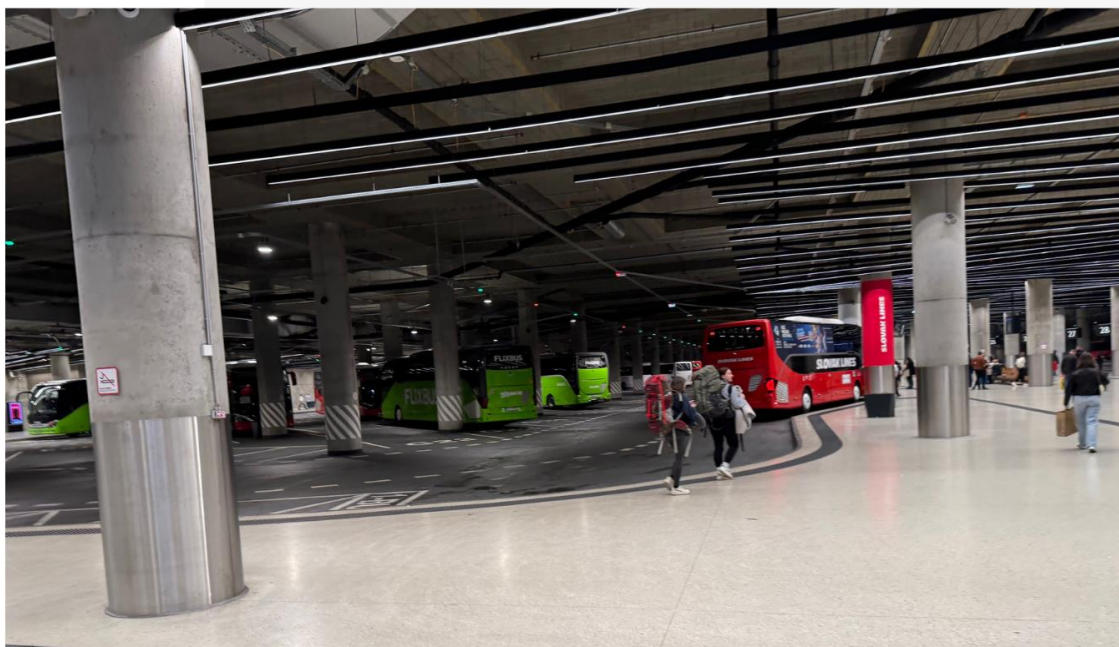




CIS TRANSPORTE SERVICIOS PROFESIONALES LTDA.

MAYO 2026

INFORME 6 CORREGIDO



ESTUDIO VALOR SOCIAL DEL TIEMPO DE VIAJE EN EL CONTEXTO DEL SNI, ETAPA 2.5

SUBSECRETARÍA DE EVALUACIÓN SOCIAL - MINISTERIO DE DESARROLLO
SOCIAL Y FAMILIA

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN	1
1.1 OBJETIVOS DEL ESTUDIO	1
1.1.1 <i>Objetivo General</i>	1
1.1.2 <i>Objetivos Específicos</i>	1
1.2 TAREAS DEL ESTUDIO	1
1.3 CONTENIDO DEL INFORME.....	2
2. TAREA 1: AJUSTE METODOLÓGICO	3
3. TAREA 2: REVISIÓN DE ANTECEDENTES	4
3.1 ESTUDIOS VST EN EL CONTEXTO DEL SNI	4
3.1.1 <i>Marco Metodológico</i>	4
3.1.2 <i>Aprendizajes de Etapa 2</i>	6
3.2 ESTUDIOS DE VALOR DEL TIEMPO DE ESCALA NACIONAL	7
3.3 ESTUDIOS DE ANÁLISIS COGNITIVO	9
3.3.1 <i>Métodos Verbales y Entrevistas Cognitivas en el desarrollo de cuestionarios</i>	10
3.3.2 <i>Métodos de Pretesting y Evaluación de Cuestionarios</i>	11
3.3.3 <i>Procesos cognitivos en la respuesta a encuestas</i>	11
3.3.4 <i>Conclusiones de los Estudios de Análisis Cognitivo</i>	12
4. TAREA 3: ANÁLISIS COGNITIVO.....	13
4.1 REVISIÓN DE CUESTIONARIOS RESULTANTES DE ETAPA 2 VST	13
4.2 OBSERVACIONES GENERALES	14
4.3 OBSERVACIONES ESPECÍFICAS	16
4.3.1 <i>Gráficos e Información Comparable</i>	16
4.3.2 <i>Imágenes e Información Comparable</i>	17
4.3.3 <i>Información Comparable</i>	18
4.4 PROPUESTA PRELIMINAR DE AJUSTES	19
4.4.1 <i>Gráficos e Información Comparable</i>	19
4.4.2 <i>Imágenes e Información Comparable</i>	20
4.4.3 <i>Información Comparable</i>	23
4.5 DESARROLLO DE ANÁLISIS COGNITIVO A INSTRUMENTOS.....	25
4.5.1 <i>Revisión por Panel de Expertos (Revisión de Cuestionarios)</i>	25
4.5.2 <i>Pre-pilotaje</i>	26
4.5.3 <i>Pilotaje 1</i>	34
4.5.4 <i>Pilotaje 2</i>	43
4.5.5 <i>Conclusiones generales de análisis cognitivo</i>	50
4.5.6 <i>Sugerencias</i>	50
5. TAREA 4: ANÁLISIS DE SOFTWARE PARA EL LEVANTAMIENTO DE ENCUESTA	52
5.1 PRESENTACIÓN	52
5.2 REQUERIMIENTOS DEL SOFTWARE	52

5.3	SOFTWARES SURVEY SOLUTIONS	53
5.3.1	<i>Antecedentes generales</i>	53
5.3.2	<i>Prueba del software</i>	55
5.3.3	<i>Compatibilidad y Consideraciones para el Estudio</i>	57
5.3.4	<i>Costos</i>	59
5.4	SOFTWARE SURVEY ENGINE.....	60
5.4.1	<i>Antecedentes generales</i>	60
5.4.2	<i>Capacidad gráfica</i>	60
5.4.3	<i>Conectividad a internet</i>	63
5.4.4	<i>Costos</i>	63
5.5	SÍNTESIS DE COMPARACIÓN DE SOFTWARES.....	64
5.6	ANÁLISIS DE ALTERNATIVAS	65
5.6.1	<i>Interfaz de encuesta en Survey Solutions</i>	65
5.6.2	<i>Modo offline en SurveyEngine</i>	66
5.6.3	<i>Desarrollo informático</i>	67
5.7	RECOMENDACIONES	69
6.	TAREA 5: METODOLOGÍA DE LEVANTAMIENTO DE DATOS	70
6.1	SOFTWARE A UTILIZAR	70
6.2	FORMATO DE PRESENTACIÓN	71
6.3	LUGARES DE TOMA DE DATOS	72
6.4	LOGÍSTICA DEL LEVANTAMIENTO.....	73
6.4.1	<i>Segmentación de la Muestra</i>	74
6.4.2	<i>Categorización de la muestra</i>	76
6.4.3	<i>Definición de Muestras Mínimas</i>	77
6.4.4	<i>Estimación de costos de levantamiento</i>	79
6.5	MANUAL DE CAPACITACIÓN A ENCUESTADORES.....	79
6.6	ESTIMACIÓN DE MODELOS.....	80
6.6.1	<i>Generalidades</i>	80
6.6.2	<i>FUIC preliminar</i>	83
6.6.3	<i>Exploración clases latentes</i>	87
6.6.4	<i>Otras consideraciones</i>	87
6.6.5	<i>Estimación del VTV</i>	87
7.	TAREA 6: DISEÑO DEFINITIVO Y CONCLUSIONES.....	89
7.1	DISEÑO FINAL	89
7.2	RECOMENDACIONES	89
7.3	CONCLUSIONES.....	90
8.	BIBLIOGRAFÍA	92

ÍNDICE DE ANEXOS DIGITALES

Anexo Digital 1: Ajuste Metodológico

- Anexo 1.1: Minuta de ajuste metodológico
- Anexo 1.2: Metodología Análisis Cognitivo VST
-

Anexo Digital 4: Análisis Cognitivo

- Anexo 4.1: Materiales A. Cognitivo prepilotaje
- Anexo 4.2: Manual Análisis Cognitivo VST Prepilotaje
- Anexo 4.3: Manual Análisis Cognitivo VST Pilotaje 1
- Anexo 4.4: Manual Análisis Cognitivo VST Pilotaje 2
- Anexo 4.5: Base Análisis Cognitivo VST 2.5
- Anexo 4.6: Análisis Hacinamiento

Anexo Digital 5: Análisis de Software

- Anexo 5.1: Resumen ejecutivo

Anexo Digital 6: Levantamiento Encuestas

- Anexo 6.1: Manual Encuestas Paneles

Anexo Digital 7: Diseños Resultantes

- Anexo 7.0: Antecedentes
- Anexo 7.1: Experimentos Corta Distancia
- Anexo 7.2: Experimentos Larga Distancia
- Anexo 7.3: Tamaños muestrales

Anexo Digital 8: Modificaciones Formularios Etapa 2

- Anexo 8.1: Encuestas (PDF)
- Anexo 8.2: Links de prueba
- Anexo 8.3: Codeplan

Anexo Digital 9: Imágenes en diferentes resoluciones

Anexo Digital 10: Encuesta Definitiva

- Anexo 10.0: Links de prueba
- Anexo 10.1: Diseños Experimentales
- Anexo 10.2: Encuestas Survey Engine

Anexo Digital 11: Anexo Recomendaciones

GLOSARIO DE ABREVIATURAS

EOD	Encuesta Origen Destino de Viajes
MDSF	Ministerio de Desarrollo Social y Familia
MOP	Ministerio de Obras Públicas
MTT	Ministerio de Transportes y Telecomunicaciones
NSE	Nivel Socio-Económico
PD	Preferencias Declaradas
PR	Preferencias Reveladas
SECTRA-MTT	Programa de Vialidad y Transporte Urbano del MTT
SNI	Sistema Nacional de Inversiones
VTV	Valor del Tiempo de Viaje

1. Introducción

El presente documento corresponde al informe 6 corregido del estudio denominado “**Estudio Valor Social del Tiempo de Viaje en el Contexto del SNI, Etapa 2.5**” (en adelante el Estudio), licitado públicamente por la Subsecretaría de Evaluación Social del Ministerio de Desarrollo Social y Familia (en adelante el mandante) y adjudicado en noviembre de 2024 a la empresa **CIS Transporte Servicios Profesionales Limitada** (en adelante el consultor).

1.1 Objetivos del Estudio

1.1.1 Objetivo General

De acuerdo a lo establecido en las Bases Técnicas, el objetivo del estudio es “disponer de cuestionarios testeados cognitivamente para la estimación del valor social del tiempo de viaje (VST) en el contexto del Sistema Nacional de Inversiones (SNI), mediante un proceso que enfatice el estudio de los aspectos cualitativos de la encuesta y la forma en que es presentado el cuestionario a las personas entrevistadas.”

