al transporte público de los encuestados.

Variable	Categoría	Frecuencia	%
Tiempo de caminata del hogar al transporte público	Menor a 5 min	93	25.48
	5 a 10 min	200	54.79
	Mayor a 10 min	72	19.73
		365	100.00

Fuente: Elaboración propia.

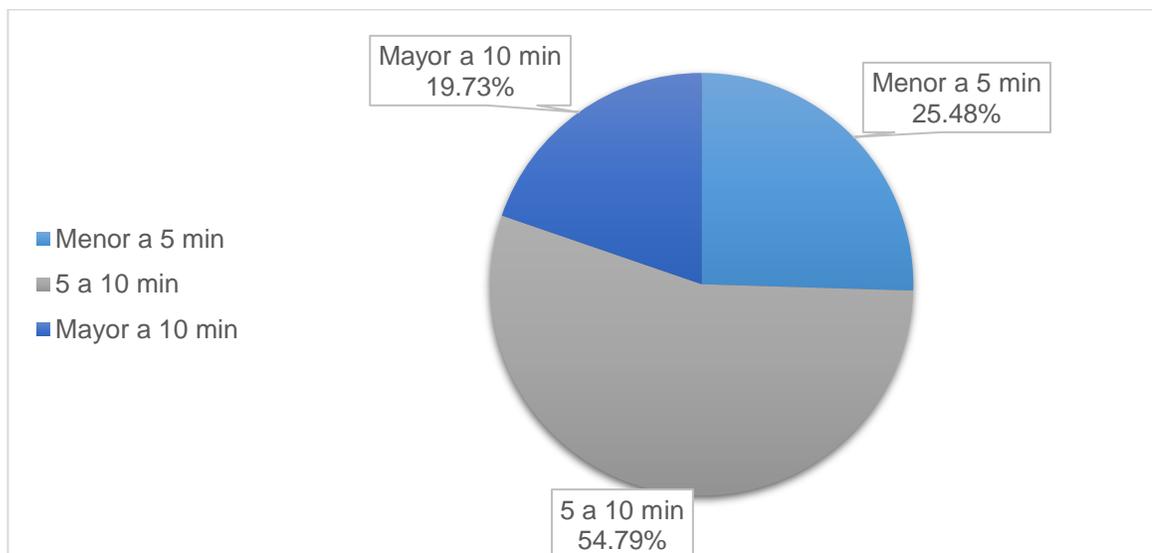


Figura 10. Tiempo de caminata del hogar al transporte público de los encuestados.

Fuente: Elaboración propia.

En lo que respecta al tiempo de viaje, el 46.03% de los encuestados presenta un tiempo de viaje mayor a los 30 min, lo que significa un tiempo de viaje promedio, ya que considerando los niveles altos de tráfico que se presenta en la ciudad de Querétaro, es común tardar más de 30 min en cruzar la ciudad. Ver las estadísticas descriptivas en la Tabla 12 y la Figura 11.

Tabla 12. Tiempo de viaje de los encuestados.

Variable	Categoría	Frecuencia	%
Tiempo de viaje	Menor a 10 min	26	7.12
	10 a 20 min	53	14.52
	20 a 30 min	118	32.33
	Mayor a 30 min	168	46.03
		365	100.00

Fuente: Elaboración propia.

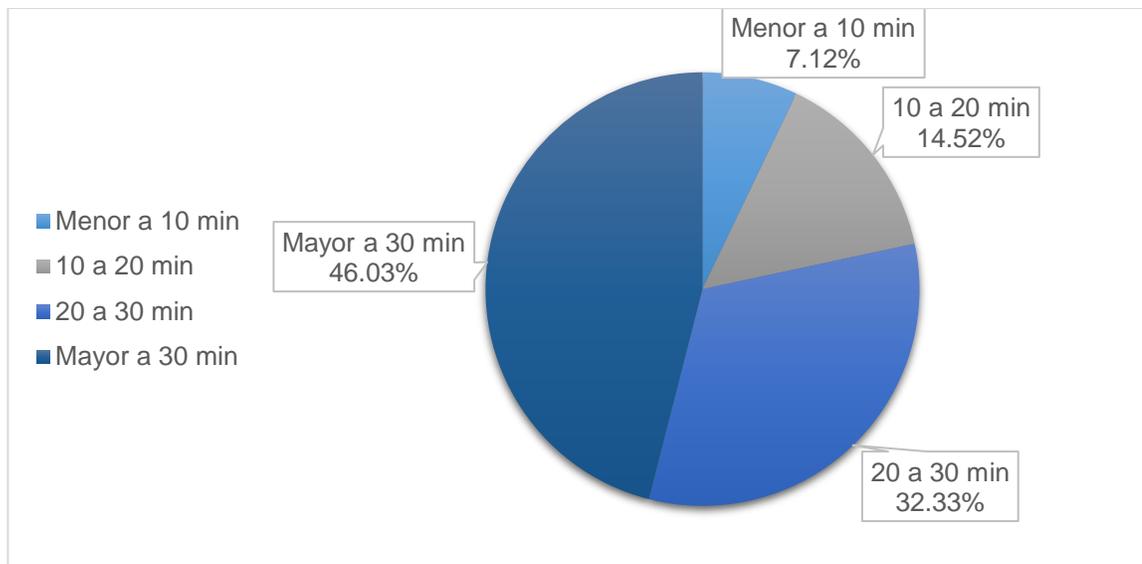


Figura 11. Tiempo de viaje de los encuestados.

Fuente: Elaboración propia.

El costo de viaje presentado por los encuestados se encuentra entre \$10 a \$20, este dato se refleja en un 58.63% del total de los encuestados. El costo de viaje es relativamente aceptable, ya que el promedio del costo de viaje en ciudades de México está entre \$6 a \$14, incentivando a los usuarios a viajar en transporte público. Ver las estadísticas descriptivas en la Tabla 13 y la Figura 12.

Tabla 13. Costo de viaje de los encuestados.

Variable	Categoría	Frecuencia	%
Costo de viaje	Menor a \$10	37	10.14
	\$10 a \$20	214	58.63
	\$20 a \$30	96	26.30
	Mayor a \$30	18	4.93
		365	100.00

Fuente: Elaboración propia.

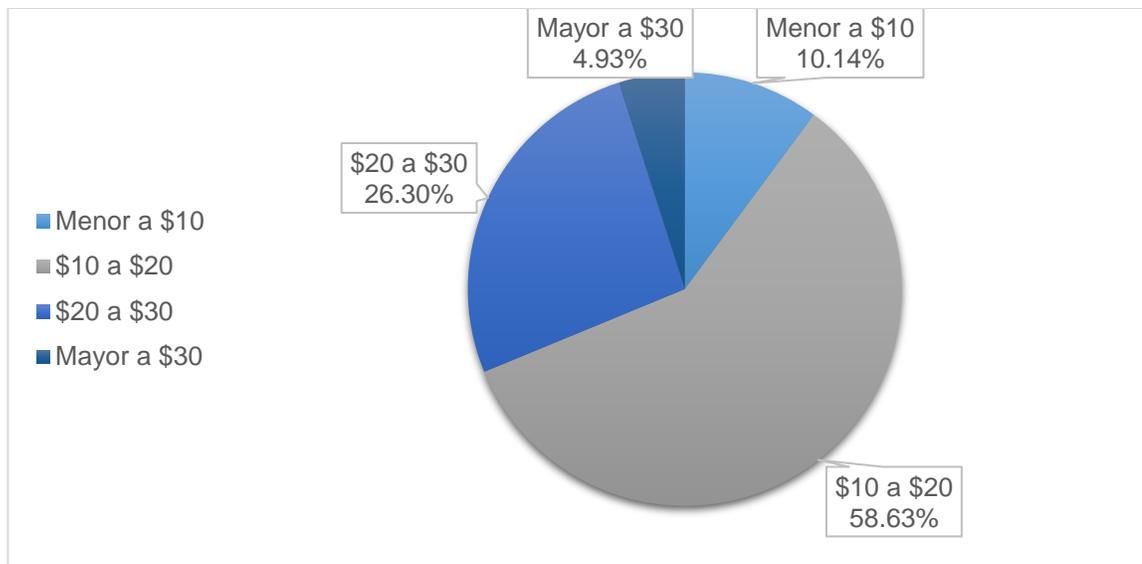


Figura 12. Costo de viaje de los encuestados.

Fuente: Elaboración propia.

En lo referente a la frecuencia de viaje por semana, el 53.15% de los encuestados viaja de 3 a 4 veces por semana al lugar de trabajo, lo que significa que durante la pandemia el trabajo desde casa se incrementó debido a las restricciones implementadas por las autoridades, ya que normalmente se trabajan 5 o 6 veces por semana en el sector privado. Ver las estadísticas descriptivas en la Tabla 14 y la Figura 13.

Tabla 14. Frecuencia de viaje por semana de los encuestados.

Variable	Categoría	Frecuencia	%
Frecuencia de viaje por semana	1 a 2 veces	7	1.92
	3 a 4 veces	194	53.15
	5 a 6 veces	164	44.93
		365	100.00

Fuente: Elaboración propia.

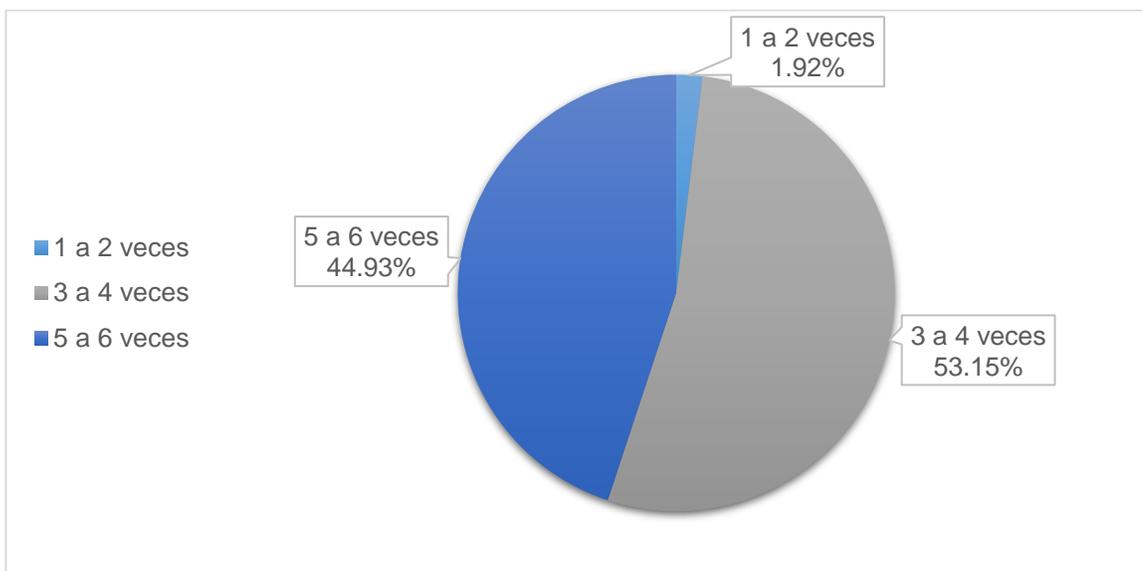


Figura 13. Frecuencia de viaje por semana de los encuestados.

Fuente: Elaboración propia.

Cabe mencionar que en la encuesta se preguntó la preferencia modal de viaje de los viajeros antes y durante la pandemia. Sin embargo, como las encuestas fueron aplicadas exclusivamente a los usuarios del transporte público para cumplir con el objetivo de la investigación. Ver las estadísticas descriptivas en la Tabla 15 y la Figura 14.

Tabla 15. Modo de transporte antes de la pandemia de los encuestados.

Variable	Categoría	Frecuencia	%
Modo de transporte antes de la pandemia	Transporte público	365	100.00
	Automóvil	0	0.00
	Bicicleta	0	0.00
	Caminar	0	0.00
	Otro	0	0.00
			365

Fuente: Elaboración propia.

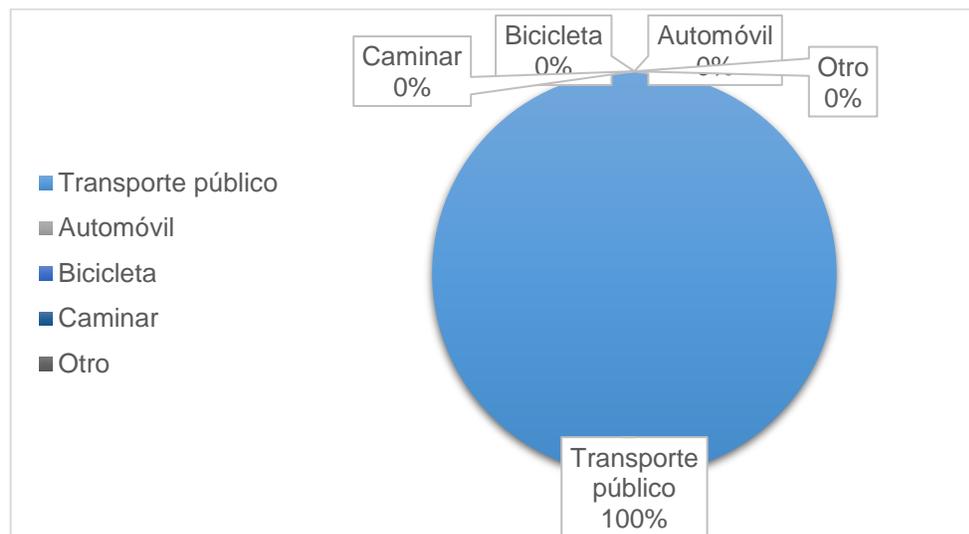


Figura 14. Modo de transporte antes de la pandemia de los encuestados.

Fuente: Elaboración propia.

En respuesta al modo de viaje utilizado durante el COVID-19, el 82.19% de los usuarios contestó que seguía utilizando el transporte público como modo de viaje, dato que refleja que el 17.81% de los usuarios dejó de utilizar el transporte público y decidió utilizar otro modo de viaje. Sin embargo, a pesar de la disminución de usuarios en el transporte público durante la pandemia, debido a que algunos cambiaron a otro modo de viaje, el transporte público sigue siendo el modo de viaje más utilizado. Ver las estadísticas descriptivas en la Tabla 16 y la Figura 15.

Tabla 16. Modo de transporte durante la pandemia de los encuestados.