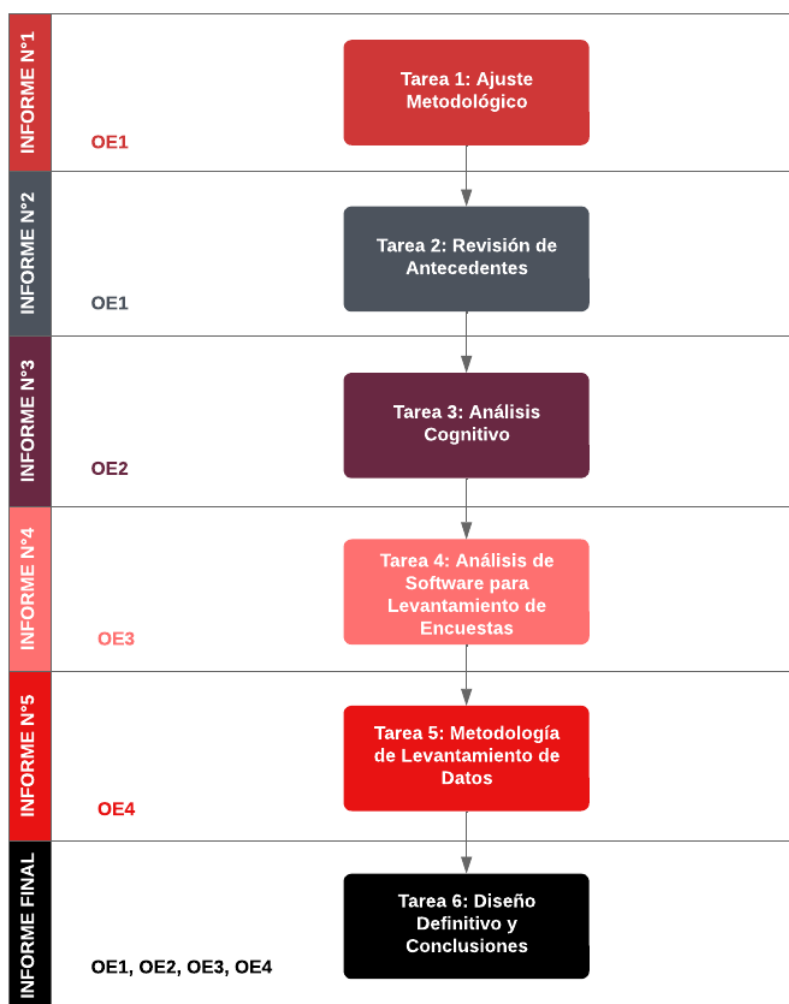
1.1.2 Objetivos Específicos

- **OE.1.** Obtener, a partir del análisis de antecedentes bibliográficos sobre pruebas cognitivas, la información que permita el ajuste de los instrumentos aplicados en la etapa 2 del estudio para mejorar su comprensión y aplicabilidad.
- **OE.2.** Comprender el funcionamiento y entendimiento de las preguntas del cuestionario resultante del OE1. Indagar las razones por las cuales las personas desarrollan las respuestas expresadas y corroborar si han entendido a cabalidad las preguntas contenidas en el cuestionario, así como los atributos presentados.
- **OE.3.** Disponer de un software adecuado para el levantamiento de las encuestas, cuyo despliegue de información favorezca el entendimiento adecuado de las preguntas.
- **OE.4.** Contar con una guía de recomendaciones para la aplicación del cuestionario a nivel nacional en, a lo menos, los siguientes puntos: software, formato de presentación, lugar de la toma de datos, duración, logística de toma de datos, etc.

1.2 Tareas del Estudio

La metodología de trabajo propuesta para el presente estudio consiste en 6 tareas. La interrelación de tareas se presenta en la siguiente figura.

FIGURA Nº 1: INTERRELACIÓN DE TAREAS DEL ESTUDIO



1.3 Contenido del Informe

El informe presenta los resultados esperados asociados a los cuatro objetivos específicos y contiene la totalidad de los contenidos del estudio.

Para este efecto, se ha estructurado en 7 capítulos, manteniendo los antecedentes de las etapas anteriores. El reporte de la tarea de diseño definitivo y conclusiones se reporta en el capítulo 7.

2. Tarea 1: Ajuste Metodológico

Al comenzar el estudio se coordinó una reunión entre el consultor y el mandante, la que se realizó el día 26 de febrero.

En dicha reunión se estableció como acuerdo operativo anticipar el inicio del estudio al día miércoles 26 de febrero de 2025. Además se acordó adelantar el inicio de la Tarea 3, comenzando simultáneamente con la Tarea 2 y entregar un mayor detalle en la Carta Gantt, particularmente en la tarea de Análisis Cognitivo. Para lo anterior, el consultor deberá desarrollar una metodología detallada esta actividad, la que será entregada a la Contraparte técnica del MDSF antes del 30 de marzo, y formará parte de los contenidos del Informe 2.

Se designó además a la contraparte y se establecieron los acuerdos técnicos previamente mencionados.

La minuta detallada de ajustes metodológicos se encuentra en el Anexo Digital 1.1.

3. Tarea 2: Revisión de Antecedentes

3.1 Estudios VST en el Contexto del SNI

3.1.1 Marco Metodológico

Se revisó el documento “Marco Metodológico para la Realización de un Estudio Nacional sobre Valor del Tiempo de Viaje Basado en Trabajo de Campo y Modelación de Punta” elaborado por DICTUC en 2021 para el MDSF.

El documento está estructurado en cinco secciones:

- Estudios Nacionales del Valor del Tiempo Basados en Trabajo de Campo
- Revisión de Valores del Tiempo en Países sin Estudios Nacionales
- Estudios Chilenos sobre Valor del Tiempo y Otros Temas Destacados
- El Valor del Tiempo de Viaje: Aspectos Teóricos y Empíricos
- Marco Metodológico para un Estudio Nacional del Tiempo de Viaje

El estudio aborda diversas experiencias y resultados obtenidos en estudios de alcance nacional y sub regional para estimar el valor del tiempo de viaje, detallando las modalidades de levantamiento de datos, el tipo de instrumentos utilizados, las variables utilizadas y otros elementos del levantamiento. A partir de estas experiencias y la metodología de estimación del valor del tiempo requerida para el Sistema Nacional de Inversiones (SNI) sintetizaron un marco metodológico para desarrollar un estudio nacional del tiempo de viaje.

El capítulo 6 del documento establece un marco metodológico detallado para el desarrollo de un estudio nacional sobre el valor del tiempo de viaje. A continuación, se presentan las principales características y recomendaciones organizadas por ítems relevantes:

3.1.1.1 Características Principales de los Estudios Nacionales de Valor del Tiempo

Se revisaron estudios nacionales en países como Alemania, Dinamarca, Holanda, Inglaterra, Noruega, Suecia y Suiza.

La obtención del VT se basa principalmente en encuestas de preferencias declaradas (PD), donde los participantes reportan viajes recientes y eligen entre distintas opciones de transporte. Algunos de estos utilizan el viaje reciente, como preferencia revelada (PR), en el modelo de elección.

Se analizan las combinaciones de modo de transporte y propósito del viaje, diferenciando viajes habituales, no habituales, y aquellos por trabajo o negocios.

La estimación del valor del tiempo de viaje se realiza en función de diversas variables. Entre ellas las más usuales son el ingreso del individuo, propósito y la distancia del viaje.

3.1.1.2 *Lineamientos para un Estudio Nacional del Valor del Tiempo*

Sobre la recolección de información se sugiere lo siguiente:

- Se deben recabar datos de PR y PD.
- Los datos de PR deben incluir información sobre un viaje reciente del encuestado, que servirá como base para las encuestas de PD.
- Se proponen encuestas específicas de elección de ruta y elección de modo, para eliminar sesgos en la percepción de los modos de viaje.

En cuanto a los propósitos de viaje se sugiere considerar al menos los siguientes: viajes habituales, viajes por trabajo y/o negocios y viajes por otros motivos. Para los viajes de trabajo y/o negocios se sugiere incluir preguntas de “margen de decisión” y forma de pago del viaje.

Se sugiere que existan cuatro categorías o rangos de distancias para las distancias de los viajes. En este ámbito, se requiere definir brechas estrechas en viajes cortos y brechas amplias para viajes largos.

Los modos de transporte a considerar corresponden a la mayoría de los disponibles. Esto incluye al transporte aéreo, transporte privado (autos), transporte público (bus, metro, tren, taxicolectivo) y al transporte activo (caminata y bicicleta)

Las características socioeconómicas del individuo a consultar corresponden al nivel de ingreso personal y del hogar. Luego esta información debe ser compatible con la presente en el INE. Se deben contemplar otras metodologías para obtener información precisa de los ingresos de los viajeros, pues la tasa de no respuesta a preguntas del ingreso personal es alta.

Se estipula incluir preguntas sobre actividades realizadas durante el viaje y construir indicadores de tiempo promedio dedicado a cada actividad. Por otra parte, se deben incluir preguntas sobre preferencias modales e impacto ambiental orientadas a generar clases latentes para los modelos de elección.

Acerca de los atributos claves para incluir en los cuestionarios y, por ende, en la modelación se mencionan los siguientes. La incorporación de estos depende de los modos analizados.

- Tiempo de viaje en el vehículo
- Tiempo de acceso y egreso
- Tiempo de espera y de transbordo
- Costo
- Condiciones de tráfico (flujo libre, congestión moderada, alta congestión)
- Regularidad en el tiempo de viaje
- Nivel de hacinamiento en transporte público

3.1.2 *Aprendizajes de Etapa 2*

Se analizó el documento Principales Aprendizajes del Estudio, elaborado por el equipo consultor para MDSF como síntesis del estudio “Valor Social del Tiempo de Viaje en el Contexto del Sistema Nacional de Inversiones, Etapa 2” con el fin de que sirvieran como insumo para la realización de la tercera etapa.

En el documento se abordan los puntos:

- **Diseño de experimentos**, donde se destaca la necesidad de diferenciar los diseños para viajes de corta y larga distancia, la conveniencia de utilizar como variables el tiempo de viaje, el costo de viaje y un elemento asociado a la calidad del mismo, y cautelar la cantidad de variables a considerar por el encuestado.
- **Formularios de encuesta**, donde se señalan las consultas a realizar para caracterizar al usuario y al viaje que se utiliza para pivotear. Se destaca además que se propone realizar elecciones de ruta para viajes de corta distancia y experimentos de elección modal para viajes de larga distancia.
- **Segmentación de propósitos de viaje**, donde se planteó una segmentación entre viajes habituales (al/del trabajo, estudio), no habituales (compras, trámites, otros) y por trabajo. En viajes de corta distancia se sugiere no considerar los viajes “por trabajo” por la dificultad de lograr una muestra adecuada. En viajes de mayor distancia es posible mantener los tres propósitos indicados.
- **Segmentación por distancia de viaje**, donde se proponen tres o cuatro rangos de distancia para viajes cortos y de larga distancia. Se recomienda además generar diseños experimentales para los viajes de corta distancia en base al tiempo de viaje, y no a la distancia, pues esto permite un mayor manejo de las variaciones en el tiempo de viaje, y es más realista para los encuestados.
- **Segmentación por ingreso**, en que se analiza la baja tasa de respuesta al ingreso personal, proponiéndose usar una consulta de ingreso del hogar o tratar con mecanismos de imputación para las personas que no respondan el ingreso.
- **Variables de servicio**, en que se sugiere usar la API de Google y aproximaciones basadas en valores disponibles actualmente para las principales urbes (Gran Santiago, Gran Valparaíso, Gran Concepción).
- **Modalidades de levantamiento de información**, donde se recomienda utilizar varios métodos de recolección, para luego modelar con una estructura anidada según fuente de información.
- **Implementación de la encuesta**, donde se propuso el uso de un software especializado por su facilidad para generar experimentos que son pivotados a partir de los atributos definidos por el encuestado.
- **Modelos de elección discreta**, donde se propone principalmente usar logit jerárquico considerando las diferentes fuentes de información para definir los factores de escala

de manera de obtener valores únicos. También se recomienda incorporar variables latentes. El modelo en particular fue un mixed logit jerárquico.

- **Valor del tiempo en usuarios de bicicleta**, en que no fue posible obtener parámetros de costo significativos, proponiéndose métodos alternativos a considerar para el levantamiento masivo.

3.2 Estudios de Valor del Tiempo de Escala Nacional

Dada la relevancia que tiene el valor del tiempo de viaje en la evaluación social de proyectos de transporte, diversos países han desarrollado estudios que les permitan obtener dicho valor. La relevancia de este radica en que su estimación permite la priorización de inversiones en infraestructura y en el diseño de políticas de transporte.

El análisis considera las metodologías empleadas, las variables utilizadas en la modelación, los modelos econométricos aplicados y las diferencias en la forma de experimentación con PD. Se busca resaltar cómo estas diferencias impactan la estimación del VTV y su aplicación.

Cabe señalar que en el estudio “Valor Social del Tiempo de Viaje en el Contexto del Sistema Nacional de Inversiones, Etapa 1” se revisaron un conjunto de estudios realizados a nivel nacional y de escalas menores, como se muestra en el cuadro siguiente:

CUADRO 3-1: ESTUDIOS DE VTV CONSIDERADOS

País	Año del estudio	Estudio a nivel nacional
Suiza	2002	Sí
Dinamarca	2005	Sí
Suecia	2007 y 2008	Sí
Noruega	2007 al 2010; 2018 al 2020	Sí
Holanda	2011	Sí
Alemania	2012	Sí
Reino Unido	2014 y 2015	Sí
Nueva Gales del Sur	2013 y 2014	No
Francia	2013	No
España	2014	No
Nueva Zelandia	2015	No
EE.UU.	2016	No
Corea del Sur	2016	No
Australia	2018	No

Fuente: “Valor Social del Tiempo de Viaje en el Contexto del Sistema Nacional de Inversiones, Etapa 1”.

Uno de los aspectos a los que se presta especial atención es a la forma en que se realizan los experimentos de PD y el tipo de variables consideradas en cada uno de estos. Las variables utilizadas en el diseño incluyen:

- Tiempo total de viaje según modo
- Costo del viaje, donde se incluyen peajes, tarifas y costos operacionales.

Las variables de segmentación del usuario y contextuales consideradas y que afectan a la estimación del valor del tiempo son las siguientes:

- Ingreso del usuario
- Propósito del viaje
- Frecuencia del viaje
- Conjunto de consideración o modo de transporte alternativo

Un factor interesante, destacado en la etapa 1 del proyecto, es que algunos de estos estudios incorporaron variables asociadas a la calidad del viaje, como por ejemplo:

- Condiciones del tráfico, diferenciando escenarios de viaje en condiciones de flujo libre, congestión moderada y en alta congestión.
- Comodidad. Espacio disponible, hacinamiento, entre otros
- Confiabilidad. Asociado a la variabilidad en el tiempo de viaje debido a incertidumbre.

Acerca de los modelos utilizados en los estudios, se encontró principalmente la presencia de modelos logit multinomiales, logit mixtos (parámetros con distribuciones aleatorias) y modelos jerárquicos.

En cuanto al diseño de formularios, se han encontrado diferencias notorias sobre la complejidad y nivel de dificultad de estos. Por ejemplo, en una las aplicaciones en Reino Unido, se plantearon experimentos sencillos con dos variables:

FIGURA 3-1: EJEMPLO DE EXPERIMENTO EN REINO UNIDO – EXPERIMENTO DE AUTO, TIEMPO VS COSTO

	Option A	Option B
One way fuel cost	£33.30	£35.00
One way travel time by car	4 hours 23 minutes	3 hours 30 minutes
	⊙ Option A	⊙ Option B

Fuente: “Valor Social del Tiempo de Viaje en el Contexto del Sistema Nacional de Inversiones, Etapa 1”.

Para luego, incorporar una tercera variable asociada a la calidad del viaje como tiempo en determinadas condiciones de tráfico:

FIGURA 3-2: EJEMPLO DE EXPERIMENTO EN REINO UNIDO – EXPERIMENTO DE BUS, TIEMPO VS COSTO VS CALIDAD

	Option A	Option B
Time travelling at normal speed	16 minutes	8 minutes
Time slowing down or in congested traffic	5 minutes	5 minutes
Time bus spends at bus stops	7 minutes	7 minutes
One way fare	£2.20	£1.25
Frequency	Every 30 minutes	Every 60 minutes
	⊙ Option A	⊙ Option B

Fuente: “Valor Social del Tiempo de Viaje en el Contexto del Sistema Nacional de Inversiones, Etapa 1”.

En el caso de la aplicación en Alemania, los experimentos presentados a los encuestados son bastante complejos y con múltiples atributos:

FIGURA 3-3: EJEMPLO DE EXPERIMENTO EN ALEMANIA – EXPERIMENTO DE AUTO

Route 1		Route 2	
Travel time	4:28 h	Travel time	5:31 h
thereof		thereof	
Free-flow time	3:50 h	Free-flow time	4:15 h
Time in congestion	0:16 h	Time in congestion	0:58 h
Walking time	0:22 h	Walking time	0:18 h
Travel cost	52,00 €	Travel cost	47,80 €
Delayed every	10. trip	Delayed every	10. trip

Choice : ☐ ☐

PT type 1		PT type 2		PT type 3	
trip 1 - type 1		trip 1 - type 2		trip 1 - type 3	
Departure time	12:00 h	Departure time	6:06 h	Departure time	16:55 h
Expected travel time	0:40 h	Expected travel time	2:09 h	Expected travel time	1:15 h
thereof in-vehicle time	0:26 h	thereof in-vehicle time	1:43 h	thereof in-vehicle time	1:04 h
thereof waiting time	0:05 h	thereof waiting time	0:17 h	thereof waiting time	0:04 h
thereof access time	0:09 h	thereof access time	0:09 h	thereof access time	0:07 h
Expected arrival time	12:40 h	Expected arrival time	8:15 h	Expected arrival time	18:10 h
share 25min early	10 %	(55 % of the cases)		(75 % of the cases)	
share on time	80 %	5 % of the cases	8:05 h	5 % of the cases	17:35 h
share 35min delay	10 %	40% of the cases	8:25 h	20 % of the cases	18:35 h
Transfer(s)	0 time(s)	Transfer(s)	2 time(s)	Transfer(s)	1 time(s)
Costs	4.80 €	Costs	4.80 €	Costs	1.80 €
Choice	☐	Choice	☐	Choice	☐

Fuente: “Valor Social del Tiempo de Viaje en el Contexto del Sistema Nacional de Inversiones, Etapa 1”.

En otros países, como Suiza, han utilizado datos reales de movilidad en los experimentos de PD haciendo este más realista.

De este modo, resulta de interés, en particular para este estudio, contrastar la forma en que se realizaron las consultas y las implicancias que ello tenga para el análisis cognitivo a desarrollar y el impacto que esto pueda tener sobre los modelos de elección discreta.

3.3 Estudios de Análisis Cognitivo

El diseño y evaluación de cuestionarios es un proceso complejo que requiere comprender no solo la formulación de preguntas, sino también cómo los participantes interpretan y

responden a ellas. La literatura ha demostrado que los métodos cognitivos juegan un papel crucial en este proceso, permitiendo mejorar la comprensión, validez y aplicabilidad de los instrumentos de medición.

En esta revisión, se analizaron estudios clave que abordan el uso de técnicas cognitivas en la elaboración y evaluación de cuestionarios, con el fin de contribuir a dos objetivos específicos:

- **OE.1:** Obtener información sobre pruebas cognitivas que permita mejorar la formulación de los cuestionarios en términos de comprensión y aplicabilidad.
- **OE.2:** Comprender el proceso cognitivo detrás de la interpretación y respuesta a las preguntas, identificando posibles dificultades y garantizando la fidelidad de los datos recopilados.

Los estudios seleccionados incluyen contribuciones fundamentales sobre entrevistas cognitivas, pre-test de cuestionarios y modelos de procesamiento de respuestas, proporcionando un marco teórico y metodológico para el ajuste y validación de instrumentos de medición.

3.3.1 Métodos Verbales y Entrevistas Cognitivas en el desarrollo de cuestionarios

Uno de los trabajos pioneros en la aplicación de métodos verbales para la evaluación de cuestionarios es el de Willis y otros (1991), quienes exploraron cómo los reportes verbales pueden ayudar en la formulación y prueba de encuestas. En su estudio, destacan que las entrevistas cognitivas, en las que los participantes verbalizan sus pensamientos mientras responden a preguntas, permiten identificar problemas de interpretación, ambigüedades y sesgos en los cuestionarios. Este procedimiento se utiliza hasta el día de hoy y ha mostrado su utilidad para identificar ambigüedades en las preguntas y corregirlas posteriormente (Eccles y Aarsal, 2017). Haeger et al. (2012) compara el método de *Think Aloud* (verbalización de los pensamientos mientras responden) con el método de *probing*, en el que un examinador hace preguntas específicas y aclaratorias en determinados momentos de la encuesta para apoyar la comprensión de los encuestados. Este último método tiene la desventaja de resultar artificial en el contexto de una encuesta, dado que estas se responden de manera autónoma. Adicionalmente, el uso de preguntas específicas puede generar otras confusiones o intencionar algunas respuestas. En contraste, el método de *Think Aloud* proporciona mayor información para entender el razonamiento e identificar, en consecuencia, los posibles errores en los que pueden incurrir los encuestados. Lo anterior permite corregir dichos errores para maximizar las posibilidades de comprensión.

Este enfoque es clave para **OE.2**, ya que proporciona una metodología estructurada para evaluar cómo los encuestados comprenden y procesan la información presentada.

3.3.2 Métodos de Pretesting y Evaluación de Cuestionarios

Un paso esencial en el diseño de encuestas es el pretest o pilotaje, un proceso que permite evaluar la claridad y efectividad de los cuestionarios antes de su implementación. Collins (2003) ofrece una visión integral sobre las metodologías de *pretesting* en encuestas, destacando el papel de las técnicas cognitivas en la detección de errores y problemas en el diseño de preguntas.

Esta aproximación de pilotaje permite identificar de manera más clara cuáles son los problemas de comprensión de los cuestionarios que se explican por el vocabulario y/o la estructura oracional utilizada, con el objetivo de corregirlos y mejorarlos. Esta aproximación difiere del modelo tradicional en la que solo se consideraba que los ítems no podían ser comprendidos por los examinados.