Variable	Categoría	Frecuencia	%
Modo de transporte durante la pandemia	Transporte público	300	82.19
	Automóvil	39	10.68
	Bicicleta	6	1.64
	Caminar	12	3.29
	Otro	8	2.19
		365	100.00

Fuente: Elaboración propia.

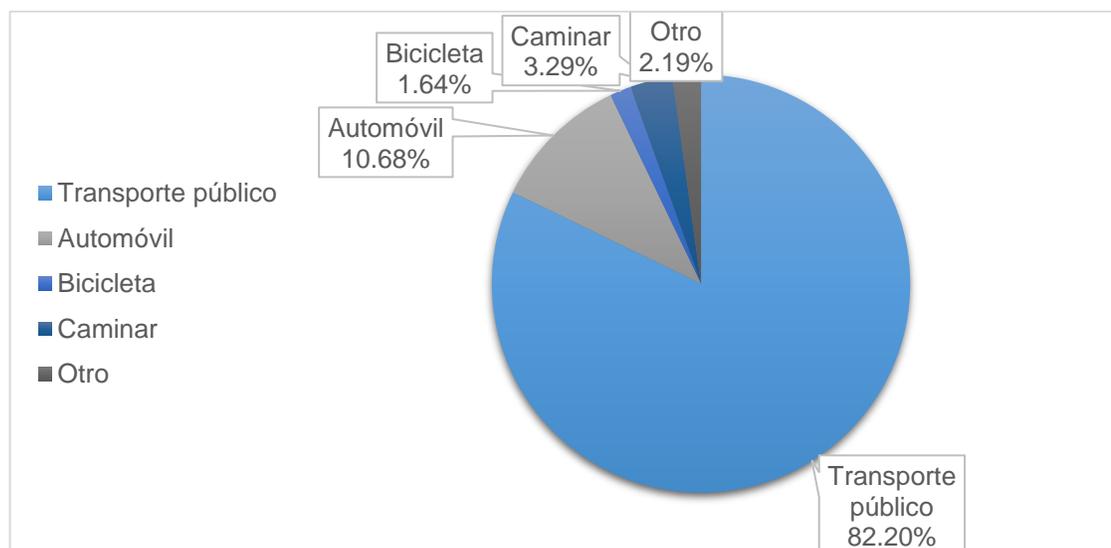


Figura 15. Modo de transporte durante la pandemia de los encuestados.

Fuente: Elaboración propia.

4.1.3. Percepción del COVID-19

Las personas pueden sentir inseguridad o preocupación cuando perciben un peligro potencial en el transporte público, en este caso el riesgo de contraer el COVID-19. Tener conocimiento y comprender el COVID-19 por parte del individuo hace referencia a la percepción del COVID-19, que sin duda alguna se encuentra vinculada con la preferencia modal de viaje de los usuarios. De esta manera, la percepción del COVID-19 en la investigación comprende tres aspectos principales que se incluyeron en los cuestionarios aplicados a los usuarios, tales como: las sensaciones que genera el COVID-19 en los usuarios del transporte público, las percepciones de riesgo en distintos medios de transporte y la comprensión de las medidas sanitarias implementadas en el transporte público.

El nivel de percepción del COVID-19 se encuentra acorde a los cinco niveles Likert (nada, poco, regular, bastante y mucho). En donde el nivel 5 significa el nivel más alto de percibir las sensaciones que genera el COVID-19, también representa el nivel más alto de percibir el riesgo de contraer el virus e igualmente significa el nivel más alto de percibir las medidas sanitarias implementadas por las autoridades en el transporte público. Por otra parte, el nivel 1 representa el grado más bajo de percibir las sensaciones que genera el COVID-19, también representa el grado más bajo de percibir el riesgo de contraer el virus e igualmente significa el grado más bajo de percibir las medidas sanitarias implementadas por las autoridades en el transporte público. Las estadísticas descriptivas correspondientes a la percepción del COVID-19 obtenidas de la encuesta, se presentan a continuación.

4.1.3.1. Sensaciones que genera el COVID-19

En cuanto a las sensaciones que genera el COVID-19: el grado de comprensión de la pandemia, el grado de preocupación por la pandemia, el grado de molestia por la pandemia, el grado de amenaza a su vida por la pandemia y el grado de conocimiento de las consecuencias de contagiarse, se concentran en el nivel 4 (bastante), representando el 37.26%, 44.66%, 43.56%, 48.77% y 53.34% respectivamente. Lo que indica que la mayoría de los encuestados presentan

sensaciones negativas altas ante la pandemia de COVID-19, pero de igual forma presenta un nivel alto de comprensión y conocimiento de la situación. Por lo tanto, se entiende que los usuarios realmente perciben al COVID-19 como una situación de riesgo para su salud y sus vidas, ocasionando que espacios cerrados como el transporte público, se vea afectado en el número de usuarios que lo utiliza debido al riesgo constante de propagación del virus.

A continuación, se muestran las estadísticas descriptivas obtenidas de las encuestas respecto a las sensaciones que genera el COVID-19 en los usuarios del transporte público. Ver Tabla 17, 18, 19, 20, y 21, y Figura 16, 17, 18, 19, y 20.

Tabla 17. Grado de comprensión de la pandemia de los encuestados.

Variable	Categoría	Frecuencia	%
Grado de comprensión de la pandemia	Nada	12	3.29
	Poco	79	21.64
	Regular	114	31.23
	Bastante	136	37.26
	Mucho	24	6.58
		365	100.00

Fuente: Elaboración propia.

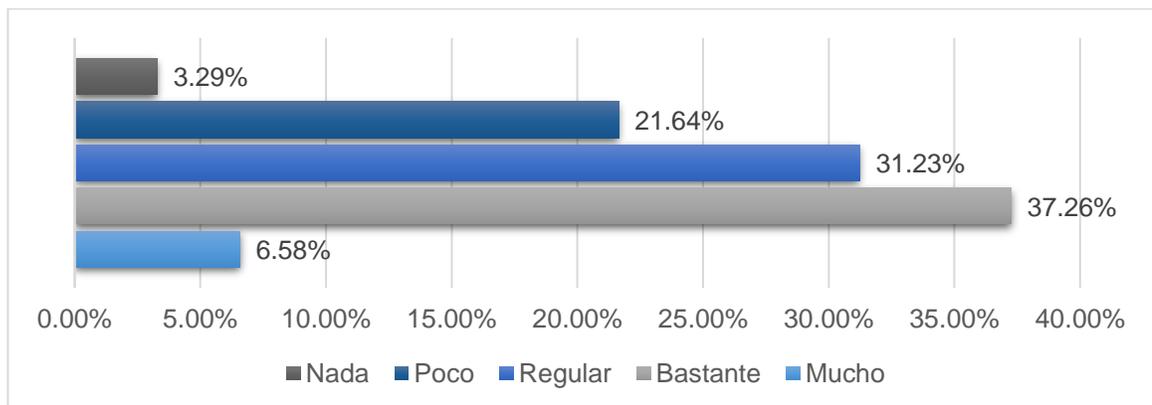


Figura 16. Grado de comprensión de la pandemia de los encuestados.

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 18. Grado de preocupación por la pandemia de los encuestados.

Variable	Categoría	Frecuencia	%
Grado de preocupación por la pandemia	Nada	1	0.27
	Poco	9	2.47
	Regular	144	39.45
	Bastante	163	44.66
	Mucho	48	13.15
		365	100.00

Fuente: Elaboración propia.

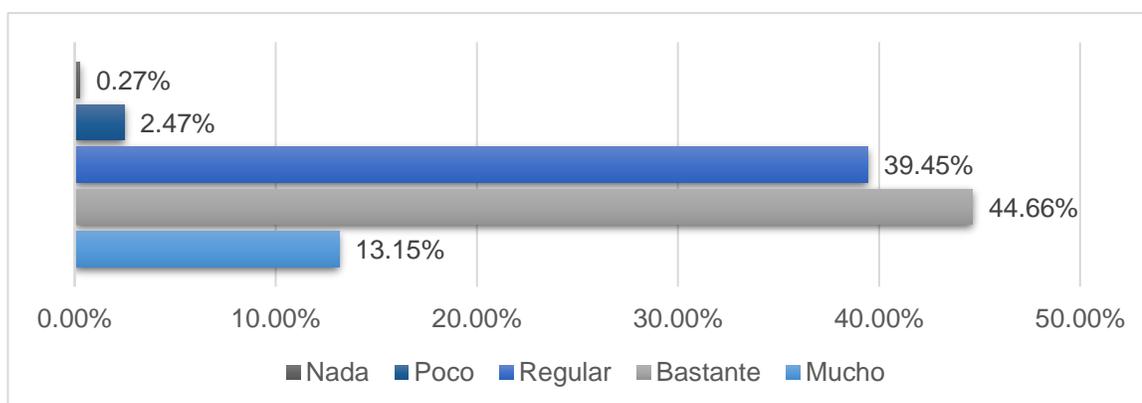


Figura 17. Grado de preocupación por la pandemia de los encuestados.

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 19. Grado de molestia por la pandemia de los encuestados.

Variable	Categoría	Frecuencia	%
Grado de molestia por la pandemia	Nada	9	2.47
	Poco	23	6.30
	Regular	121	33.15
	Bastante	159	43.56
	Mucho	53	14.52
		365	100.00

Fuente: Elaboración propia.

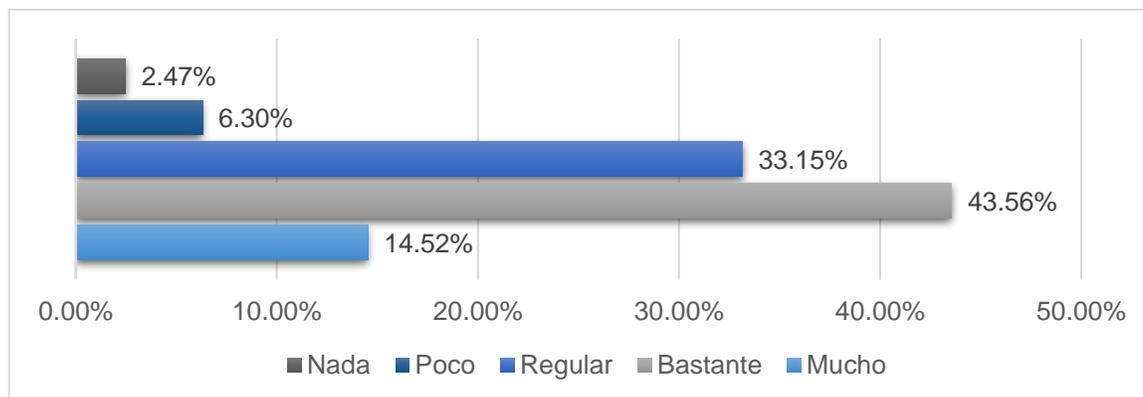


Figura 18. Grado de molestia por la pandemia de los encuestados.

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 20. Grado de amenaza a su vida por la pandemia de los encuestados.

Variable	Categoría	Frecuencia	%
Grado de amenaza a su vida por la pandemia	Nada	0	0.00
	Poco	23	6.30
	Regular	113	30.96
	Bastante	178	48.77
	Mucho	51	13.97
		365	100.00

Fuente: Elaboración propia.

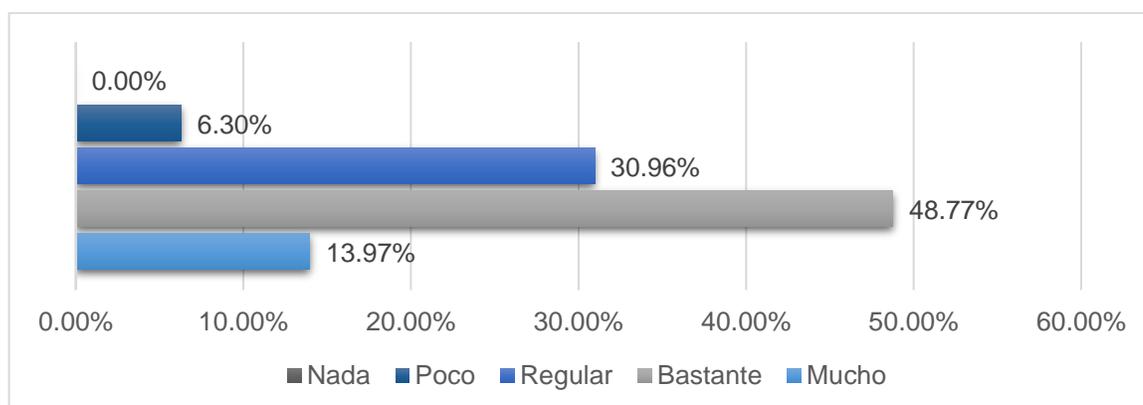


Figura 19. Grado de amenaza a su vida por la pandemia de los encuestados.

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 21. Grado de conocimiento de las consecuencias de contagiarse de los encuestados.

Variable	Categoría	Frecuencia	%
Grado de conocimiento de las consecuencias de contagiarse	Nada	0	0.00
	Poco	3	0.82
	Regular	63	17.26
	Bastante	202	53.34
	Mucho	97	26.58
		365	100.00

Fuente: Elaboración propia.

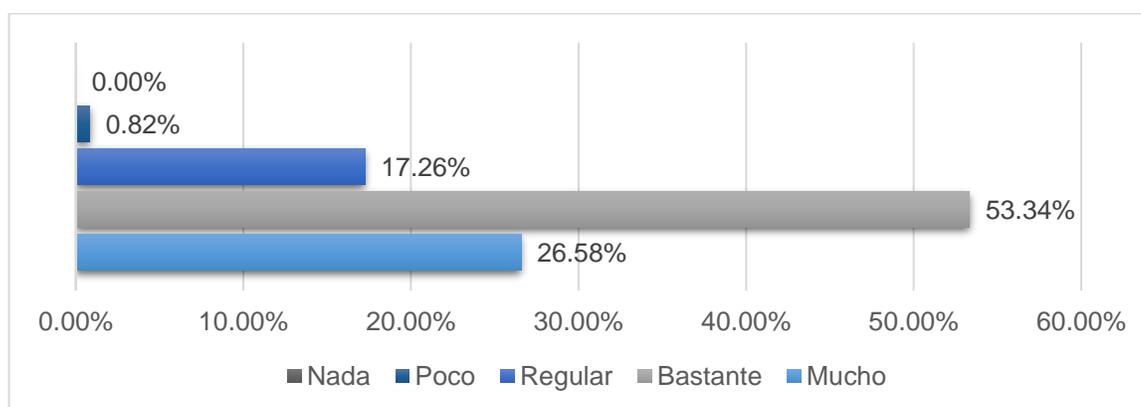


Figura 20. Grado de conocimiento de las consecuencias de contagiarse de los encuestados.

Fuente: Elaboración propia.

4.1.3.2. Percepciones de riesgo del COVID-19

En cuanto a las percepciones de riesgo en distintos medios de transporte: la posibilidad de contagiarse en transporte público y si considera riesgoso usar el transporte público, se concentran en el grado 4 (bastante), representando el 66.30% y 52.33% respectivamente. Mientras que la posibilidad de contagiarse fuera del transporte público y la posibilidad de contagiarse en automóvil, se concentran en el nivel 3 (regular), representando el 67.67% y 51.78% respectivamente. En cuanto a la posibilidad de contagiarse en bicicleta y la posibilidad de contagiarse caminando, se concentran en el nivel 2 (poco), representando el 45.21% y 41.92% respectivamente. Lo anterior, indica que los usuarios del transporte público perciben

riesgo usar el transporte público ante la pandemia de COVID-19, así como consideran menos riesgo usar otro sistema de movilidad urbana.

A continuación, se muestran las estadísticas descriptivas obtenidas de las encuestas respecto a las posibilidades de contraer el virus de los usuarios. Ver Tabla 22, 23, 24, 25, 26 y 27, y Figura 21, 22, 23, 24, 25 y 26.

Tabla 22. Posibilidad de contagiarse en transporte público de los encuestados.

Variable	Categoría	Frecuencia	%
Posibilidad de contagiarse en transporte público	Nada	0	0.00
	Poco	2	0.55
	Regular	95	26.03
	Bastante	242	66.30
	Mucho	26	7.12
		365	100.00

Fuente: Elaboración propia.

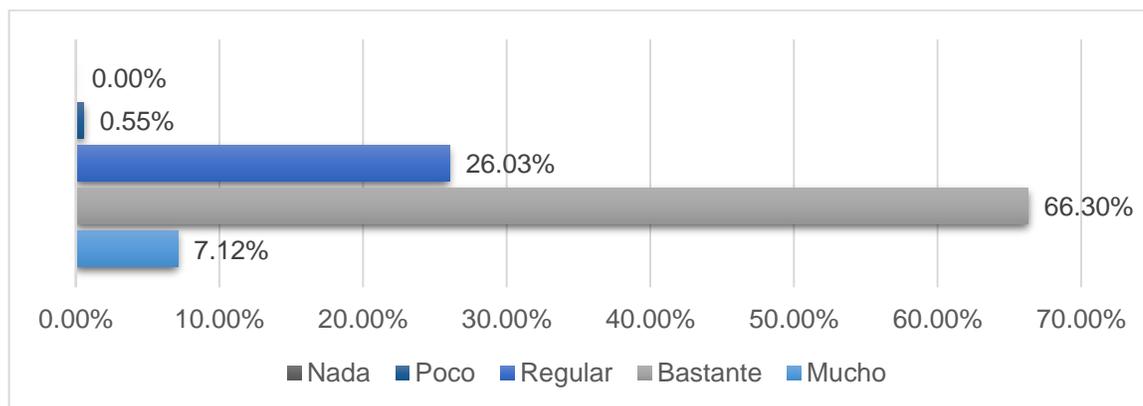


Figura 21. Posibilidad de contagiarse en transporte público de los encuestados.

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 23. Posibilidad de contagiarse fuera del transporte público de los encuestados.

Variable	Categoría	Frecuencia	%
Posibilidad de contagiarse fuera del transporte público	Nada	5	1.37
	Poco	87	23.84
	Regular	247	67.67
	Bastante	26	7.12
	Mucho	0	0.00
		365	100.00

Fuente: Elaboración propia.

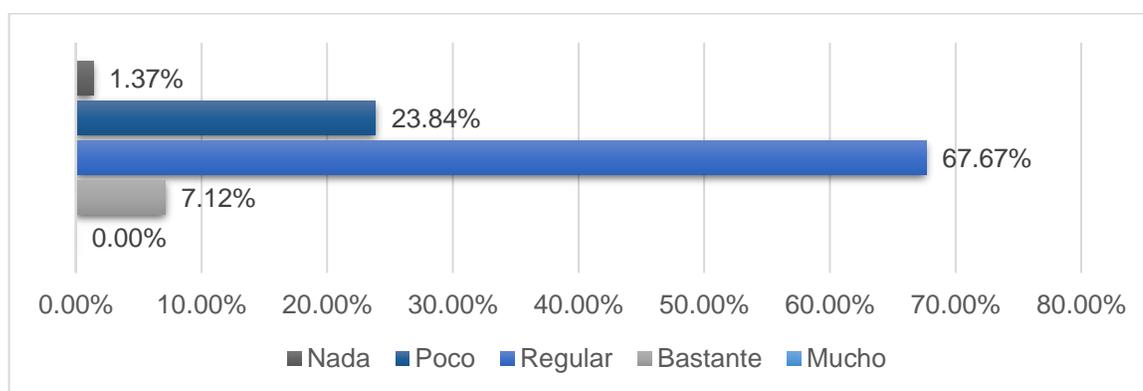


Figura 22. Posibilidad de contagiarse fuera del transporte público de los encuestados.

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 24. Posibilidad de contagiarse en automóvil de los encuestados.

Variable	Categoría	Frecuencia	%
Posibilidad de contagiarse en automóvil	Nada	35	9.59
	Poco	131	35.89
	Regular	189	51.78
	Bastante	10	2.74
	Mucho	0	0.00
		365	100.00

Fuente: Elaboración propia.

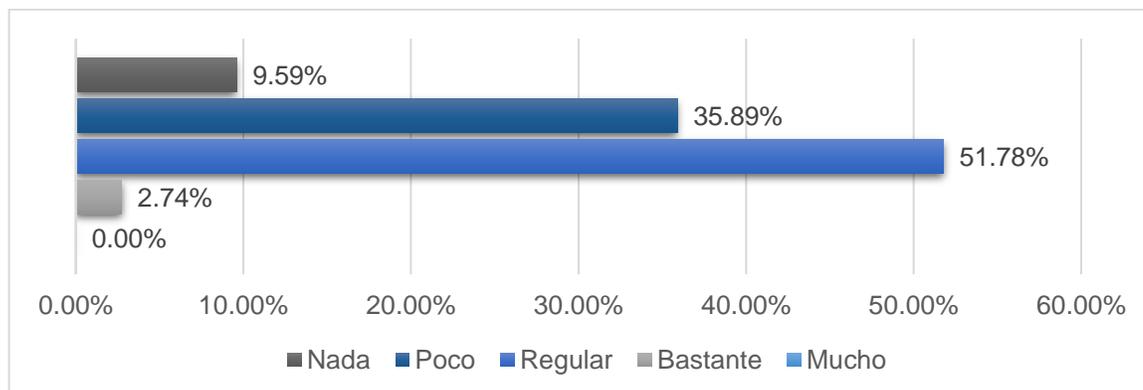


Figura 23. Posibilidad de contagiarse en automóvil de los encuestados.

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 25. Posibilidad de contagiarse en bicicleta de los encuestados.

Variable	Categoría	Frecuencia	%
Posibilidad de contagiarse en bicicleta	Nada	52	14.25
	Poco	165	45.21
	Regular	141	38.63
	Bastante	7	1.92
	Mucho	0	0.00
		365	100.00

Fuente: Elaboración propia.

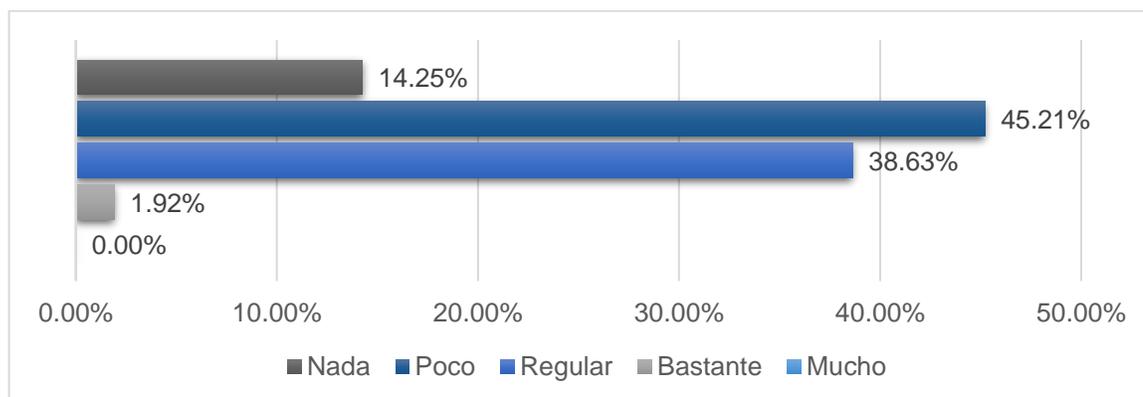


Figura 24. Posibilidad de contagiarse en bicicleta de los encuestados.

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 26. Posibilidad de contagiarse caminando de los encuestados.

Variable	Categoría	Frecuencia	%
Posibilidad de contagiarse caminando	Nada	54	14.79
	Poco	153	41.92
	Regular	135	36.99
	Bastante	23	6.30
	Mucho	0	0.00
		365	100.00

Fuente: Elaboración propia.

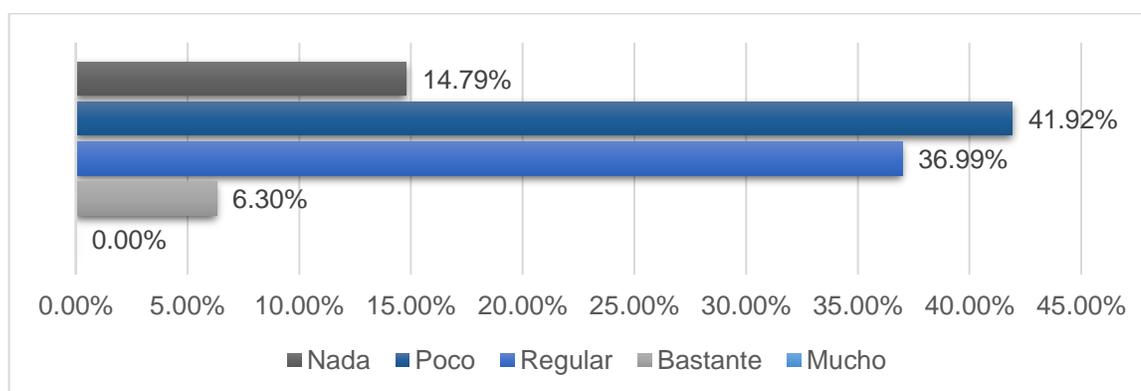


Figura 25. Posibilidad de contagiarse caminando de los encuestados.

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 27. Consideran riesgoso usar el transporte público los encuestados.

Variable	Categoría	Frecuencia	%
Considera riesgoso usar el transporte público	Nada	0	0.00
	Poco	15	4.11
	Regular	134	36.71
	Bastante	191	52.33
	Mucho	25	6.85
		365	100.00

Fuente: Elaboración propia.

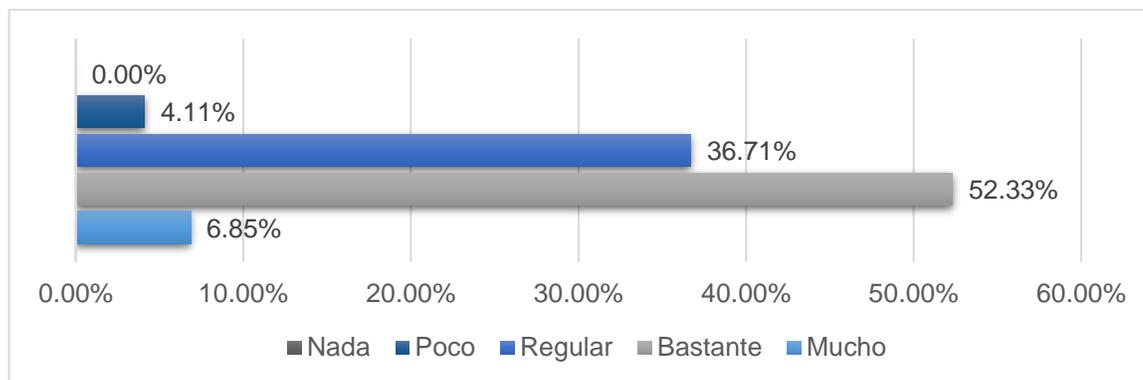


Figura 26. Consideran riesgoso usar el transporte público los encuestados.

Fuente: Elaboración propia.

4.1.3.3. **Comprensión de las medidas sanitarias**

En cuanto a la comprensión de las medidas sanitarias aplicadas al transporte público: el grado de aceptación de las medidas sanitarias, el grado de cumplimiento de las medidas sanitarias, si considera adecuado el uso de cubrebocas, si considera adecuado el distanciamiento social, si considera importante evitar aglomeraciones y si considera importante la limpieza de las unidades, se concentran en el nivel 4 (bastante), representando el 58.63%, 48.22%, 44.11%, 43.01%, 47.40% y 47.67% respectivamente. Lo anterior indica que los usuarios del transporte público aceptan, realizan y comprenden las medidas sanitarias implementadas por las autoridades en el transporte público ante la pandemia de COVID-19, con la intención de mantener a salvo su salud y su vida. Por lo tanto, se entiende que los usuarios realmente perciben al transporte público como un espacio de riesgo para la propagación del virus.

A continuación, se muestran las estadísticas descriptivas obtenidas de las encuestas respecto a la comprensión de las medidas sanitarias en el transporte público de los usuarios. Ver Tabla 28, 29, 30, 31, 32 y 33, y Figura 27, 28, 29, 30, 31 y 32.

Tabla 28. Grado de aceptación de las medidas sanitarias de los encuestados.

Variable	Categoría	Frecuencia	%
Grado de aceptación de las medidas sanitarias	Nada	6	1.64
	Poco	31	8.49
	Regular	94	25.75
	Bastante	214	58.63
	Mucho	20	5.48
		365	100.00

Fuente: Elaboración propia.