La aproximación de Collins (2003) enfatiza la importancia de realizar un pilotaje (*pretesting*) de las preguntas y el modo en que quienes procesan la información para responderlas. Esta aproximación es particularmente útil para el **OE.2** ya que permite obtener datos sobre las dificultades de los encuestados en la comprensión de preguntas y generación de respuestas.

3.3.3 Procesos cognitivos en la respuesta a encuestas

Schwarz (2007) y Tourangeau (2018) presentan el método CASM (Cognitive Aspects of Survey Methodology). Este método distingue entre cuatro etapas para contestar encuestas: 1) comprensión de la pregunta; 2) recuperación de información relevante; 3) juicio sobre la respuesta y; 4) formulación de la respuesta.

Este método permite identificar varios aspectos a considerar en la elaboración del instrumento. Por ejemplo, al momento de comprender la pregunta es importante asegurar que quien contesta entienda específicamente aquello que se la ha preguntado. En este sentido, resulta conveniente desde un punto de vista lingüístico elegir palabras de amplio uso que sean fácilmente reconocibles por la mayoría de las personas, así como también evitar el uso de aquellas que generan ambigüedades, por ejemplo, evitando el uso de gerundios (“lo vi bajando la escalera” es una oración que puede entenderse tanto como una persona que baja por una escalera y ve a otra, como también una persona que ve cómo otra persona baja una escalera).

Respecto del proceso de recuperación de la información existe evidencia de que la memoria de trabajo, que refiere a la habilidad de manipular información mentalmente (Diamond, 2013), impacta en el proceso de respuesta. En general, las personas pueden mantener 4 (+/-1) elementos en la mente al mismo tiempo (Cowan, 2010). Si se piden más elementos, es posible que las personas no contesten de acuerdo a lo esperado debido a una sobrecarga a nivel cognitivo. Este tipo de aproximaciones ayuda a evaluar el número de comparaciones y/o elementos que pueden presentarse en la encuesta.

En cuanto al juicio sobre la respuesta, Tourangeau describe que quienes completan encuestas utilizan distintas estrategias para integrar la información y generar una respuesta. En particular, en el caso de preguntas con respuesta cerrada, las personas tienden a homogeneizar sus respuestas en un proceso de asimilación, en el que las respuestas posteriores tienden a ser similares a las primeras. Esto, evidentemente, depende de la extensión del cuestionario y del cansancio del entrevistado. En la medida que una persona esté más cansada, más probable es que utilice estrategias de bajo nivel que tiendan a asimilar las respuestas entre sí.

Por último, en cuanto al reporte de respuestas, si estas son categóricas (como aquellas que se usan en las encuestas de VTV), las primeras opciones son las que reciben más atención en comparación con las siguientes. Este hallazgo permite, al igual que en el punto anterior, evaluar el número de opciones que se presentan a la persona de manera que todas ellas reciban el mismo nivel de atención.

El método CASM presenta elementos importantes a tener en cuenta para asegurar una adecuada comprensión de las preguntas y, en consecuencia, ambos son claves para **OE.1** ya que permite analizar en detalle cómo los participantes procesan la información antes de responder y qué factores pueden influir en su interpretación.

3.3.4 Conclusiones de los Estudios de Análisis Cognitivo

En conclusión, los métodos verbales y las entrevistas cognitivas son herramientas esenciales para mejorar la calidad de los cuestionarios. Las entrevistas cognitivas, que usan el método de *Think Aloud*, permiten identificar y corregir problemas de interpretación, ambigüedades y sesgos en las preguntas, proporcionando una metodología estructurada para evaluar cómo los encuestados comprenden y procesan la información (Willis, 1991; Haeger 2012).

El *pretesting* (pilotaje) y las técnicas cognitivas mencionadas por Collins (2003) son cruciales para detectar errores y problemas en el diseño de preguntas, mejorando la claridad y efectividad de los cuestionarios. Por último, el método CASM descrito por Schwarz (2007) y Tourangeau (2018) proporciona un marco detallado para entender los procesos cognitivos involucrados en la respuesta a encuestas, lo que maximiza una adecuada comprensión de las preguntas al tiempo que minimiza la carga cognitiva y los sesgos en las respuestas.

Los enfoques de los autores anteriores permiten elaborar un mapa de trabajo en el que se consideren entrevistas de pilotaje, que consideren en su elaboración el método CASM y que sean aplicadas a un número menor de personas, a quienes se les pida que verbalicen sus pensamientos para identificar aquellos puntos de mayor dificultad en la comprensión. A partir de este, se realizarán modificaciones a las encuestas para maximizar la comprensión de los siguientes grupos.

4. Tarea 3: Análisis Cognitivo

4.1 Revisión de Cuestionarios Resultantes de Etapa 2 VST

Se realizó una revisión de los cuestionarios -específicamente de los ítems- de la Etapa 2 de VST- por un grupo de profesionales con experiencia en construcción de instrumentos, accesibilidad y diseño. Esta revisión consideró criterios de accesibilidad universal y de accesibilidad web, específicamente para elementos de diseño.

Para que la encuesta sea comprendida y respondida por un grupo amplio de personas es necesario que las preguntas sean fáciles de entender, claras y directas. En este caso, conviene considerar los conceptos de diseño universal (Carr et al., 2013; Cortés et al., 2021) y accesibilidad universal (Echeita y Sala-Bars, 2012; Persson et al., 2014), tanto en la redacción de las instrucciones como en la presentación de los ítems. Esto incrementa las posibilidades de que puedan ser comprendidos por la mayoría de las personas. Tanto el diseño y la accesibilidad universal, buscan avanzar hacia sociedades más inclusivas, donde pueda asegurarse la participación de todas las personas por igual. La Ley N°20.422 de Chile (2010) los define de la siguiente manera:

Diseño Universal	Accesibilidad Universal
Condición que deben cumplir los entornos, procesos, bienes, productos y servicios, así como los objetos o instrumentos, herramientas y dispositivos, para ser comprensibles, utilizables y practicables por todas las personas, en condiciones de seguridad y comodidad, de la forma más autónoma y natural posible	Actividad por la que se conciben o proyectan, desde el origen, entornos, procesos, bienes, productos, servicios, objetos, instrumentos, dispositivos o herramientas, de forma que puedan ser utilizados por todas las personas o en su mayor extensión posible

Analizar la encuesta utilizando criterios de diseño y accesibilidad universal permite generar cambios que habiliten el que un mayor grupo de personas pueda responder, considerando factores como el tiempo de aplicación, lectura y comprensión, análisis de información para dar una respuesta, nivel educativo, entre otros. Por ello, es importante realizar la evaluación de la comprensibilidad del instrumento, con al menos estos dos tipos de accesibilidad:

1. Accesibilidad cognitiva

Referido a las características que permitan que las cosas sean fáciles de entender, para todas las personas. Esto considera diferentes elementos, como texto, orientación en tiempo y espacio, apoyos visuales, estilo de presentación de información, entre otros.

Algunas recomendaciones para la accesibilidad cognitiva son:

- Utilizar un lenguaje de uso frecuente, evitando tecnicismos, o palabras complejas.
- Organizar el documento para que sea fácil de entender la lógica.
- Incluir apoyos visuales.
- Utilizar la multimodalidad de la tecnología.

2. Accesibilidad web

Considera 4 grandes principios y sigue unas pautas para que la información en la web sea accesible para el mayor número de personas, tanto en su navegación y uso como en la información que se entrega.

Las pautas abordan diferentes elementos, desde tareas básicas como hacer una búsqueda como valorar la programación del elemento. Sin embargo, para esta revisión, se tomaron en consideración las siguientes pautas:

- Descripción de imágenes.
- Presentación de gráficos u otros elementos visuales.
- Tipografías que faciliten la fluidez de la lectura en cuanto a su estilo como su tamaño. Se considera que las tipografías sin serifas tienen mejor respuesta para facilitar la lectura.
- El uso correcto del contraste permite resaltar información y mejorar la comprensión por parte del usuario.

A partir de las directrices presentadas, se realizó la valoración de la encuesta, para poder identificar las principales barreras y oportunidades que se observan en el instrumento. Al tener en consideración el diseño y la accesibilidad universal en la aplicación de la encuesta, se puede llegar a lograr una mejor comprensión por parte de todas las personas. La valoración, que se presenta a continuación, se divide entre observaciones generales - aquellas que son transversales a todos los elementos de la encuesta- y específicas, en las que se presentan comentarios específicos para cada tipo de pregunta.

4.2 Observaciones Generales

Se analizaron los ítems considerando criterios de validez en la construcción de instrumentos, específicamente relacionado con el proceso de respuesta (Padilla y Benitez, 2014) y con el contenido (Brown, 1996). La validez de contenido se refiere a que las preguntas aborden específicamente aquello que quiere ser medido; la validez del proceso de respuesta refiere a que el proceso cognitivo de respuesta sea coherente con aquello que se está midiendo. Es relevante que cualquier instrumento de medición, incluyendo las encuestas, cumplan con estos criterios de validez entre otros. Por ejemplo, una prueba que evalúe cálculo mental requiere que se incluyan problemas matemáticos (por ejemplo, que se pregunte por cuánto es $8 + 23$) y no problemas verbales (por ejemplo, preguntar ¿cuál es el significado de la palabra iridiscente?) para que se cumpla la validez de contenido; en la misma línea, para que se cumpla el criterio de validez en el proceso de respuesta en esta prueba de cálculo mental, los ítems deben presentarse verbalmente (y no papel, con el objetivo de forzar el cálculo mental) y deben resolverse sin un soporte escrito ni tampoco utilizar calculadora. Si la prueba cumple con esos criterios, entonces efectivamente es una prueba de cálculo mental y no de otra habilidad.

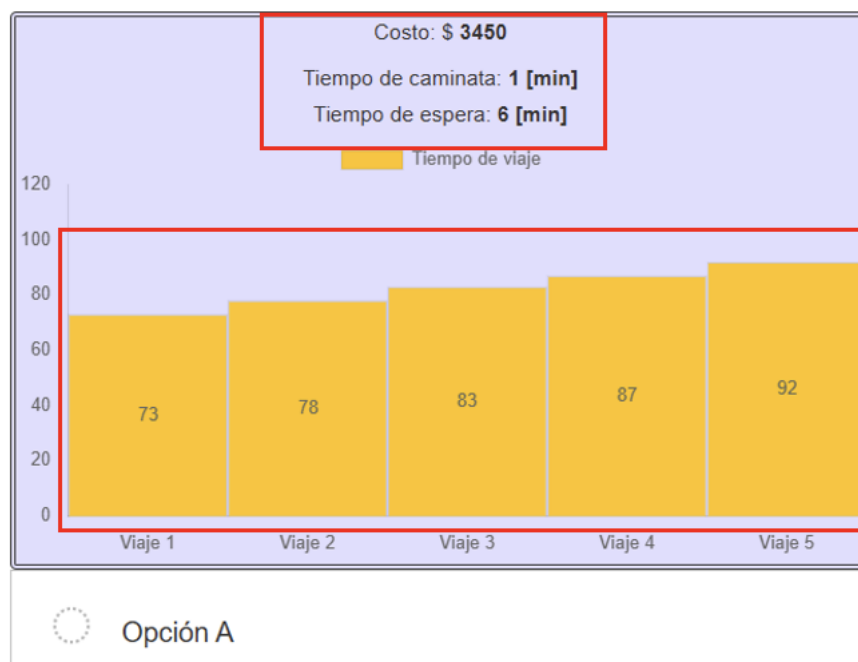
En el caso de la encuesta, el objetivo de las preguntas tiene que ver con lograr identificar una preferencia de viaje específica entre dos o tres opciones, considerando variables de tiempo y de costo. En este sentido, el modo de presentación de los ítems debe contener la información relevante para que un usuario identificar las diferencias entre ambas opciones, valorarlas y tomar una decisión.