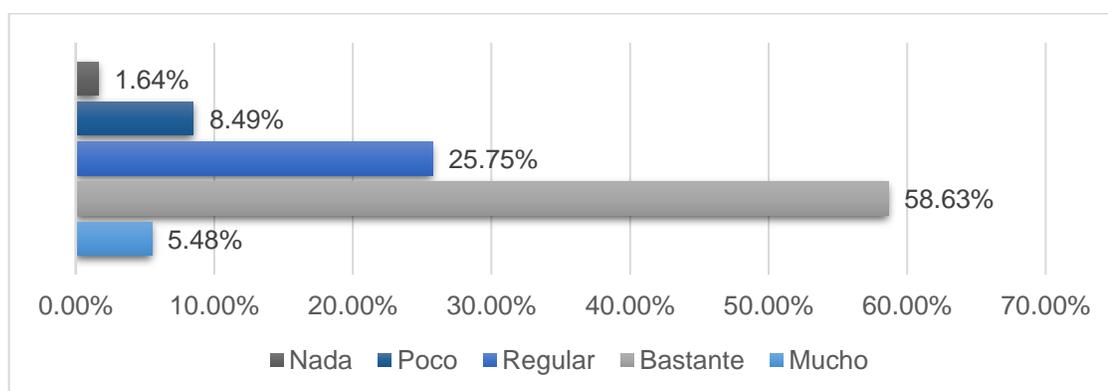


Figura 27. Grado de aceptación de las medidas sanitarias de los encuestados.

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 29. Grado de cumplimiento de las medidas sanitarias de los encuestados.

Variable	Categoría	Frecuencia	%
Grado de cumplimiento de las medidas sanitarias	Nada	0	0.00
	Poco	5	1.37
	Regular	147	40.27
	Bastante	176	48.22
	Mucho	37	10.14
		365	100.00

Fuente: Elaboración propia.

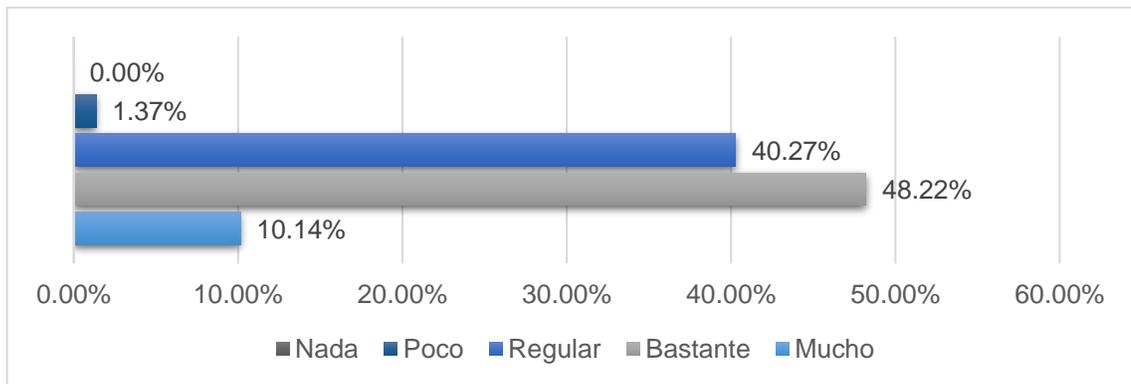


Figura 28. Grado de cumplimiento de las medidas sanitarias de los encuestados.

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 30. Consideran adecuado el uso de cubrebocas los encuestados.

Variable	Categoría	Frecuencia	%
Considera adecuado el uso de cubrebocas	Nada	3	0.82
	Poco	30	8.22
	Regular	150	41.10
	Bastante	161	44.11
	Mucho	21	5.75
		365	100.00

Fuente: Elaboración propia.

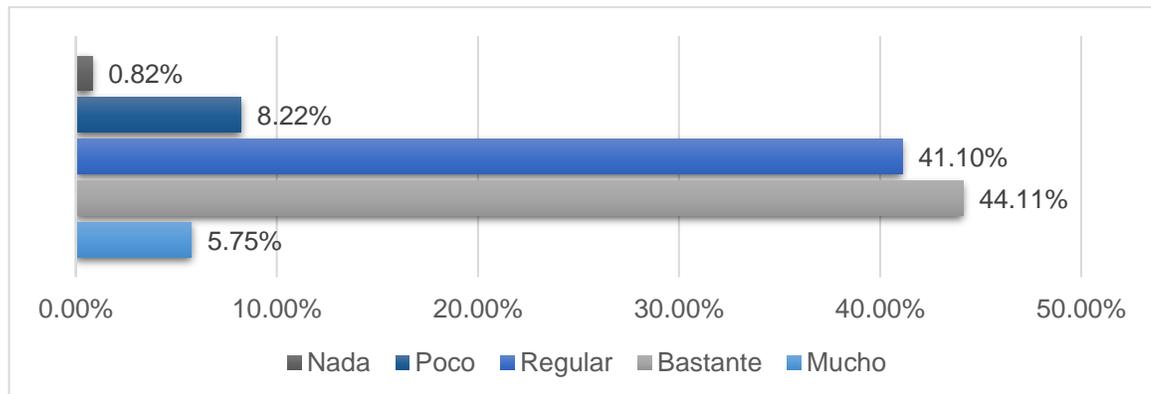


Figura 29. Consideran adecuado el uso de cubrebocas los encuestados.

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 31. Consideran adecuado el distanciamiento social los encuestados.

Variable	Categoría	Frecuencia	%
Considera adecuado el distanciamiento social	Nada	3	0.82
	Poco	34	9.32
	Regular	135	36.99
	Bastante	157	43.01
	Mucho	36	9.86
		365	100.00

Fuente: Elaboración propia.

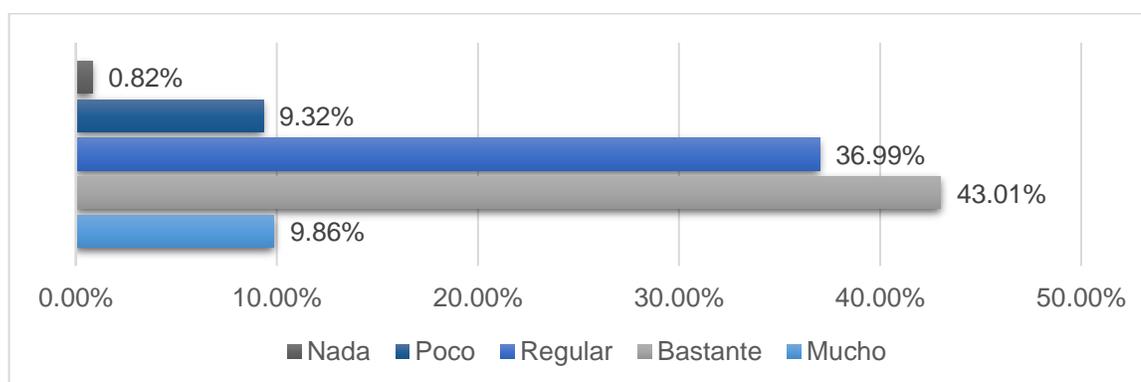


Figura 30. Consideran adecuado el distanciamiento social los encuestados.

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 32. Consideran importante evitar aglomeraciones los encuestados.

Variable	Categoría	Frecuencia	%
Considera importante evitar aglomeraciones	Nada	0	0.00
	Poco	23	6.30
	Regular	109	29.86
	Bastante	173	47.40
	Mucho	60	16.44
		365	100.00

Fuente: Elaboración propia.

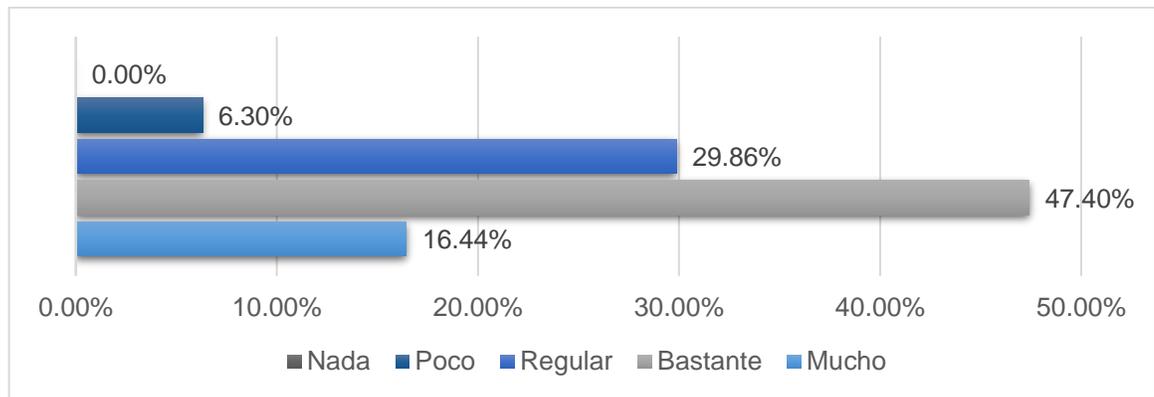


Figura 31. Consideran importante evitar aglomeraciones los encuestados.

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 33. Consideran importante la limpieza de las unidades los encuestados.

Variable	Categoría	Frecuencia	%
Considera importante la limpieza de las unidades	Nada	5	1.37
	Poco	29	7.95
	Regular	88	24.11
	Bastante	174	47.67
	Mucho	69	18.90
		365	100.00

Fuente: Elaboración propia.

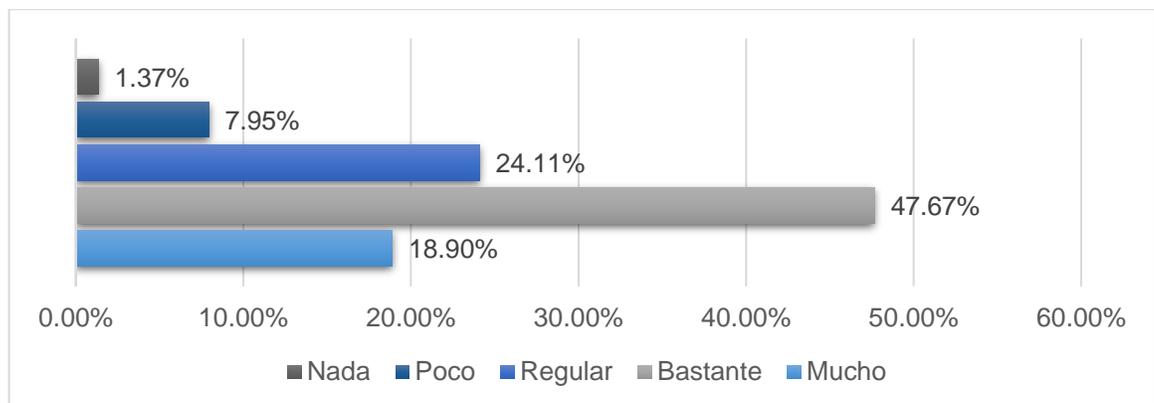


Figura 32. Consideran importante la limpieza de las unidades los encuestados.

Fuente: Elaboración propia.

4.2. Análisis del modelo de regresión logística binaria

Tomando en cuenta los resultados de las variables del cuestionario, se implementa un modelo de regresión logística para predecir el resultado de la variable dependiente (categórica) que está en función de las interacciones entre las variables explicativas (numérica-categórica). De esta manera, las variables explicativas consideraron características sociodemográficas, características de viaje y la percepción del COVID-19, mientras que la variable cualitativa, considera la decisión modal de viaje de los usuarios, donde $Y=1$ significa elegir el transporte público y $Y=0$ significa no elegir el transporte público.

Para escoger el mejor modelo, que cumpla con los mejores resultados, se realizan una serie de posibles modelos logísticos binarios con las variables más significativas incluidas en el cuestionario. Tomando en cuenta la significancia de las variables en los modelos analizados, se utiliza la ocupación, el tiempo de viaje, el grado de conocimiento de las consecuencias de contagiarse, posibilidad de contagiarse en transporte público, la posibilidad de contagiarse fuera del transporte público y si considera riesgoso usar el transporte público, como variables que se encuentran significativamente relacionadas con el cambio modal de los usuarios al elegir el transporte público durante la pandemia de COVID-19. Se pueden observar las variables significativas mencionadas anteriormente en la Tabla 34.

Tabla 34. Exposición de variables significativas.

Variable	Tipo	Niveles
Ocupación	Categórica	Básica (limpieza, conductor, auxiliar, seguridad) Intermedia (técnico y administrativo) Alta (operativo, supervisor y otro)
Tiempo de viaje	Categórica	Menor a 10 min 10 a 20 min 20 a 30 min Mayor a 30 min

Grado de conocimiento de las consecuencias de contagiarse	Numérica	Escala Likert (1, 2, 3, 4 y 5)
Posibilidad de contagiarse en transporte público	Numérica	Escala Likert (1, 2, 3, 4 y 5)
Posibilidad de contagiarse fuera del transporte público	Numérica	Escala Likert (1, 2, 3, 4 y 5)
Considera riesgoso usar el transporte público	Numérica	Escala Likert (1, 2, 3, 4 y 5)

Fuente: Elaboración propia.

Se tuvo que efectuar una prueba de colinealidad de las variables explicativas, antes de establecer la ecuación de regresión logística. Los resultados de la prueba muestran que el valor del factor de inflación de la varianza (FIV) de cada variable calculado a partir de la matriz de correlación ρ de las variables independientes son menores a 10, permitiendo establecer un modelo de regresión logística debido a que la relación de colinealidad entre las variables es débil (Rawlings *et al.*, 1998). Los resultados de la prueba VIF se presentan en la Tabla 35.

Tabla 35. Estadísticas de colinealidad de diferentes variables explicativas.

Variable	Estadísticas VIF
Ocupación	1.176
Tiempo de viaje	1.432
Grado de conocimiento de las consecuencias de contagiarse	1.141
Posibilidad de contagiarse en transporte público	1.605
Posibilidad de contagiarse fuera del transporte público	1.663
Considera riesgoso usar el transporte público	1.163

Fuente: Elaboración propia.

Antes de analizar los resultados de la estimación de variables significativas del modelo logístico binario, se presenta en la Tabla 36 la estadística descriptiva de

cada variable que resultó significativa, tanto de los usuarios que siguieron utilizando el transporte público (Y=1), como de los usuarios que cambiaron de modo de viaje (Y=0) durante el COVID-19. Esto con la intención de dar un mayor entendimiento del porqué se da este comportamiento de elección o el porqué de los resultados. Cabe mencionar, que las últimas cuatro variables significativas son de tipo Likert de cinco niveles (nada, poco, regular, bastante y mucho). La estadística descriptiva muestra que los usuarios que decidieron cambiar del transporte público a otro modo de viaje durante la pandemia presentan mayores percepciones negativas del COVID-19, así como mayor conocimiento de la situación. Cabe mencionar que la estadística descriptiva resultó muy parecida entre los usuarios que siguieron utilizando el transporte público y los usuarios que cambiaron de modo de viaje.

Tabla 36. Estadística descriptiva de cada variable significativa.

Variable significativa	Mín	Q₁	Med	Q₃	Máx
Ocupación	básica	básica	intermedia	intermedia	alta
Tiempo de viaje (min)	<10	20-30	20-30	>30	> 30
Grado de conocimiento de las consecuencias de contagiarse	poco	bastante	bastante	mucho	mucho
Posibilidad de contagiarse en transporte público	poco	regular	bastante	bastante	mucho
Posibilidad de contagiarse fuera del transporte público	nada	poco	regular	regular	bastante
Considera riesgoso usar el transporte público	poco	regular	bastante	bastante	mucho

Elección del transporte público Y = 1 (n = 300)

Ocupación	básica	básica	intermedia	intermedia	alta
Tiempo de viaje (min)	<10	10-20	20-30	>30	>30
Grado de conocimiento de las consecuencias de contagiarse	regular	bastante	bastante	mucho	mucho
Posibilidad de contagiarse en transporte público	regular	bastante	bastante	mucho	mucho

Posibilidad de contagiarse fuera del transporte público	poco	regular	regular	regular	bastante
Considera riesgoso usar el transporte público	regular	bastante	bastante	bastante	mucho

No elección del transporte público Y = 0 (n = 65)

Nota: Mín = valor mínimo; Q₁ = primer cuartil; Med = valor medio; Q₃ = tercer cuartil; Máx = valor máximo.

Fuente: Elaboración propia.

Ahora bien, el modelo logístico estimado con mejores características en la significancia de sus variables y nivel de predicción se muestra en la Tabla 37. En donde se consideran los dos grupos de usuarios, el primero que muestra la elección del transporte público, y el segundo grupo el de no elección del transporte público. Cabe recalcar, que, para elegir al mejor modelo, se analizaron diversas series de modelos con las variables más significativas incluidas en el cuestionario, siendo las de mayor importancia las que presentaron un nivel de significancia menor a 0.05. En la Tabla 37 se consideran dos grupos de usuarios, el primero que muestra elección del transporte público, y el segundo el de no elección del transporte público. Siendo este último el grupo control, para que los coeficientes del modelo reflejen la probabilidad de elegir el transporte público. Considerando los resultados de la Tabla 37, la ecuación de regresión logística estimada se expresa como se muestra en la siguiente ecuación:

$$\begin{aligned} \text{Logit } P = & 10.047 - 0.916X_1(1) - 2.207X_1(2) + 2.511X_2(1) + 2.769X_2(2) + \\ & 3.259X_2(3) - 0.691X_3 - 2.185X_4 + 1.165X_5 - 0.588X_6 \end{aligned}$$

La tabla 37 es la de interés principal, en ella se obtienen estimaciones de los coeficientes de regresión, errores estándar de los mismos y pruebas para

determinar si se puede suponer que cada coeficiente de regresión es cero. Se observa, que el valor p correspondiente a la prueba de significancia de Wald del coeficiente de cada una de las variables explicativas es menor que el nivel máximo de significancia de 0.05, por lo que la relación lineal entre la variable explicativa y *Logit P* es significativa (Koppelman y Bhat, 2006; Hilbe, 2009). Ya que, mientras más pequeño es el valor p, más significativa es la estimación.

Los valores de la razón de verosimilitud (RV) son los más importantes para la interpretación. Si el valor es mayor que 1, a medida que aumenta el predictor, aumentan las probabilidades de que ocurra el resultado. En cambio, un valor inferior a 1 indica que a medida que aumenta el predictor, disminuyen las probabilidades de que ocurra el resultado. Además, signos positivos en los coeficientes de regresión (β) indican que aumentan las probabilidades de que ocurra el resultado. Mientras que signos negativos en los coeficientes de regresión (β) indican que disminuyen las probabilidades de que ocurra el resultado (Field *et al.*, 2012).

Otro aspecto importante a considerar para la interpretación de resultados es la Estandarización de Coeficientes de Regresión (ECR), ya que sería un error comparara los coeficientes de regresión directamente. Debido a que los coeficientes de regresión pueden tener distintas unidades de medida, su comparación directa es difícil, ya que un coeficiente grande puede ser menos importante que un coeficiente menor o viceversa. Es así como la ECR elimina este problema al presentar los coeficientes en términos de un único conjunto común de unidades estadísticamente razonables para que se puedan comparar de mejor manera (Siegel, 2016).

Tabla 37. Resultados de la estimación de variables significativas del modelo logístico binario.

Variable significativa	β	ES	Wald	p	RV	ECR
Ocupación Básica						
Ocupación Intermedia	-0.916	0.380	-2.409	0.016*	0.399	-0.163
Ocupación Alta	-2.207	0.525	-4.203	0.000***	0.110	-0.543

Tiempo de viaje Menor a 10 min						
Tiempo de viaje de 10 a 20 min	2.511	0.650	3.859	0.000***	12.324	0.764
Tiempo de viaje de 20 a 30 min	2.769	0.593	4.667	0.000***	15.952	0.769
Tiempo de viaje Mayor a 30 min	3.259	0.611	5.330	0.000***	26.032	0.933
Grado de conocimiento de las consecuencias de contagiarse	-0.691	0.282	-2.448	0.014*	0.500	-0.091
Posibilidad de contagiarse en transporte público	-2.185	0.472	-4.629	0.000***	0.112	-0.483
Posibilidad de contagiarse fuera del transporte público	1.165	0.426	2.734	0.006**	3.208	0.232
Considera riesgoso usar el transporte público	-0.588	0.288	-2.040	0.041*	0.555	-0.079
Constante	10.047	2.135	4.706	0.000***	23106.08	

Elección del transporte público = 1 (n = 300), No elección del transporte público = 0 (n = 65)

Nota: β = coeficiente de regresión y el término constante; ES = error estándar; Wald = valor z; p = valor p; RV = razón de verosimilitud; Significancia: 0***, 0.001**, 0.01*; ECR = estandarización de coeficientes de regresión.

Fuente: Elaboración propia.

Por otra parte, además de la prueba de significancia de Wald, también se realiza el Análisis de la Varianza (ANOVA). Este análisis se utiliza para comparar la disminución en la desviación residual al introducir nuevas variables en el modelo (Dalgaard, 2008). Se puede observar en la Tabla 38 (ANOVA), que si hay una mejora significativa del modelo una vez que se incluye cada una de las variables. Dado que todas las variables son significativas (p menor a 0.05), no se pueden eliminar del modelo. Las pruebas en la tabla ANOVA no son completamente independientes, pero la aproximación debería ser buena. Además, Dalgaard (2008) menciona que la desviación indica qué tan dispersos se encuentran los valores con respecto a la media y la desviación residual describe la diferencia entre los valores observados y los predichos por el modelo.

Tabla 38. Resultados del Análisis de la Varianza (ANOVA)

Variable significativa	GL	Desv.	GL Resid.	Desv. Resid.	Pr(>Chi)
NULL			364	341.99	
Ocupación	2	14.801	362	327.18	0.000***
Tiempo de viaje	3	39.012	359	288.17	0.000***
Grado de conocimiento de las consecuencias de contagiarse	1	6.338	358	281.83	0.011*
Posibilidad de contagiarse en transporte público	1	26.983	357	254.85	0.000***
Posibilidad de contagiarse fuera del transporte público	1	6.939	356	247.91	0.008**
Considera riesgoso usar el transporte público	1	4.324	355	243.59	0.037*

Elección del transporte público = 1 (n = 300), No elección del transporte público = 0 (n = 65)

Nota: GL = Grados de libertad; Desv = Desviación; GL Resid. = Grados de libertad residuales; Desv. Resid. = Desviación residual; Pr(>Chi) = valor p; Significancia: 0***, 0.001**, 0.01*.

Fuente: Elaboración propia.

Por lo tanto, considerando los resultados de la estimación de variables significativas, mediante el modelo logístico binario (Tabla 37), se interpreta lo siguiente:

- 1) En la columna de estandarización de coeficientes de regresión (ECR), el valor absoluto de la variable ocupación alta (0.543) indica que tiene mayor importancia que la ocupación intermedia (0.163), al momento de no seguir utilizando el transporte público durante el COVID-19.
- 2) En cuanto a los valores absolutos de la variable tiempo de viaje (0.764, 0.769 y 0.933), podemos ver que son los más grandes y por lo tanto los de mayor importancia en el modelo, al momento de continuar utilizando el transporte público durante la pandemia.

- 3) Por su parte, el valor absoluto de la variable posibilidad de contagiarse en transporte público (0.483) y el valor absoluto de la variable posibilidad de contagiarse fuera del transporte público (0.232), señalan que tiene mayor relevancia la primera variable al momento de no seguir utilizando el transporte público en comparación con el valor de la segunda variable al momento de continuar utilizando el transporte público durante el COVID-19.
- 4) Por último, los valores absolutos más pequeños son los asociados con las variables grado de conocimiento de las consecuencias de contagiarse (0.091) y considera riesgoso usar el transporte público (0.079), indicando que casi tienen la misma importancia las variables asociadas con la percepción de riesgo del COVID-19
- 5) De igual forma, al analizar los valores de la columna razón de probabilidades (RP), podemos ver que mientras las categorías de ingresos personales mensuales de los usuarios sean mayores, tienen menos posibilidad de seguir utilizando el transporte público. Ya que los usuarios que pertenecen a una categoría de ocupaciones intermedias tienen mayor probabilidad de utilizar el transporte público durante el COVID-19, a diferencia de los usuarios que pertenecen a categorías de ocupaciones altas, con una probabilidad de .399 y .110 veces, respectivamente, con coeficientes de regresión negativos. Se puede asumir que mientras los ingresos personales mensuales vayan disminuyendo, quizá el transporte público sea el único modo de viaje que se encuentra al alcance de las posibilidades de los trabajadores, a pesar de las circunstancias.
- 6) Mientras mayor sea el tiempo de viaje dentro de las unidades, los usuarios tienen hasta 26.032 más probabilidades de permanecer en el transporte público, con coeficientes de regresión positivos. Lo anterior se puede deber a lo costoso que implicaría viajar en otro medio de transporte.
- 7) Además, aquellos que tienen mayor conocimiento de las consecuencias de contagiarse, tienen 0.500 menos probabilidades (coeficientes de regresión negativos) de permanecer en el transporte público en comparación con

aquellos que conocen menos de la situación. De igual forma, los que consideran alta la posibilidad de contagiarse en transporte público y los que consideran riesgoso usar el transporte público, tienen menos probabilidad de permanecer en el mismo, en un 0.112 y 0.555 respectivamente, con coeficientes de regresión negativos. Manifestando que mientras más se conoce sobre la pandemia, aumenta la sensación de percibir riesgoso el uso del transporte público.

- 8) Finalmente, los que consideran igual la posibilidad de contagiarse en transporte público que en otro medio de viaje, tienen 3.208 más probabilidades de permanecer en el mismo, con coeficientes de regresión positivos. Por lo tanto, el transporte público debe brindar mejores condiciones a los usuarios desde el punto de vista de la pandemia.

Otras pruebas importantes para la interpretación de resultados son las de bondad de ajuste del modelo (pseudo R²), ya que miden el aumento en la verosimilitud del modelo explicado por las variables independientes del modelo de regresión. Estas pruebas se utilizan para probar que tan bien se ajusta el modelo. En este caso, mientras el valor se encuentre lo más cercano a 1 significará que el modelo es más significativo o tiene un ajuste perfecto, sin embargo, valores cercanos a 0.4 se puede considerar como un ajuste excelente o satisfactorio (Ortúzar y Willumsen, 2008). La prueba de bondad de ajuste de McFadden es análoga al R² en el modelo de regresión lineal (Hilbe, 2009). Se puede observar en la Tabla 39 que el coeficiente del modelo es aceptable, dado que el valor de McFadden es igual a 0.287 (en términos de predicción). De igual forma, el valor de Hosmer and Lemeshow es igual a 0.287. Además, los valores de Cox & Snell y Nagelkerke son 0.236 y 0.388 respectivamente, reflejando también, que el ajuste del modelo es aceptable.

También, el valor de la desviación del modelo (-2 Log verosimilitud) debe ser menor que el valor del modelo nulo, esta reducción nos dice que el modelo es mejor para predecir si alguien eligió utilizar el transporte público durante la pandemia de

COVID-19. Esta estadística de desviación se utiliza para evaluar el ajuste general del modelo.

Por otra parte, la precisión general del modelo expresa la relación entre los resultados pronosticados por el modelo y los resultados observados del comportamiento de elección. Dado que el modelo tiene como salida probabilidades y los resultados reales son variables binarias, si la probabilidad es mayor a 0.5 se considera un resultado igual a 1 y a 0 en caso contrario. En el modelo se presenta una precisión de ajuste de los datos del 85.47%, lo que significa que el modelo es bueno, ya que mientras el valor sea cercano a 100% el modelo será más adecuado. Podemos concluir que los resultados obtenidos del modelo logístico binario son satisfactorios. El resumen de las pruebas y la precisión general del modelo se presentan en la Tabla 39.

Tabla 39. Resultados del ajuste del modelo logístico binario.

Indicador	Valor
Valor p	<0.05
Chi-cuadrada	98.396
Df	9
Sig.	0.000***
-2 Log probabilidad	341.99
Pseudo R ² Hosmer - Lemeshow	0.287
Pseudo R ² McFadden	0.287
Pseudo R ² Cox - Snell	0.236
Pseudo R ² Nagelkerke	0.388
Precisión general del modelo %	85.47

Fuente: Elaboración propia.

5. CONCLUSIONES

Este documento determina las variables que son significativas para explicar la relación entre variables sociodemográficas, variables de viaje y la percepción del COVID-19, con el cambio modal, en usuarios del transporte público durante la pandemia de COVID-19 en el PIBJ, Qro. Con base en los datos de los cuestionarios, se seleccionaron variables significativas para establecer un modelo logístico binario, analizando el cambio modal en usuarios del transporte público durante la pandemia. Este modelo puede ayudar a estimar la distribución del flujo de pasajeros de varios modos de transporte aproximadamente en la ciudad, brindando soporte de datos para que los departamentos de gestión del tráfico realicen un plan de control de tráfico y medidas de emergencia con antelación. Además, la investigación proporciona información sobre cómo cambió el comportamiento de viaje de los trabajadores y su relación con características sociodemográficas, de viaje y la percepción que genera la pandemia de COVID-19 en ciudades como Querétaro.