Se observó que, si bien en cada ítem se preguntaba por una preferencia específica entre varias opciones, era necesario realizar cálculos adicionales para obtener la información completa que permita declarar la preferencia declarada. Lo anterior se observa en varios ítems en los que el informante debe sumar los tiempos de viaje con los tiempos de acceso para obtener el tiempo de viaje total. Si bien es posible que un informante utilice uno de los indicadores para declarar su preferencia, el tiempo de viaje total también es un elemento que debería estar presente para hacer una comparación completa entre todas las opciones de respuesta. En este sentido, es posible que las preguntas incorporadas en la encuesta tengan un contenido – y requieran de un proceso de respuesta- que se asemeje más a una prueba de aritmética y no tanto de una preferencia entre un caso y otro. Por ejemplo, es posible que una persona realice una suma incorrectamente -ya sea porque cometa un error en una suma como que también sume elementos que no deban sumarse- y que su decisión sea consecuencia de dicho error.

Adicional a lo anterior, en términos de diseño y accesibilidad se observa una presentación de la información -tanto enunciado como opciones de respuesta- que utilizan distintos tamaños y colores que no resultan adecuados. Por ejemplo, se observa que el tamaño que utilizan distintos elementos informativos es significativamente mayor que otros, lo que produce un efecto de preponderancia de ciertos componentes por sobre otros [ver figura siguiente]. En términos de colores, se observa que los ítems no cumplen con el ratio de contraste de 4.5 para lograr una buena accesibilidad en términos visuales.

En el gráfico se indican con recuadros en rojo las áreas que utiliza cada uno de los elementos de la imagen.

FIGURA 4-1: GRÁFICO COMPARATIVO PARA MODO TAXI



Fuente: estudio "Valor Social del Tiempo de Viaje en el Contexto del Sistema Nacional de Inversiones, Etapa 2".

4.3 Observaciones Específicas

A continuación se presentan las observaciones para cada tipo de ítem. Estos ítems están organizados en tres categorías distintas:

1. Gráficos e información comparable: en esta categoría se incluye al menos un gráfico que da cuenta de las diferencias entre al menos dos tipos de viaje. Considera los medios de transporte de Auto, Taxi y Taxicolectivo.
2. Imagen e información comparable: se presenta una imagen (ilustración o fotografía) además de información comparable. Considera los medios de transporte de Transporte Público y Bicicleta.
3. Información comparable: se presenta información para comparar dos o tres alternativas. Considera los medios de transporte interurbano.

A continuación, se presentan los comentarios de la revisión para cada categoría de ítem:

4.3.1 Gráficos e Información Comparable

4.3.1.1 Revisión de las Instrucciones

Se sugiere revisar la redacción de las instrucciones. Aunque se pregunta por la confiabilidad de un viaje, este concepto no se retoma posteriormente en los enunciados, además de que el término "confiabilidad" también resulta ambiguo, puesto que en todos los casos los recorridos se perciben como "seguros" o "eficaces" (llegan a destino). Además, las instrucciones mencionan que los viajes corresponden a 5 viajes hechos el mismo día de la

semana y a la misma hora. En pruebas de usabilidad, se observó que los usuarios no entienden esta instrucción, sino que interpretan que los cinco viajes son durante la semana y no, por ejemplo, cinco lunes distintos. Es posible que esto no impacte significativamente en la comprensión de los ítems, pero agrega información que no resulta relevante para la toma de decisión.

4.3.1.2 *Revisión de los Ítems*

En este tipo de ítems, se observa que la información disponible para dar cuenta de la diferencia de los tiempos de viaje es incompleta. Es necesario algún indicador del tiempo promedio de viaje, así como una presentación de la información que dé cuenta de la variación total posible (i.e.: identificar explícitamente el tiempo menor y mayor de viaje).

En términos de accesibilidad, resulta conveniente precisar el enunciado de manera que sea explícito los criterios que deben considerarse para responder (p.ej.: en lugar de presentar el enunciado “¿Qué opción prefiere para realizar su viaje?” presentarlo como “¿Qué opción prefiere para realizar su viaje en auto? Considere el tiempo de viaje y el costo”). Adicionalmente, se sugiere indicar la métrica de tiempo de forma explícita para saber a qué hace referencia (“9 minutos” en lugar de “9” en los gráficos) y agregar los números fuera de las barras para mejorar la accesibilidad.

En términos de diseño, se observa que los gráficos ocupan una parte importante en comparación con otra información relevante para declarar la preferencia, como el costo del viaje, el tiempo de espera y el tiempo de caminata. Esto les da una mayor relevancia que minimiza la consideración de los demás elementos relevantes para la toma de decisión.

4.3.2 *Imágenes e Información Comparable*

4.3.2.1 *Revisión de las Instrucciones*

- *Buses*: se observa que el enunciado de la segunda oración, en el que se menciona una excepción resulta confuso para algunos usuarios, por lo que conviene buscar una forma de redacción diferente.

La palabra hacinamiento resulta difícil de comprender para algunos usuarios, por lo que se sugiere buscar un sinónimo con mayor frecuencia de uso.

- *Bicicletas*¹: se observan dificultades en la comprensión de las *bicicletas públicas*. En primer lugar, para la mayoría de los usuarios, los viajes en bicicletas se conciben como una opción de transporte gratuita, por lo que les resulta ajeno el pago por este medio de transporte. El hecho de agregar imágenes en las que se presentan bicicletas comunes refuerza la idea de que las *bicicletas públicas*, es decir, aquellas que por las que se deben pagar, son poco conocidas.

¹ El experimento de bicicletas públicas se incluyó en la revisión para efectos de completitud del análisis. En la Etapa 2 se recomendó no utilizar este tipo de experimento.

4.3.2.2 Revisión de los Ítems

- **Buses:** los ítems consideran las variables de tiempo de espera y de tiempo de viaje, pero los usuarios también necesitan conocer el tiempo total de viaje para tomar las decisiones. En este sentido, conviene agregar un indicador que dé cuenta de la suma entre las dos variables anteriores.

Respecto de las imágenes, el uso de la visión cenital dificulta la percepción de los usuarios respecto de cuán lleno o vacío van los vagones. Adicionalmente, el uso de colores da cuenta de bajo contraste que no permite apreciar correctamente algunos elementos del vagón. Por último, se sugiere usar figuras con un menor nivel de detalle para dar más énfasis a los niveles de hacinamiento antes que a otras variables.

- **Bicicletas:** los ítems presentan información sobre el tiempo de camina y el tiempo de viaje, pero al igual que en los ítems anteriores, los usuarios deben tener información sobre el tiempo total de viaje para tomar una decisión. En consecuencia, se sugiere agregar un indicador que presente esta información.

Las imágenes en estos ítems son fotografías cuya perspectiva dificulta la identificación de los elementos relevantes que marcan una diferencia entre una y otra [ver figura 4-2]. Por ejemplo, se observa que solo una parte pequeña de la imagen destaca el elemento diferenciador entre la ciclovía segregada y demarcada. Adicional a esto, no es claro para todos los usuarios que los distintos tipos de ciclovía tienen niveles de seguridad distintos. En este sentido, se sugiere transparentar que algunas son más seguras que otras, como por ejemplo que la ciclovía segregada tiende a ser más segura que la ciclovía demarcada y esta, a su vez, más segura que ninguna ciclovía.

FIGURA 4-2: EJEMPLO DE EXPERIMENTO DE BICICLETA



Fuente: estudio “Valor Social del Tiempo de Viaje en el Contexto del Sistema Nacional de Inversiones, Etapa 2”.

4.3.3 Información Comparable

4.3.3.1 Revisión de las Instrucciones

Se sugiere utilizar un léxico más cercano a las personas (por ejemplo, utilizar *opciones de medios de transporte* en lugar de *opciones modales*) para apoyar la comprensión. En la

misma línea, se sugiere que, en lugar de pedir que se consideren variaciones hipotéticas, se presenten las variables que deben considerar para escoger entre un viaje y otro.

4.3.3.2 *Revisión de los Ítems*

Al igual que en los casos anteriores, se sugiere agregar indicadores que den cuenta del tiempo total de viaje, así como también del costo total. Se sugiere simplificar las salidas por hora, para indicar únicamente la frecuencia de salida (p.ej.: sale cada 4 mins). Por último, se sugiere posicionar el nombre del medio de transporte en la parte superior, además de agregar iconografía para cada elemento.

4.4 **Propuesta Preliminar de Ajustes**

En el siguiente apartado se presentan las sugerencias preliminares para cada tipo de ítem.

4.4.1 **Gráficos e Información Comparable**

4.4.1.1 *Instrucciones*

Se sugiere simplificar la redacción de las instrucciones, utilizando el siguiente enunciado:

Le haremos 6 preguntas en las que deberá elegir entre 2 opciones. Cada pregunta es similar a su viaje en taxi, pero con algunas diferencias como que:

- *El tiempo de caminata puede variar.*
- *El tiempo de espera puede cambiar.*
- *El tiempo de viaje puede ser diferente.*
- *El costo del viaje puede variar.*

Si bien su viaje dura normalmente 60 minutos, este puede variar por varias razones, como:

- *Fallas mecánicas*
- *Trabajos en la vía*
- *Accidentes de tráfico*
- *Marchas o manifestaciones*

En las siguientes preguntas, se le presentarán 2 opciones. Cada opción incluye 5 viajes que varían en su duración. Piense en ambas opciones y evalúe cuál es la que usted prefiere. Considere el tiempo de los viajes, el tiempo de espera y el costo.

Esta encuesta no tiene respuestas correctas. Por favor seleccione la opción que usted prefiere considerando los tiempos de viaje, de espera y el costo.

El cambio en estas instrucciones considera una simplificación en la redacción original, además de que quita algunas palabras que fueron identificadas como difíciles de entender (por ejemplo, confiabilidad). Además, resalta los criterios que deben utilizarse para la toma de decisiones.