Tomando en cuenta lo anterior, y considerando los resultados obtenidos del análisis del modelo de regresión logística binaria, mediante la estimación de las variables significativas, se determina que la ocupación, el tiempo de viaje, el grado de conocimiento de las consecuencias de contagiarse, la posibilidad de contagiarse en transporte público, la posibilidad de contagiarse fuera del transporte público y si considera riesgoso usar el transporte público, son variables que se encuentran significativamente relacionadas con el cambio modal de los usuarios del transporte público durante la pandemia de COVID-19.

De igual forma, pero ahora considerando los principales resultados de la estadística descriptiva de los cuestionarios, se determina que el uso del transporte público disminuyó en un 17.81% en el número de usuarios durante la pandemia. Sin embargo, a pesar de la disminución de usuarios en el transporte público durante la pandemia, debido a que algunos cambiaron a otro modo de viaje, continúa siendo el transporte más utilizado por los encuestados a pesar del riesgo del COVID-19.

Por su parte, el uso del transporte privado (automóvil) aumentó en un 10.68% en el número de usuarios durante el COVID-19. Esto debido a que perciben más seguro utilizar un modo de viaje particular en comparación con el transporte público, que es un espacio cerrado y confinado, que vuelve a las personas más vulnerables a contraer el virus aéreo. De igual manera, el uso de la bicicleta y caminar aumentaron en el número de personas durante la pandemia, en un 1.64% y 3.29% respectivamente, principalmente para distancias más cortas, sin embargo, todavía tiene una participación modal baja. Este aumento asume que los medios de transporte no motorizados se perciben relativamente más seguros desde el punto de vista de la pandemia, ya que andar en bicicleta y caminar son actividades saludables para un estilo de vida de autoaislamiento, por lo que deben promoverse durante la pandemia, especialmente para distancias relativamente cortas.

Es importante recalcar que en el periodo en que se aplicaron los cuestionarios, la situación de la pandemia en México se mantenía en tendencia a la baja en casos confirmados, debido a que el pico de contagios de la tercera ola de coronavirus se había presentado a mediados de agosto del 2021 y desde entonces hubo una reducción sostenida en el número de contagios en el país. Aunado a lo anterior, la estrategia de vacunación influyó positivamente en los indicadores de la pandemia en México, ya que a finales de octubre del 2021 el 85% de la población mayor de 18 años ya contaba con al menos una dosis contra el COVID-19.

Por otra parte, es conveniente señalar que el modelo utilizado (logit binario), pudo brindar resultados satisfactorios, ya que cuando solo se tienen dos opciones de Y (variable dependiente), se debe utilizar un modelo de regresión logística binaria para el análisis. Tal es el caso de la presente investigación, que buscaba identificar la influencia de variables independientes (X) en el cambio de modo en usuarios del transporte público durante el COVID-19. Considerando que la variable dependiente es la elección del transporte público, donde $Y=1$ significa elegir el transporte público, y $Y=0$ significa no elegir el transporte público.

De acuerdo con los resultados obtenidos del modelo de regresión logística binaria, que pueden servir como antecedente y/o referencia para comprender las variaciones en los patrones de viaje. Finalmente, esta investigación ofrece varias recomendaciones para generar medidas de control y gestión de tránsito para garantizar la seguridad de las personas que utilizan el transporte público ante el surgimiento de un nuevo virus o durante la reanudación de actividades laborales, que integradas con leyes y ordenanzas hacia protocolos de actuación y la planificación urbana, puedan tener un mayor impacto en la movilidad.

- 1) El flujo de tráfico de cada ciudad se debe asignar de manera razonable y debe tomar en cuenta las necesidades de viaje cotidiano de las personas, además, las autoridades deben generar medidas preferenciales para promover viajes personalizados (directos). Lo anterior se puede lograr al reducir las tarifas en los viajes directos, al incentivar a las empresas y localidades en reservar y utilizar el transporte personalizado, al fomentar el uso de la bicicleta cuando se va a viajar a una distancia corta, al implementar restricciones de viaje y aumentar las tarifas de estacionamiento para fomentar a los propietarios de automóviles a utilizar viajes compartidos, al brindar cupones de taxi para las personas que viajan a mediana y larga distancia. Cabe mencionar que la ZCQ generalmente carece de infraestructura para bicicletas, sin embargo, el espacio creado por la reducción de los niveles de tráfico durante la pandemia puede utilizarse para estos modos de viaje.
- 2) No reducir el número de unidades de transporte público para que el sistema permita el distanciamiento social, evitando la saturación y pérdida de usuarios. Lo anterior debe de ir ligado a subvencionar al concesionario por los sobrecostos de operación inducidos por la baja en el índice de pasajeros por kilómetro, y con ello evitar el retiro de unidades, y como se mencionó, su saturación.
- 3) Considerando que se presente un aumento en el número de automóviles privados en las vialidades debido al riesgo de contagiarse en transporte

público, las autoridades de control y gestión de tránsito deben modificar temporalmente la optimización de los tiempos y fases de los semáforos, para que la capacidad de la vialidad cumpla con las necesidades de tráfico.

- 4) Las empresas deben estar coordinadas con las autoridades pertinentes de control de tránsito y movilidad para informarles detalladamente el plan de reanudación de labores, el cual comprende la fecha de reanudación de labores, el modo de transporte que van a utilizar los trabajadores y el número aproximado de empleados que regresarán a sus actividades.
- 5) Poner especial atención a las restricciones de distanciamiento social y densidad de usuarios dentro de las unidades, entradas y paradas del transporte público para evitar la propagación del virus. Además de exigir que se cumplan estrictamente las medidas de sanidad implementadas por las autoridades en el transporte público con la intención de generar confianza de los viajeros. Otras medidas como el sistema de pago sin contacto (en línea), la adecuada ventilación y limpieza de las unidades también pueden atraer a los usuarios para usar el transporte público durante la pandemia.
- 6) Reducir el número de pasajeros por unidad que utilizan el transporte público, con la intención de mantener la distancia social sugerida. Esta medida también podría complementarse aumentando la frecuencia del servicio de transporte público. Estas medidas podrían ser aceptadas por los usuarios, ya que están dispuestos a esperar y pagar por un vehículo menos congestionado.
- 7) Implementar el escalonamiento de los horarios de entrada y salida, modificación de turnos o jornadas laborales, horarios flexibles u otra acción como política temporal en las empresas. La finalidad de este punto es evitar grandes aglomeraciones en los espacios laborales y en el transporte público, disminuyendo así el riesgo de propagación de la pandemia de COVID-19 entre los trabajadores.

- 8) Activar la transición a un esquema híbrido entre actividades presenciales y actividades desde el hogar (home office o teletrabajo) durante el marco de la pandemia. Este punto, al igual que el anterior, busca fomentar el distanciamiento social en el transporte público y los lugares de trabajo durante la pandemia, evitando así poner el riesgo la salud de los empleados.

Sin duda alguna, las organizaciones que controlan el transporte público tienen la gran misión de conservar los estándares de viaje, de una manera más sistemática y sólida, con la intención de garantizar que el sector del transporte público no se vea afectado por las futuras oleadas de pandemias. En Querétaro, el número de viajes previo a la pandemia de COVID-19 superaba los 500,000 viajes al día, decreciendo el valor hasta alrededor de 200,000 viajes al día en la época de pandemia (Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI), 2022). Por cuestiones financieras, la empresa concesionaria disminuyó el número de unidades operando al día, induciendo saturación de usuarios en estas y a la par, alejando usuarios del sistema público, lo cual afectó la atractividad del sistema al no recuperarse en el número de usuarios en fechas posteriores a la cuarta ola en México (mayo del 2022) (Garbus *et al.*, 2020).

6. LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN FUTURAS

Durante la investigación se presentaron ciertas situaciones que generaron limitaciones durante la recopilación de datos y, por consiguiente, los resultados. Con la intención de motivar a realizar trabajos posteriores con una mayor precisión, se recomienda desde un punto de vista personal, realizar como líneas de investigación futura lo siguiente:

- 1) La situación de la pandemia en México se mantenía en tendencia a la baja en casos confirmados en el periodo en que se aplicaron los cuestionarios, ya que la vacunación contra el COVID-19 se encontraba aplicada a un 85% de la población mayor de 18 años. Por lo tanto, se propone realizar la recopilación de datos en periodos que sean picos o en tendencia alta para tener resultados más relacionados con la situación investigada.
- 2) Durante la aplicación de los cuestionarios se observó que el género femenino presento mayor rechazo en responder el formato, posiblemente por la inseguridad que implica el acercamiento de un extraño y al riesgo latente a contraer el COVID-19. Por consiguiente, se sugiere que los encuestadores sean de ambos géneros y que cumplan con las adecuadas medidas de distanciamiento social e higiene.
- 3) Debido a la falta de información por género y edad de la zona de estudio, únicamente se obtuvo el número de población en general. Por lo que se recomienda, contemplar a cuantos hombres y a cuantas mujeres se deben encuestar y de que estrato de edad deben ser, para que la muestra realmente sea representativa.
- 4) Debido a que la situación de la pandemia sigue evolucionando y hasta el momento (julio 2022) ya se presenta la cuarta ola de casos positivos, se recomienda realizar estudios adicionales sobre el cambio de modo de viaje en usuarios del transporte público con muestras más representativas.

- 5) Se deben incluir factores previamente inexplorados, por ejemplo: las restricciones de viaje establecidas por las autoridades, la falta de disponibilidad de ciertos modos de viaje durante la pandemia y la implementación del confinamiento, que son factores que afectarán directamente el cambio modal durante la pandemia y deben examinarse.

7. REFERENCIAS

- Aaditya, Bh. y Rahul, T. M. (2021). Psychological impacts of COVID-19 pandemic on the mode choice behaviour: A hybrid choice modelling approach, *Transport Policy*, Vol. 108, pp. 47-58.
- Abdullah, M., Ali, N., Aslam, A. B., Javid, M. A., y Hussain, S. A. (2022). Factors affecting the mode choice behavior before and during COVID-19 pandemic in Pakistan, *International Journal of Transportation Science and Technology*, Vol. 11(1), pp. 174-186.
- Abdullah, M., Dias, C., Muley, D., & Shahin, M. (2020). Exploring the impacts of COVID-19 on travel behavior and mode preferences, *Transportation research interdisciplinary perspectives*, Vol. 8, pp. 100-255.
- Abu-Rayash, A. y Dincer, I. (2020). Analysis of mobility trends during the COVID-19 coronavirus pandemic: Exploring the impacts on global aviation and travel in selected cities, *Energy Research & Social Science*, Vol. 68, pp. 101-693.
- American Association of State Highway and Transportation Officials (2018). A Policy on Geometric Design of Highways and Streets, 7th Edition, Washington, DC.
- Ampt, E. S. y Ortúzar, J. D. D. (2004). On best Practice in Continuous Large-Scale Mobility Surveys, *Transport Reviews*, Vol. 24(3), pp. 337-363.
- Anderson, R. M., Heesterbeek, H., Klinkenberg, D., y Hollingsworth, T. D. (2020). How will country-based mitigation measures influence the course of the COVID-19 epidemic?, *The lancet*, Vol. 395(10228), pp. 931-934.
- Anwari, N., Ahmed, M. T., Islam, M. R., Hadiuzzaman, M. y Amin, S. (2021). Exploring the travel behavior changes caused by the COVID-19 crisis: A case study for a developing country, *Transportation Research Interdisciplinary Perspectives*, Vol. 9, pp. 100-334.

- Bavel, J. J. V., Baicker, K., Boggio, P. S., Capraro, V., Cichocka, A., Cikara, M., y Willer, R. (2020). Using social and behavioural science to support COVID-19 pandemic response. *Nature human behaviour*, Vol. 4(5), pp. 460-471.
- Bamberg, S., Ajzen, I. y Schmidt, P. (2003). Choice of Travel Mode in the Theory of Planned Behavior: The Roles of Past Behavior, Habit, and Reasoned Action, *Basic and Applied Social Psychology*, Vol. 25(3), pp. 175-187.
- Beck, M.J. y Hensher, D. A. (2020). Insights into the Impact of Covid-19 on Household Travel and Activities in Australia – The Early Days Under Restrictions, *Transport Policy*, Vol. 96, pp.76-93.
- Ben-Akiva, M. y Lerman, S. (1985). Discrete choice analysis. Theory and application to travel demand. MIT Press, USA.
- Bohte, W., Maat, K. y Bert, V. W. (2009). Measuring Attitudes in Research on Residential Self-Selection and Travel Behavior: A Review of Theories and Empirical Research, *Transport Reviews: A Transnational Transdisciplinary Journal*, Vol. 29(23), pp. 325-357.
- Bradburn, N. M. y Miles, C. (1979). Vague Quantifiers, *Public Opinion Quarterly*, Vol. 43(1), pp. 92-101.
- Bradley, M. A. y Daly, A. J. (1997). Estimation of *logit* choice models using mixed stated preference and revealed preference information, *Understanding Travel Behaviour in an Era of Change*, pp. 209-232.
- Browne, A., St-Onge Ahmad, S., Beck, C. R. y Nguyen-Van-Tam, J. S. (2016). The roles of transportation and transportation hubs in the propagation of influenza and coronaviruses: a systematic review, *Journal of Travel Medicine*, Vol. 32(1), pp. 1–7.
- Bucsky, P. (2020). Modal share changes due to COVID-19: the case of Budapest, *Transportation Research Interdisciplinary Perspectives*, Vol. 8, pp. 100-141.

- Cal y Mayor, R. y Cárdenas, J. (1994). *Ingeniería de Tránsito: Fundamentos y Aplicaciones*, 7a. Edición, editorial Alfaomega.
- Cambridge Systematics Inc. (1996). *Travel Survey Manual*.
- Cañadas, I. y Sánchez, A. (1998). Categorías de respuesta en escalas tipo Likert, Universidad de La Laguna. *Psicothema*, vol. 10(3), pp. 623-631.
- Chen, Z., Hao, X., Zhang, X. y Chen, F. (2021). Have traffic restrictions improved air quality? A shock from COVID-19, *Journal of Cleaner Production*, Vol. 279, pp. 123-662.
- Cheng, V. C., Wong, S., Chuang, V. W., So, S. Y., Chen, J. H., Sridhar, S., To, K. K., Chan, J. F., Hung, I. F., Ho, P. y Yuen, K. (2020). The role of community-wide wearing of face mask for control of coronavirus disease 2019 (COVID-19) epidemic due to SARS-CoV-2, *Journal of Infection*, Vol. 81(1), pp. 107-114.
- Cui, F., Liu, Y., Chang, Y., Duan, J. y Li, J. (2016). An overview of tourism risk perception, *Nat Hazards*, Vol. 82(1), pp. 643-658.
- Dalgaard, P. (2008). *Introductory Statistics with R, Statistics and Computing*, Second Edition, Springer.
- Das, S., Boruah, A., Banerjee, A., Raoniar, R., Nama, S. y Maurya, A. K. (2021). Impact of COVID-19: A radical modal shift from public to private transport mode, *Transport Policy*, Vol. 109, pp. 1–11.
- De Vos, J. (2020). The effect of COVID-19 and subsequent social distancing on travel behavior, *Transportation Research Interdisciplinary Perspectives*, Vol. 5, pp. 100-121.
- Deublein, M., Schubert, M., Adey, B. T., Köhler, J., y Faber, M. H. (2013). Prediction of roadaccidents: A Bayesian hierarchical approach, *Accident Analysis and Prevention*, Vol. 51, pp. 274-291.

- DeWeese, J., Hawa, L., Demyk, H., Davey, Z., Belikow, A., y El-Geneidy, A. (2020). A tale of 40 cities: A preliminary analysis of equity impacts of COVID-19 service adjustments across North America, Findings, pp. 13395.
- Domencich, T. A. y McFadden, D. (1975). Urban Travel Demand: A behavior analysis, North-Holland Publishing Company, pp. 48-53.
- Echaniz, E., Rodríguez, A., Cordera, R., Benavente, J., Alonso, B. y Sañudo, R. (2021). Behavioural changes in transport and future repercussions of the COVID-19 outbreak in Spain, *Transport Policy*, Vol. 111, pp. 38-52.
- Edelson, P. J., y Phypers, M. (2011). TB transmission on public transportation: a review of published studies and recommendations for contact tracing, *Travel medicine and infectious disease*, Vol. 9(1), pp. 27-31.
- Espino, R. (2003). Análisis y predicción de la demanda de transporte de pasajeros: Una aplicación a dos corredores de transporte en Gran Canarias. Doctoral dissertation, Universidad de Las Palmas de Gran Canaria, España.
- Espino, R., Ortúzar, J.D. y Román, C. (2004). Diseño de preferencias declaradas para analizar la demanda de viajes. *Estudios de Economía Aplicada*, vol. 22(3), pp. 759-793, Asociación Internacional de Economía Aplicada España.
- Federal Highway Administration (1969). Nationwide Personal Transportation Survey, *U.S. Department of Transportation*.
- Field, A., Miles, J., & Field, Z. (2012). *Discovering statistics using R*. Sage publications.
- Fyhri, A. y Backer-Grøndahl, A. (2012). Personality and risk perception in transport, *Accident Analysis and Prevention*, Vol. 49, pp. 470-475.
- Garber, N. J. y Hoel, L. A. (2005). *Ingeniería de tránsito y carreteras*, 3a Edición, International Thomson Editores, México.

- Garbus, P., Espino Cortes, M., Ochoa Cervantes, A., Carbajal Valenzuela, C., Hernández González, G., y González Estada, E. (2020). Análisis y perspectivas sobre la pandemia de COVID-19 en Querétaro. Universidad Autónoma de Querétaro.
- Gezairy, H. A. (2003). Travel epidemiology: WHO perspective, *International Journal of Antimicrobial Agents*, Vol. 21(2), pp. 86-88.
- Haas, M., Faber, R. y Hamersma, M. (2020). How COVID-19 and the Dutch 'intelligent lockdown' change activities, work and travel behavior: Evidence from longitudinal data in the Netherlands, *Transportation Research Interdisciplinary Perspectives*, Vol. 6, pp. 100-150.
- Hasan, M. K., Ismail, A. R. y Islam, M. F. (2017). Tourist risk perceptions and revisit intention: A critical review of literature, *Cogent Business & Management*, Vol. 4(1).
- He, X.Q. y Min, S.Q. (2008). Applied Regression Analysis, *Higher Education Press*, Beijing.
- Hilbe, J. M. (2009). Logistic Regression Models, 1st Edition, Taylor and Francis Group, New York, USA.
- Hotle, S., Murray-Tuite, P. y Singh, K. (2020). Influenza risk perception and travel-related health protection behavior in the US: Insights for the aftermath of the COVID-19 outbreak, *Transportation Research Interdisciplinary Perspectives*, Vol. 5, pp. 100-127.
- Ibeas, Á., González, F., Dell Olio, L. y Moura, J. (2007). Manual de encuestas de movilidad (preferencias reveladas). Santander, España: Editorial Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos de Santander.
- Instituto Mexicano para la Competitividad (2018). Índice de Competitividad Urbana 2018. Base de datos. Instituto Mexicano para la Competitividad A.C. México,

D.F. Página web visitada 6 de febrero de 2022. Disponible en:
<http://imco.org.mx/indices/califica-a-tu-alcalde/>

Instituto Nacional de Estadística y Geografía (2021). Directorio Estadístico Nacional de Unidades Económicas. Página web visitada 6 de abril de 2021.
<https://en.www.inegi.org.mx/app/mapa/denue/>

Instituto Nacional de Estadística y Geografía (2021b). Sistema de Cuentas Nacionales de México. Producto Interno Bruto por Entidad Federativa. Año Base 2013. Serie de 2003 a 2019. Página web visitada 6 de febrero de 2022. Disponible en:
https://www.inegi.org.mx/contenidos/temas/economia/pib/pibent/tabulados/ori/PIBE_2.xlsx

Instituto Nacional de Estadística y Geografía (2022). Estadística de transporte urbano de pasajeros, julio de 2022. Disponible en:
https://www.inegi.org.mx/contenidos/programas/transporteurbano/doc/ETUP_2022_09.pdf

Koppelman, F. S. y Bhat, C. (2006). A Self Instructing Course in Mode Choice Modeling: Multinomial and Nested *Logit* Models, U.S. Department of Transportation, Federal Transit Administration.

Koppelman, F. S. y Chu, C. (1983). Effect of Sample Size on Disaggregate Choice Model Estimation and Prediction, *Transportation Research Record*, Vol. 944.

Lancaster, K. J. (1966). A new approach to consumer theory, *The Journal of Political Economy*, Vol. 74(2), pp. 132-157.

Lipsitch, M., Swerdlow, D. L. y Finelli, L. (2020). Defining the epidemiology of Covid-19 – Studies needed, *The New England Journal of Medicine*, Vol. 382(13), pp. 1194-1196.

Luce, R. D. (1959). Individual choice behavior: A theoretical analysis. New York: Wiley.

- McFadden, D. (1973). Conditional *logit* analysis of qualitative choice behavior. In Zarembka, P. (Ed.), *Frontiers in econometrics*. Academic Press, New York.
- Moen, B.E., y Rundmo, T. (2006). Perception of transport risk in the Norwegian public, *Risk Management*, Vol. 8(1), pp. 43-60.
- Mogaji, E. (2020). Impact of COVID-19 on transportation in Lagos, Nigeria, *Transportation Research Interdisciplinary Perspectives*, vol. 6, pp.100-154.
- Molinero, Á. R. y Sánchez, L. I. (1997). Transporte público: Planeación, diseño, operación y administración, Universidad Autónoma del Estado de México, México.
- Moreno, E. (2011). Métodos de elección discreta en la estimación de la demanda, Instituto Mexicano del Transporte, Publicación Técnica No. 335, Sanfandila, Qro.
- Moser, C. y Kalton G. (1958). *Survey Methods in Social Investigation*, Libros educativos Heinemann, Londres, England.
- Müggenburg, H., Busch-Geertsema, A. y Lanzendorf, M. (2015). Mobility biographies: A review of achievements and challenges of the mobility biographies approach and a framework for further research, *Journal of Transport Geography*, Vol. 46, pp. 151-163.
- Mundó, J. (2002). "El transporte colectivo urbano: aplicación del enfoque de sistemas para un mejor servicio", *Fermentum. Revista Venezolana de Sociología y Antropología*, 12 (34) pp. 285-302.
- Nordfjærn, T., Simsekoglu, Ö., Lind, H., Jørgensena, S. y Rundmoa, T. (2014). Transport priorities, risk perception and worry associated with mode use and preferences among Norwegian commuters, *Accident Analysis and Prevention*, Vol. 72, pp. 391-400.
- Ortúzar, J. D. (2000). Modelos de demanda de transporte, Alfaomega, México.

- Ortúzar, J. D. y Willumsen, L. G. (2008). Modelos de Transporte, Universidad de Cantabria.
- Parady, G., Taniguchi, A. y Takami, K. (2020). Travel behavior changes during the COVID-19 pandemic in Japan: Analyzing the effects of risk perception and social influence on going-out self-restriction, *Transportation Research Interdisciplinary Perspectives*, Vol. 7, pp. 100-181.
- Park, J. (2020). Changes in subway ridership in response to COVID-19 in Seoul, South Korea: implications for social distancing, *Cureus*, Vol. 12, pp. 1-11.
- Parker, M. E. G., Li, M., Bouzaghrane, M. A., Obeid, H., Hayes, D., Frick, K. T., Rodríguez, D. A., Sengupta, R., Walker, J. y Chatman, D.G. (2021). Public transit use in the United States in the era of COVID-19: Transit riders' travel behavior in the COVID-19 impact and recovery period, *Transport Policy*, Vol. 111, pp. 53-62.
- Paulssen, M., Temme, D., Vij, A. y Walker, J. L. (2013). Values, attitudes and travel behavior: a hierarchical latent variable mixed *logit* model of travel mode choice, *Transportation*, Vol. 41(4), pp. 873-888.
- Pawar, D., Yadav, A., Akolekar, N. y Velaga, N. (2020). Impact of physical distancing due to novel coronavirus (SARS-CoV-2) on daily travel for work during transition to lockdown, *Transportation Research Interdisciplinary Perspectives*, Vol. 7, pp. 100-203.
- Pohl, N. F. (1981). Scale considerations in using vague quantifiers, *Journal of Experimental Education*, Vol. 49(4), pp. 235-240.
- R Development Core Team (2016). Introducción a R. Notas sobre R: Un entorno de programación para Análisis de Datos y Gráficos. Version 1.0.1.
- Rawlings, J. O., Pantula, S. G. y Dickey, D. A. (1998). Applied Regression Analysis: A Research Tool, Second Edition, Springer, New York.

- Richardson, A.J., Ampt, E.S. y Meyburg A.H. (1995). Survey Methods for Transport Planning, pp. 75-145.
- Roche-Cerasi, I., Rundmo, T., Sigurdson, J. y Moe, D. (2012). Transport mode preferences, risk perception and worry in a Norwegian urban population, *Accident Analysis and Prevention*, Vol. 50, pp. 698-704.
- Rodríguez, I. y Terán, E. (2021). Equilibrio de largo plazo y cambio modal en el transporte público en ciudades mexicanas. Equilibrio Económico. Nueva Época, *Revista de Economía, Política y Sociedad*, Vol. 17(52), pp. 120-146.
- Rundmo, T. (2002). Associations between affect and risk perception, *Journal of Risk Research*, Vol. 5(2), pp. 119-135.
- Rundmo, T., y Moen, B.E. (2006). Risk perception and demand for risk mitigation in transport: a comparison of lay people, politicians and experts, *Journal of Risk Research*, Vol. 9(6), pp. 623-640.
- Schoenduwe, R., Mueller, M. G., Peters, A. y Lanzendorf, M. (2015). Analyzing mobility biographies with the life course calendar: a retrospective survey methodology for longitudinal data collection, *Journal of Transport Geography*, Vol. 42, pp. 98-109.
- Scorrano, M. y Danielis, R. (2021). Active mobility in an Italian city: Mode choice determinants and attitudes before and during the Covid-19 emergency, *Research in Transportation Economics*, Vol. 86, pp. 101-031.
- Siegel, A. F. (2016). Practical business statistics. Academic Press.
- Sjöberg, L. (2000). Factors in Risk Perception, *Risk Analysis*, Vol. 20(1).
- Smith, M. E. (1979). Design of Small Sample Home-Interview Travel Surveys, *Transportation Research Record*, Vol. 701, pp. 29-35.
- Sohrabi, C., Alsafi, Z., O' Neill, N., Khan, M., Kerwan, A., Al-Jabir, A., Iosifidis, C. y Agha, R. (2020). World Health Organization declares global emergency: a

- review of the 2019 novel coronavirus (COVID-19), *International Journal of Surgery*, Vol. 76, pp. 71-76.
- Spear, B. D. (1997). Applications of new travel demand forecasting techniques to transportation: a study of individual choice models, U.S. Department of Transportation, Federal Highway Administration, Washington, D.C., pp. 1-18.
- Stopher, P., Wilmot, C. y Alsnihi, R. (2003). Standards for household travel surveys- some proposed ideas, International Conference on Transport Survey Quality and Innovation, pp. 1-24.
- Tan, L. y Ma, C. (2020). Choice behavior of commuters' rail transit mode during the COVID-19 pandemic based on logistic model, *Journal of traffic and transportation engineering*, Vol. 8(2), pp. 186-195.
- Train, K. E. (2002). Discrete Choice Methods with Simulation, Cambridge University Press, New York.
- Train, K. E. (2009). Discrete Choice Methods with Simulation, 2nd edition, Cambridge University Press, New York.
- Transportation Research Board (2010). Highway Capacity Manual, Washington, DC, Vol. 2(1).
- Troko, J., Myles, P., Gibson, J., Hashim, A., Enstone, J., Kingdon, S., Packham, C., Amin, S., Hayward, A. y Van-Tam, J. (2011). Is public transport a risk factor for acute respiratory infection?, *BMC Infectious Diseases*, Vol. 11(1), pp. 11-16.
- van Exel, N. J. A., y Rietveld, P. (2010). Perceptions of public transport travel time and their effect on choice-sets among car drivers, *Journal of Transport and Land Use*, Vol. 2(3/4), pp. 75-86.
- Vuchic, V. R. (2005). Urban Transit: Operations, Planning, and Economics, John Wiley and Sons.