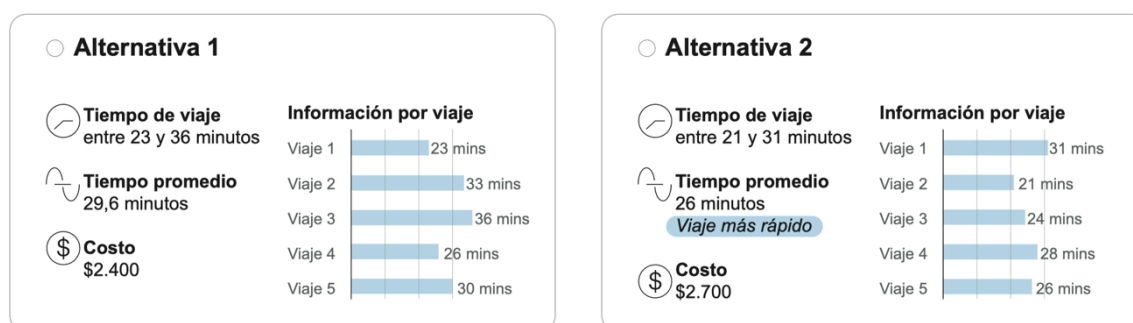
4.4.1.2 Cambios a los Ítems

Se sugiere el diseño para presentado en la figura 4-3. Este diseño considera una presentación balanceada de los elementos que deben ser considerados por el usuario, como los tiempos de viaje, los costos y el tiempo de cada viaje. También se incluye una pregunta que refuerza las variables que deben considerarse para escoger entre una alternativa y otra. Por último, se utiliza una paleta de colores de alto contraste para facilitar la lectura, así como una disposición más amigable para cada elemento (por ejemplo, se incorpora la métrica de tiempo para todos los casos).

Considerando los hallazgos previos de VST, se sugiere ubicar la variable de costo en la parte inferior de cada alternativa, con el objetivo de los usuarios deban recorrer visualmente cada opción para llegar al costo. Esto evita la pregnancia y posible sesgo que tiene la variable de costo sobre las demás.

FIGURA 4-3: DISEÑO SUGERIDO PARA ÍTEMS DE GRÁFICOS E INFORMACIÓN COMPARABLE

¿Qué opción prefiere para realizar su viaje?



Fuente: Elaboración propia.

4.4.2 Imágenes e Información Comparable

4.4.2.1 Cambios a las Instrucciones

Buses: se sugiere utilizar el siguiente fraseo para las instrucciones:

“Le presentaremos 6 preguntas en las que deberá elegir entre 2 opciones. Cada pregunta es similar a su viaje en transporte público, pero con algunas diferencias, como por ejemplo:

- *El tiempo de viaje puede variar.*
- *El tiempo de espera puede cambiar.*
- *El costo del viaje puede ser diferente por cambios tarifarios.*
- *La ocupación varía según cuán llenos estén los buses/trenes al momento de abordar.*

Seleccione la opción que prefiera, considerando el tiempo de espera, el tiempo de viaje, el costo y cuán lleno va el tren o bus.”

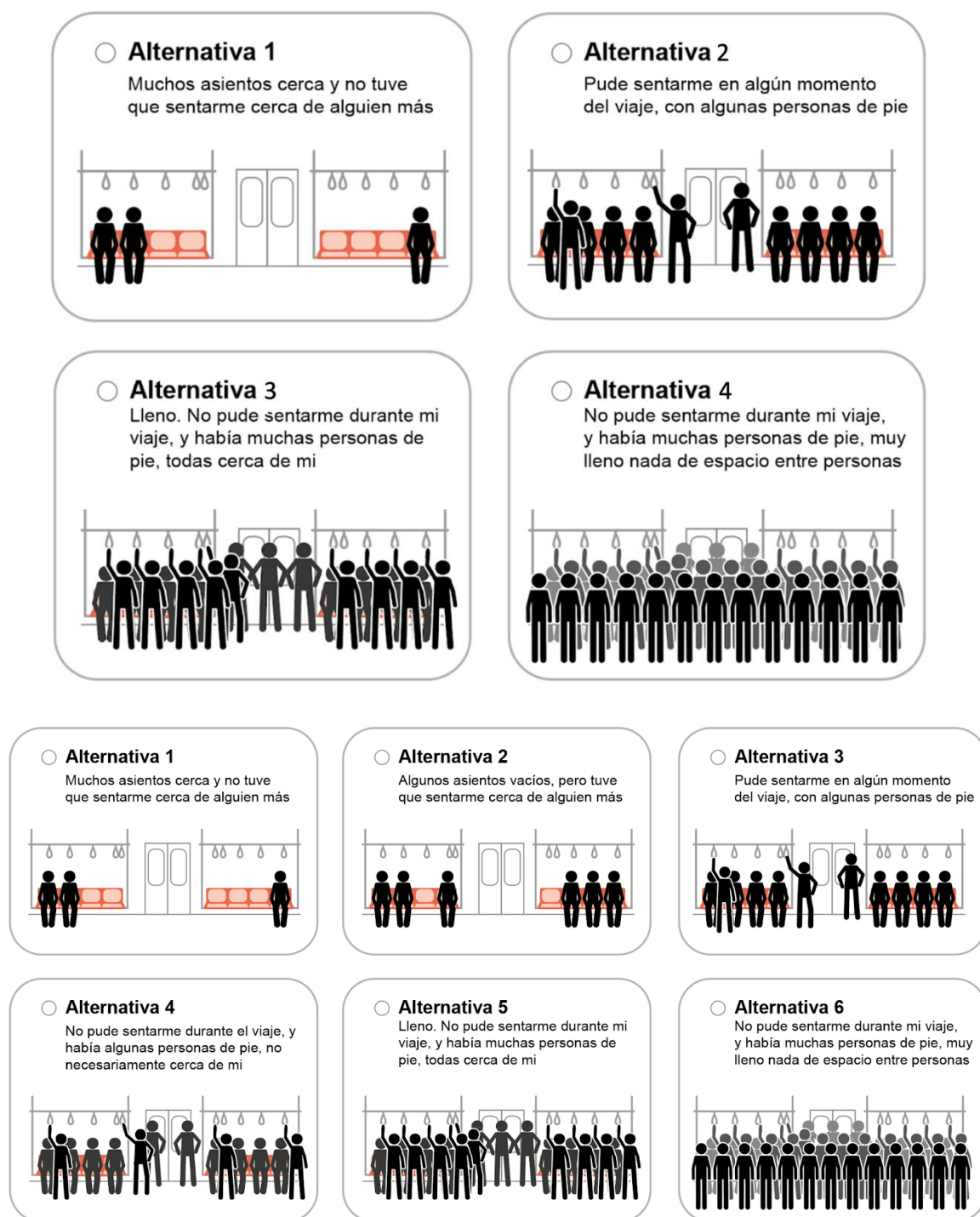
El cambio en estas instrucciones considera una simplificación en la redacción original, además de que quita algunas palabras que fueron identificadas como difíciles de entender (por ejemplo, hacinamiento o excepción). Además, resalta los criterios que deben utilizarse para la toma de decisiones.

Bicicleta: se sugiere agregar alguna fotografía tanto de las bicicletas públicas como de las estaciones de bicicleta. Esto para dar una referencia a los usuarios de que deben contestar considerando este tipo específico de bicicleta.

4.4.2.2 *Cambios a los ítems*

Buses: se sugiere presentar el nivel de ocupación de los ítems utilizando una vista de frente [ver ilustración 4-4]. Esto permite ubicar la imagen desde la perspectiva de un observador, lo que facilita la percepción de hacinamiento. Además, el uso de una imagen de alto contraste facilita la distinción entre distintos niveles de ocupación de los vagones.

FIGURA 4-4: EJEMPLOS DE DISTINTOS NIVELES DE HACINAMIENTO CONSIDERANDO VISTA FRONTAL²

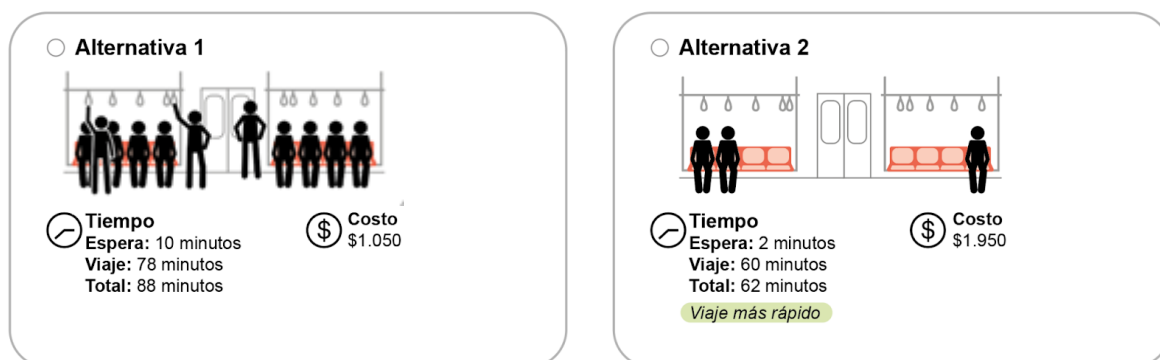


Fuente: Elaboración propia.

² Ver Anexo 4.3 donde se discute la reducción de niveles de hacinamiento respecto de los seis utilizados en la Etapa II

En la misma que los ítems anteriores, se sugiere presentar los ítems agregando las variables de tiempo de viaje total [ver ilustración 4-5].

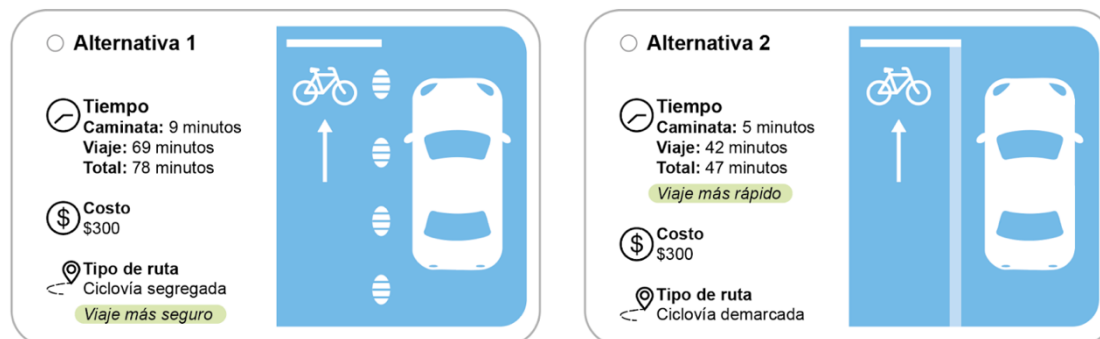
FIGURA 4-5: PROPUESTA DE PRESENTACIÓN PARA ÍTEM DE METRO O BUS



Fuente: Elaboración propia.

Bicicletas: se sugiere el uso de imágenes y no de fotografías, de manera de evitar la perspectiva y maximizar la diferenciación entre los distintos tipos de ciclovía. Adicionalmente, se sugiere agregar algún indicador que dé cuenta de las diferencias entre las ciclovías, como puede ser el nivel de seguridad de cada una de ellas [ver ilustración 4-6].

FIGURA 4-6: PROPUESTA DE DISEÑO PARA ÍTEM DE BICICLETAS



Fuente: Elaboración propia.