- Vuchic, V. R. (2007). *Urban Transit: Systems and Technology*, John Wiley and Sons.
- WHO (2020). Virtual press conference on COVID-19 - 11 March 2020, Geneva, from, <https://www.who.int/emergencies/diseases/novel-coronavirus-2019>.
- Yilmazkuday, H. (2020). COVID-19 spread and inter-county travel: Daily evidence from the US, *Transportation Research Interdisciplinary Perspectives*, Vol. 8, pp. 100-244.
- Zhu, N., Zhang, D., Wang, W., Li, X., Yang, B., Song, J., Huang, B., Shi, W., Lu, R., Niu, P., Zhan, F., Ma, X., Wang, D., Xu, W., Wu, G., Gao, G. F. y Tan, W. (2020). A Novel Coronavirus from Patients with Pneumonia in China, 2019, *The New England Journal of Medicine*, vol. 382, pp. 729-733.

8. ANEXOS

8.1. Cuestionario de Intercepción Piloto



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE QUERÉTARO
FACULTAD DE INGENIERÍA
DIVISIÓN DE INVESTIGACIÓN Y POSGRADO

Proyecto de Investigación: **Identificación de Variables Significativas que Explican el Cambio Modal en Usuarios del Transporte Público debido al COVID-19 en México.**

Folio: _____

Fecha: / / 2021

CUESTIONARIO PILOTO

1. Atributos personales (socioeconómicos).

Subraya o contesta la respuesta que más te representa.

1.1 Género:	Femenino	Masculino			
1.2 Edad (años):	_____				
1.3 Relación con jefa/e del hogar:	Soy la jefa/e	Esposa/o	Hija/o	Otro	
1.4 Nivel de educación (completo):	Sin estudios	Primaria	Secundaria	Bachillerato	Licenciatura
	Maestría	Doctorado	Otro		
1.5 Ocupación:	Limpieza	Conductor	Auxiliar	Seguridad	Técnico
	Administrativo	Operativo	Supervisor	Gerente	Otro
1.6 Ingreso personal (salario mínimos):	0 a 2	2 a 4	6 a 10	10 a 14	> 14

2. Atributos de viaje.

Contesta la primera pregunta y subraya las siguientes de acuerdo a la opción que más te representa.

2.1 Lugar de residencia:	Colonia: _____				
	Calle: _____				
2.2 Tiempo de caminata del hogar al transporte público (en caso de usarlo):	< 5min	5-10 min	> 10 min		
2.3 Tiempo de viaje:	< 10 min	10-20 min	20-30 min	> 30 min	
2.4 Costo de viaje:	< \$10	\$10-\$20	\$20-\$30	> \$30	
2.5 Frecuencia de viaje por semana:	1-2 veces	3-4 veces	5-6 veces	> 6 veces	
2.6 Modo de transporte antes de la pandemia:	Transporte público	Automóvil	Bicicleta	Caminar	Otro
2.7 Modo de transporte durante la pandemia:	Transporte público	Automóvil	Bicicleta	Caminar	Otro

3. Percepción de riesgo ante el COVID-19.

Subraya tu nivel de percepción acorde a los siguientes aspectos de acuerdo a la escala presentada.

Sensaciones que genera el COVID-19	Nada	Poco	Regular	Bastante	Mucho
3.1 Grado de comprensión de la pandemia:	1	2	3	4	5
3.2 Grado de preocupación por la pandemia:	1	2	3	4	5
3.3 Grado de ansiedad por la pandemia:	1	2	3	4	5
3.4 Grado de molestia por la pandemia:	1	2	3	4	5
3.5 Grado de amenaza a su vida por la pandemia:	1	2	3	4	5
3.6 Grado de conocimiento de las consecuencias de contagiarse:	1	2	3	4	5
Posibilidades de contraer el virus	Nada	Poco	Regular	Bastante	Mucho
3.7 Posibilidad de contagiarse fuera del transporte público:	1	2	3	4	5
3.8 Posibilidad de contagiarse en transporte público:	1	2	3	4	5
3.9 Posibilidad de contagiarse en automóvil:	1	2	3	4	5
3.10 Posibilidad de contagiarse en bicicleta:	1	2	3	4	5
3.11 Posibilidad de contagiarse caminando:	1	2	3	4	5
3.12 Considera riesgoso usar el transporte público:	1	2	3	4	5
Compresión de las medidas sanitarias en el transporte público	Nada	Poco	Regular	Bastante	Mucho
3.13 Grado de aceptación de las medidas sanitarias:	1	2	3	4	5
3.14 Grado de cumplimiento de las medidas sanitarias:	1	2	3	4	5
3.15 Considera adecuado el uso de cubre bocas:	1	2	3	4	5
3.16 Considera adecuado el distanciamiento social:	1	2	3	4	5
3.17 Considera importante evitar aglomeraciones:	1	2	3	4	5
3.18 Considera importante la higiene propia y la de las unidades:	1	2	3	4	5

Gracias por su participación, su opinión será tomada en cuenta para contribuir a la calidad del servicio del transporte público.

Ing. Juan Roberto Lazcano Trejo

8.2. Cuestionario de Intercepción Final



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE QUERÉTARO
FACULTAD DE INGENIERÍA
DIVISIÓN DE INVESTIGACIÓN Y POSGRADO

Proyecto de Investigación: **Identificación de Variables Significativas que Explican el Cambio Modal en Usuarios del Transporte Público debido al COVID-19 en México.**

Folio: _____

Fecha: / / 2021

CUESTIONARIO DE INTERCEPCIÓN

1. Características sociodemográficas.

Contesta la primera pregunta y subraya las siguientes de acuerdo a la opción que más te representa.

1.1 Edad (años):	_____				
1.2 Género:	Femenino	Masculino	Otro		
1.3 Relación con jefa/e del hogar:	Soy la jefa/e	Esposa/o	Hija/o	Otro	
1.4 Nivel de educación (completo):	Sin estudios	Primaria	Secundaria	Bachillerato	Licenciatura
	Maestría	Doctorado	Otro		
1.5 Ocupación:	Limpieza	Conductor	Auxiliar	Seguridad	Técnico
	Administrativo	Operativo	Supervisor	Otro	
1.6 Ingreso personal mensual:	< \$10,000	\$10,000- \$15,000	\$15,000- \$20,000	\$20,000- \$25,000	> \$25,000

2. Características de viaje.

Contesta la primera pregunta y subraya las siguientes de acuerdo a la opción que más te representa.

2.1 Lugar de residencia:	Colonia: _____				
	Calle: _____				
2.2 Tiempo de caminata del hogar al transporte público (en caso de usarlo):	< 5 min	5-10 min	> 10 min		
2.3 Tiempo de viaje:	< 10 min	10-20 min	20-30 min	> 30 min	
2.4 Costo de viaje:	< \$10	\$10-\$20	\$20-\$30	> \$30	
2.5 Frecuencia de viaje por semana:	1-2 veces	3-4 veces	5-6 veces	> 6 veces	
2.6 Modo de viaje antes de la pandemia:	Transporte público	Automóvil	Bicicleta	Caminar	Otro
2.7 Modo de viaje durante la pandemia:	Transporte público	Automóvil	Bicicleta	Caminar	Otro

3. Percepción por COVID-19.

Subraya tu nivel de percepción acorde a los siguientes aspectos de acuerdo a la escala presentada.

Sensaciones que genera el COVID-19	Nada	Poco	Regular	Bastante	Mucho
3.1 Grado de comprensión de la pandemia:	1	2	3	4	5
3.2 Grado de preocupación por la pandemia:	1	2	3	4	5
3.3 Grado de molestia por la pandemia:	1	2	3	4	5
3.4 Grado de amenaza a su vida por la pandemia:	1	2	3	4	5
3.5 Grado de conocimiento de las consecuencias de contagiarse:	1	2	3	4	5
Posibilidades de contraer el virus	Nada	Poco	Regular	Bastante	Mucho
3.6 Posibilidad de contagiarse en transporte público:	1	2	3	4	5
3.7 Posibilidad de contagiarse fuera del transporte público:	1	2	3	4	5
3.8 Posibilidad de contagiarse en automóvil:	1	2	3	4	5
3.9 Posibilidad de contagiarse en bicicleta:	1	2	3	4	5
3.10 Posibilidad de contagiarse caminando:	1	2	3	4	5
3.11 Considera riesgoso usar el transporte público:	1	2	3	4	5
Comprensión de las medidas sanitarias en el transporte público	Nada	Poco	Regular	Bastante	Mucho
3.12 Grado de aceptación de las medidas sanitarias:	1	2	3	4	5
3.13 Grado de cumplimiento de las medidas sanitarias:	1	2	3	4	5
3.14 Considera adecuado el uso de cubrebocas:	1	2	3	4	5
3.15 Considera adecuado el distanciamiento social:	1	2	3	4	5
3.16 Considera importante evitar aglomeraciones:	1	2	3	4	5
3.17 Considera importante la limpieza de las unidades:	1	2	3	4	5

Gracias por su participación, su opinión será tomada en cuenta para contribuir a la calidad del servicio del transporte público.

Ing. Juan Roberto Lazcano Trejo

8.3. Resultados del modelo logístico binario en RStudio

```
> glm1 <- glm(Respuesta ~ Ocupacion + TiemViaje + Conocimiento + ContagioTP +
  ContagioFuera + RiesgosoTP, data=Datos1, family = "binomial")
> summary(glm1)

Call:
glm(formula = Respuesta ~ Ocupacion + TiemViaje + Conocimiento +
  ContagioTP + ContagioFuera + RiesgosoTP, family = "binomial",
  data = Datos1)

Deviance Residuals:
    Min       1Q   Median       3Q      Max
-2.4870  0.1177  0.3204  0.5628  1.7960

Coefficients:
            Estimate Std. Error z value Pr(>|z|)
(Intercept)   10.0479     2.1352   4.706 2.53e-06 ***
Ocupacionmedia -0.9168     0.3807  -2.409 0.016018 *
Ocupacionxalta -2.2071     0.5251  -4.203 2.64e-05 ***
TiemViajex10a20  2.5115     0.6508   3.859 0.000114 ***
TiemViajex20a30  2.7696     0.5935   4.667 3.06e-06 ***
TiemViajex30mas  3.2593     0.6115   5.330 9.81e-08 ***
Conocimiento   -0.6916     0.2825  -2.448 0.014367 *
ContagioTP     -2.1852     0.4720  -4.629 3.67e-06 ***
ContagioFuera  1.1659     0.4264   2.734 0.006251 **
RiesgosoTP     -0.5884     0.2884  -2.040 0.041301 *
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

(Dispersion parameter for binomial family taken to be 1)

    Null deviance: 341.99  on 364  degrees of freedom
Residual deviance: 243.59  on 355  degrees of freedom
AIC: 263.59

Number of Fisher Scoring iterations: 6

>
>
>
> modelChi1 <- glm1$null.deviance - glm1$deviance
> modelChi1
[1] 98.39623
>
>
>
> chidf <- glm1$df.null - glm1$df.residual
> chidf
[1] 9
```

```

>
>
>
> chisq.prob <- 1 - pchisq(modelChi1, chidf)
> chisq.prob
[1] 0
>
>
>
> R2.h1 <- modelChi1$glm1$null.deviance
> R2.h1
[1] 0.2877207

>
>
>
> R.cs <- 1 - exp((glm1$deviance - glm1$null.deviance) /365)
> R.cs
[1] 0.2362988
>
>
>
> R.n <- R.cs / (1 - (exp(-(glm1$null.deviance/365))))
> R.n
[1] 0.3885361
>
>
>
> glm1$coefficients
      (Intercept)  Ocupacionmedia  Ocupacionxalta  TiemViajex10a20
      10.0478512      -0.9168354      -2.2070710      2.5115497
TiemViajex20a30  TiemViajex30mas  Conocimiento  ContagioTP
      2.7696327      3.2593423      -0.6916496      -2.1851999
ContagioFuera    RiesgosoTP
      1.1659443      -0.5884451

>
>
>
> exp(glm1$coefficients)
      (Intercept)  Ocupacionmedia  Ocupacionxalta  TiemViajex10a20
      2.310608e+04  3.997822e-01  1.100224e-01  1.232401e+01
TiemViajex20a30  TiemViajex30mas  Conocimiento  ContagioTP
      1.595277e+01  2.603241e+01  5.007493e-01  1.124553e-01
ContagioFuera    RiesgosoTP
      3.208952e+00  5.551899e-01

>
>
>
> exp(confint(glm1))
waiting for profiling to be done...
      2.5 %      97.5 %
(Intercept)  439.86234806  1.963872e+06
Ocupacionmedia  0.18454874  8.288797e-01
Ocupacionxalta  0.03841673  3.053421e-01
TiemViajex10a20  3.59775430  4.683479e+01
TiemViajex20a30  5.17028488  5.368085e+01
TiemViajex30mas  8.15087659  9.076338e+01
Conocimiento  0.28336251  8.617907e-01
ContagioTP  0.04249573  2.726234e-01
ContagioFuera  1.41304469  7.560912e+00
RiesgosoTP  0.31065897  9.672019e-01

```

```

>
>
>
> pr1 <- predict(glm1,type="link")
> pr2 <- predict(glm1,type="response")
> pred <- ifelse(pr2 < 0.5, 0, 1)
> concord <- ifelse(Respuesta == pred, 1, 0)
> porc = sum(concord/length(pred))
> porc
[1] 0.8547945
>
>
>
> qchisq(0.95,356)
[1] 400.9974
>
>
>
> car::vif(glm1)
      GVIF Df GVIF^(1/(2*Df))
Ocupacion      1.176112  2      1.041387
TiemViaje      1.432108  3      1.061686
Conocimiento   1.141395  1      1.068361
ContagioTP     1.605259  1      1.266988
ContagioFuera  1.663190  1      1.289647
RiesgosoTP     1.163327  1      1.078576
>

>
>
> anova(glm1,test = "chisq")
Analysis of Deviance Table

Model: binomial, link: logit
Response: Respuesta

Terms added sequentially (first to last)

      Df Deviance Resid. Df Resid. Dev Pr(>Chi)
NULL                364      341.99
Ocupacion           2    14.801    362    327.18 0.000611 ***
TiemViaje           3    39.012    359    288.17 1.726e-08 ***
Conocimiento        1     6.338    358    281.83 0.011816 *
ContagioTP          1    26.983    357    254.85 2.052e-07 ***
ContagioFuera       1     6.939    356    247.91 0.008435 **
RiesgosoTP          1     4.324    355    243.59 0.037588 *
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1
>

```