4.4.3 Información Comparable

4.4.3.1 Cambios a las instrucciones

Se sugiere utilizar el siguiente fraseo para las instrucciones:

“Le haremos 6 preguntas en la que tendrá que escoger un viaje entre los siguientes medios de transporte:

- Bus
- Auto
- Avión

- *Tren*

Para seleccionar su viaje, deberá considera las siguientes variables:

- *Tiempo de viaje*
- *Tiempo de acceso al medio de transporte: el tiempo que demora en llegar al terminal, en el caso del bus, o al aeropuerto, en el caso del avión.*
- *Costo del pasaje.*
- *Costo de acceso al medio de transporte: lo que paga por llegar al terminal o aeropuerto.*
- *Frecuencia de salida: la frecuencia con la que sale el bus, tren o avión.*

Seleccione su viaje considerando los tiempos de viaje y de acceso, así como también el costo del pasaje y de acceso y la frecuencia de salida.”

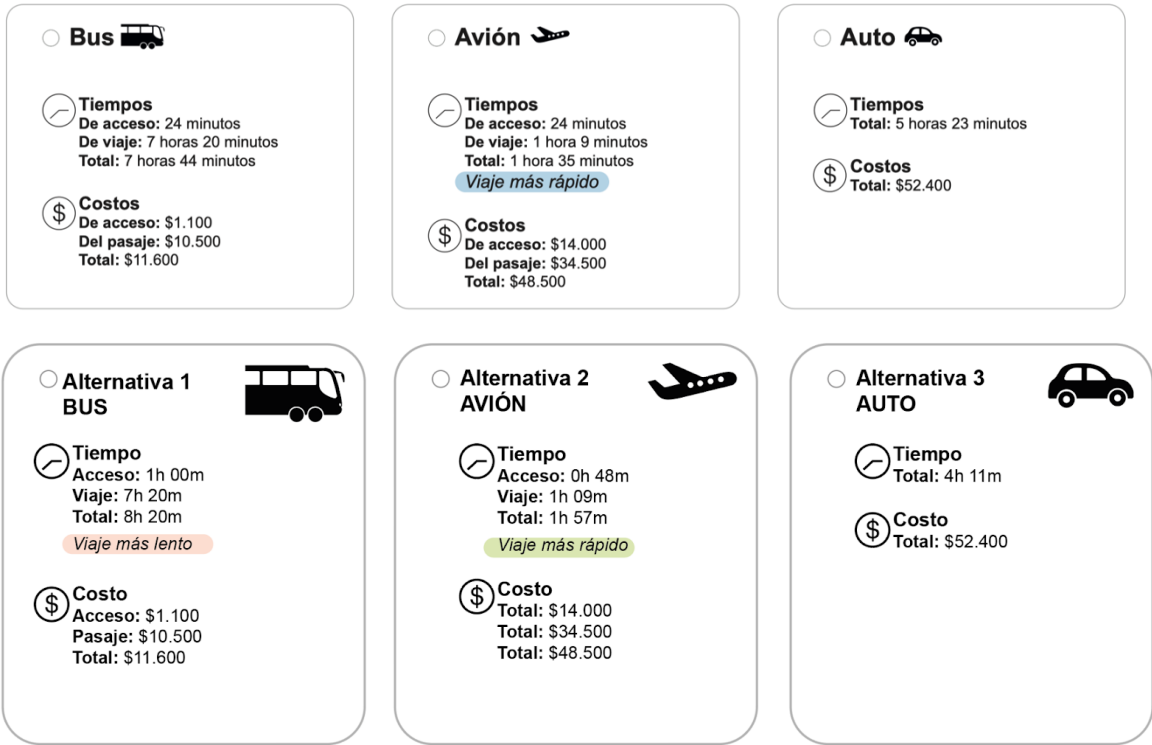
Estas instrucciones consideran una simplificación de la redacción original que elimina aquellas palabras identificadas como más difíciles (por ejemplo, opciones modales), así como también un refuerzo de los elementos que deben considerarse para la selección de un modo u otro.

4.4.3.2 Cambios a los ítems

Se sugiere el diseño presentado en la figura 4-7 para los ítems. Este diseño incluye iconografía para agrupar las variables asociadas al tiempo, al costo y el medio de transporte. Adicionalmente, se incluyen etiquetas para comparar y simplificar la comparación entre las distintas opciones de respuesta. El costo se presenta en la parte inferior de cada opción de respuesta para forzar el barrido visual entre todas las opciones. Por último, el medio de transporte se agrega en la parte superior para facilitar la visualización.

FIGURA 4-7: PROPUESTA PARA PRESENTACIÓN DE ÍTEMS CON INFORMACIÓN COMPARABLE

¿Qué opción prefiere para realizar su viaje?



Fuente: Elaboración propia.

4.5 Desarrollo de análisis cognitivo a instrumentos

El desarrollo del análisis cognitivo se realizó en 4 etapas distintas: 1) Revisión por Panel de Expertos; 2) Pre pilotaje; 3) Pilotaje 1 y; 4) Pilotaje 2. Cada etapa sirvió como insumo para la siguiente. A continuación se describe el proceso realizado en cada etapa.

4.5.1 Revisión por Panel de Expertos (Revisión de Cuestionarios)

Esta tarea se reporta en los puntos 4.1 a 4.4 anteriores. Consistió en una revisión de los cuestionarios elaborados para cada uno de los modos de transporte (i.e.: transporte urbano e interurbano, considerando modos de taxi, auto, bus, avión y bicicleta) considerando criterios de accesibilidad. En esta primera etapa, un grupo de expertos provenientes de los campos de la psicología y el diseño generaron sugerencias para adaptar los ítems con el objetivo de minimizar la carga cognitiva para poder responderlos, lo que se reporta en el punto 4.4 previo.

4.5.2 Pre-pilotaje

4.5.2.1 Introducción

El pre-pilotaje consistió en hacer una prueba de campo con los cambios sugeridos por el Panel de Expertos a un grupo de personas. Para ello, se presentó cada tipo de viaje (i.e.: auto, taxi-colectivo, metro y viaje interurbano) a un grupo de personas, a las que también se les aplicó la subprueba de Matrices de Razonamiento de la Escala Wechsler de Inteligencia para Adultos – cuarta edición, en su versión estandarizada para Chile (Rosas et al, 2014). Las personas que obtengan resultados que se encuentren al menos en el rango promedio hacia arriba podrán participar en esta aplicación. Esto debido a que son personas típicas de la población chilena (los rangos promedio y sobre el promedio juntos comprenden el 84% de la población) y por tanto sus respuestas deberían dar cuenta de las habilidades de comprensión típicas.

4.5.2.2 Objetivos

- Objetivo general
 - Evaluar la coherencia entre el razonamiento utilizado y la opción de respuesta seleccionada.
- Objetivos específicos
 - Evaluar uso de gráficos
 - Evaluar uso de indicadores de tiempo promedio
 - Evaluar uso de indicadores de tiempo de espera
 - Evaluar uso de indicadores de tiempos totales
 - Evaluar el uso de indicadores de costos totales

4.5.2.3 Participantes

Participaron 10 personas (5 hombres y 5 mujeres) con edades comprendidas entre los 18 hasta los 80 años (media = 47; $DE = 18,1$) y con niveles educativos que fueron desde educación media completa (1), técnico superior (2) y educación universitaria completa (7).

4.5.2.4 Metodología

Al inicio de cada sesión de evaluación se le aplicó la subprueba de Matrices de Razonamiento de la escala Wechsler de Inteligencia para Adultos -cuarta edición. Para ello se siguieron las instrucciones de administración y corrección indicadas en el manual de la prueba. Si los participantes obtenían un puntaje de al menos 7 puntos escalares, entonces se les administraban los experimentos con las preguntas sobre medio de transporte.

Se les pidió a los participantes que verbalizaran sus pensamientos (procedimiento think aloud) mientras respondían cada experimento de medios de transporte. Al momento de seleccionar una opción de respuesta, se le preguntó a cada encuestado sobre algún atributo

o elemento del experimento que no haya sido mencionado durante la verbalización de sus pensamientos.

Las encuestas las realizaron psicólogos con experiencia en evaluación, quienes utilizaron el Manual para Análisis Cognitivo – prepiloteo para una aplicación estandarizada para todas las personas (ver anexo 4.2)

4.5.2.5 Resultados

Subprueba de Matrices de Razonamiento

Todas las personas encuestadas obtuvieron puntajes sobre los 7 puntos escalares. El rango de puntajes fue de entre 10 a 15 puntos (media = 12,8; DE = 1,8). En general, todas las personas se encuentran dentro del promedio esperado.

Experimentos de medios de transporte

En todos los casos se observó una coherencia apropiada entre el razonamiento utilizado y la opción de respuesta seleccionada. Pese a lo anterior, se observó que en algunos tipos de pregunta no se utilizaban todos los elementos disponibles para la toma de decisión. A continuación se presentan respuestas ilustrativas para cada tipo de experimento.

- Experimento de viaje en automóvil

FIGURA 4-8: TARJETA EXPERIMENTO VIAJE EN AUTOMÓVIL



En este experimento, 5 encuestados escogieron la opción 1 y 5 encuestados escogieron la opción 2.

Algunas respuestas que escogieron la opción 1 fueron:

“La diferencia en tiempo de viaje no es mucho. Prefiero ahorrarme esa plata la verdad, aunque me demore un poquito más. 5 minutos no es nada”.

“Prefiero pagar un poco menos porque la diferencia es mínima, como de 5 minutos más o menos”.

Algunas respuestas que escogieron la opción 2 fueron:

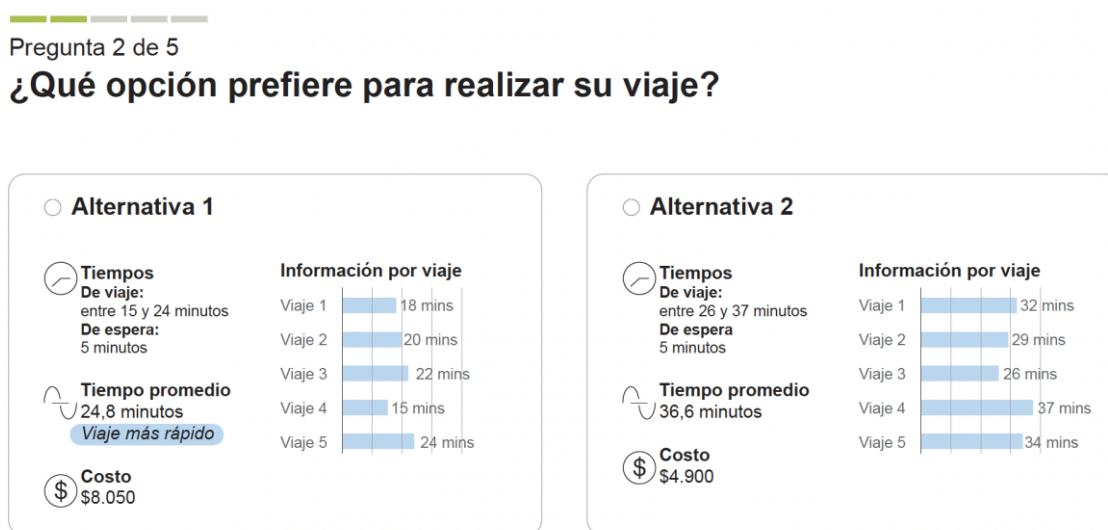
“Prefiero pagar un poco más. El costo-oportunidad del tiempo es mucho. Prefiero pagar un poco más que viajar”.

“Ando siempre justo de tiempo. Prefiero pagar 300 pesos más”.

En estas respuestas, se observa que existe una valoración de distintos elementos, en particular del tiempo de viaje y del costo, que se utilizaron para tomar una opción. En todos los casos, el razonamiento es apropiado ya que se seleccionó la opción más económica (alternativa 1) o la más rápida (alternativa 2) que era coherente con la verbalización. Pese a lo anterior, se observó que el gráfico de tiempos de viaje no era utilizado así como tampoco las etiquetas.

- Experimento de viaje en aplicación móvil (Uber o similares).

FIGURA 4-9: TARJETA EXPERIMENTO VIAJE EN VEHÍCULO DE APLICACIÓN



En este experimento, 4 encuestados escogieron la opción 1 y 6 encuestados escogieron la opción 2.

Algunas respuestas que escogieron la opción 1 fueron:

“Si uso uber es algo muy puntual. Quiero ir rápido, aunque sea más caro”.

“A mi edad, prefiero la opción más rápida. Tengo menos tiempo para hacer las cosas”.

Algunas respuestas que escogieron la opción 2 fueron:

“La diferencia es poca, de 5 minutos, 8 minutos. El precio varía mucho”.

“Es mucha la diferencia de precio en comparación con el tiempo. Como un 33% vs 50%, más menos”.

En estas respuestas, los resultados fueron similares al experimento de automóvil en la medida que los razonamientos utilizados fueron coherentes para seleccionar ya sea la opción más rápida (alternativa 1) o la más económica (alternativa 2). Al igual que en el experimento anterior, se observó que las personas no utilizaban los gráficos con información sobre el tipo de viaje. Al hacer los sondeos específicos sobre esto, las personas respondían diciendo que entendían los gráficos como viajes pasados, por lo que no tenía mucho sentido tomar una decisión sobre un viaje actual. Para ello, resultaba más informativo utilizar el tiempo promedio de viaje para la toma de decisión.

Adicionalmente, se observó en este experimento en particular que algunos encuestados hacían un cálculo rápido de las diferencias entre los tiempos promedio. Esto se traducía en inexactitudes en la diferencia de ambos valores, por ejemplo:

“La diferencia no es mucho... como 5 minutos... 8 minutos... pero me cuesta un poco más de la mitad. Si la diferencia de tiempo fuera de más de 30, ahí entonces escogería la otra”.

“No uso mucho aplicaciones de viaje, pero por tiempo y costo prefiero la opción 2. Prefiero ahorrar en este caso, porque es el doble o por ahí más caro y no es mucho más de tiempo, unos 8 minutos”.

- Experimento taxi

FIGURA 4-10: TARJETA EXPERIMENTO VIAJE EN TAXI

Pregunta 3 de 5

¿Qué opción prefiere para realizar su viaje?



En este experimento, 5 encuestados escogieron la opción 1 y 5 encuestados escogieron la opción 2.

Algunas respuestas que seleccionaron la opción 1 fueron:

“Acá usé el gráfico. Hay un viaje que demora más del doble. Puede ser una cosa puntual, pero no sé, prefiero llegar más temprano”

“Me importa acá el tiempo de viaje. Es un poco más rápido el viaje, aunque tengo que esperar un poco más. Eso no me molesta. Es un poco más caro, pero creo que vale la pena”.

Algunas respuestas que seleccionaron la opción 2 fueron:

“El tiempo de caminata es muy distinto. No me gusta caminar. Prefiero esperar sentada. La diferencia de tiempo no es mucha como para cambiar de opción”.

“Prefiero demorarme un 10% más y ahorrarme un 30% en costo”.

En este experimento, se observó coherencia entre los razonamientos utilizados y la opción de respuesta seleccionada. En general, se utilizaron los atributos de tiempo promedio y de costo para la toma de decisiones. Solo una persona consideró el tiempo de caminata al momento de tomar su decisión. En este experimento, una de las personas utilizó el gráfico -posiblemente como consecuencia de los sondeos previos en los que se les preguntaba si los gráficos habían influido en su decisión-, pero el uso no fue del todo correcto, puesto que se fijó en un solo viaje para la comparación (viaje 2, en que la diferencia es de 27 minutos entre ambas opciones). Dado que la función de los gráficos es evaluar la consistencia de los

tiempos de viaje y no la comparación entre 2 viajes específicos es que este único uso de ellos es indicativo de que este indicador no está cumpliendo su propósito.

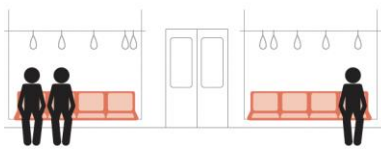
- Experimento de transporte público (metro)

FIGURA 4-11: TARJETA EXPERIMENTO VIAJE EN TRANSPORTE PÚBLICO

Pregunta 4 de 5

¿Qué opción prefiere para realizar su viaje?

☐ Alternativa 1



 **Tiempos**
De viaje: 50 minutos
De espera: 4 minutos
Total: 54 minutos
Viaje más rápido

 **Costo:**
\$800

☐ Alternativa 2



 **Tiempos**
De viaje: 65 minutos
De espera: 6 minutos
Total: 71 minutos

 **Costo**
\$700

En este experimento, 10 encuestados escogieron la opción 1 y ningún encuestado escogió la opción 2.

Algunas respuestas que seleccionaron la opción 1 fueron:

“Me siento mucho más seguro si el metro va más vacío. La diferencia de precio es minúscula y llego más rápido”.

“No me gusta ir con el metro lleno. La diferencia es nada en plata”.

En este experimento, todos los encuestados consideraron que la diferencia de precio entre ambas alternativas era mínima para la ganancia que existía tanto en tiempo de viaje como en comodidad.

- Experimento de viaje intermodal (larga distancia)

FIGURA 4-12: TARJETA EXPERIMENTO VIAJE LARGA DISTANCIA COMPARANDO MODOS

Pregunta 5 de 5

¿Qué opción prefiere para realizar su viaje?

Bus	Avión	Auto
☐ Bus	☐ Avión	☐ Auto
Tiempos De acceso: 24 minutos De viaje: 7 horas 20 minutos Total: 7 horas 44 minutos	Tiempos De acceso: 24 minutos De viaje: 1 hora 9 minutos Total: 1 hora 35 minutos Viaje más rápido	Tiempos Total: 5 horas 23 minutos
Costos De acceso: \$1.100 Del pasaje: \$10.500 Total: \$11.600	Costos De acceso: \$14.000 Del pasaje: \$34.500 Total: \$48.500	Costos Total: \$52.400

En este experimento, 2 encuestados escogieron la opción 1, 7 encuestados la opción 2 y 1 encuestado la opción 3.

Algunas respuestas que seleccionaron la opción 1 fueron:

“Si puedo planificar, el bus. Prefiero viajar de noche y así no pierdo el día. Pero depende igual del viaje. Si es de vacaciones, prefiero el auto para moverme allá”.

“No viajo en avión porque le tengo miedo. El bus es mucho más barato y me ahorro manejar, que igual es estresante. Además, en bus puedo llevar una maleta más grande. En avión tendría que pagar un poco más si quiero llevar una maleta, incluso una chica”.

Algunas respuestas que seleccionaron la opción 2 fueron:

“Prefiero el avión. Me ahorro mucho tiempo y aprovecho más para estar en el lugar que viajar”.

“No está tan caro y es mucho más rápido. Vale la pena. El tiempo ahorrado vale más”.

La respuesta que seleccionó la opción 3 fue:

“Prefiero el auto. Me gusta manejar. El bus lo asocio con que siempre está lleno y el avión me carga”.

En este experimento se observó un razonamiento coherente con la opción de respuesta seleccionada. Sin embargo, es importante notar que algunas personas utilizaron elementos ajenos a los que aparecen en la tarjeta (p. ej.: el miedo o aversión hacia el avión, el costo de las maletas, el nivel de hacinamiento en los buses) y que finalmente terminaron con

llevarlos a escoger una opción que, si bien es coherente con el razonamiento, escapa a los atributos presentados.

4.5.2.6 Conclusiones

Todos los encuestados razonaron coherentemente en la selección de una opción de respuesta específica. En general, los tiempos promedio de viaje y los costos totales eran los atributos que se utilizaron en la toma de decisiones. Los gráficos de los experimentos de automóvil, aplicación de transporte y taxi no se utilizaron, incluso cuando al término de cada pregunta se les preguntaba acerca de ellos. Solo una persona utilizó en una ocasión este elemento, pero su uso no fue el adecuado. Es importante notar que en los experimentos de viaje intermodal se observó la incorporación de atributos ajenos (por ejemplo: temor a volar, costo de las maletas en el avión) que no formaban parte de las tarjetas y que tuvieron un impacto en la toma de decisiones. Posiblemente, el cambio de modo influencia a que los encuestados consideren otros elementos que son ajenos al objetivo de la evaluación.

Respecto de los tiempos de espera, se observó que los encuestados en general no lo utilizaban en la toma de decisiones. Se preguntó a algunos de ellos acerca de esto al término de la entrevista y señalaron que, en la medida que apareciera como un valor conocido, el tiempo de espera *lo agregan* al tiempo de viaje. Esto llama la atención, ya que Wardman (2001) recomienda considerar el tiempo de caminata y tiempo de espera con un 60% más de valor que el tiempo de viaje. Pese a ello, Larsen y Sunde (2008) argumentan que los tiempos de espera tienen un mayor impacto cuando existe incertidumbre en cuanto a su extensión, y que en la mayoría de los países desarrollados los sistemas de transporte tienen información confiable sobre sus frecuencias. Adicionalmente, señalan los autores, los viajeros con experiencia muchas veces manejan información adicional a la que se entregan las compañías de transporte. Shelad, Oded y Lint (2021) abordan precisamente la incertidumbre en los tiempos de espera del transporte público y concluyen que los pasajeros valoran más la certeza de cuánto tienen que esperar y solo cuando no saben cuánto demora algo es que existe una mayor disposición a pagar por reducir dicha incertidumbre (por ejemplo, pagando por un tren que sale más temprano). Lo anterior permite hipotetizar que el modo en que se presentan los tiempos de espera -como un valor preciso y conocido- permite asociarlo más al tiempo de viaje que a un tiempo de espera propiamente tal, cuya extensión no siempre resulta conocida. En este sentido, posiblemente una forma más real de presentar el tiempo de espera podría ser con rangos (por ejemplo: entre 5 – 20 minutos) o directamente presentando valores desconocidas (por ejemplo: tiempo de espera = desconocido; o tiempo de espera = menos de 45 minutos). Sin embargo, esto agrega complejidad a los escenarios en términos cognitivos y, posiblemente, quita realismo considerando que en Chile existen aplicaciones que indican claramente el tiempo de espera (por ejemplo, Uber para aplicaciones de transporte o Moovit para transporte en bus urbano).

Por último, se observó en algunas comparaciones que algunos encuestados indicaban diferencias entre alternativas que no eran correctas. Esto se explica porque, en general, resulta complejo hacer cálculos mentales con decimales o con valores cuyas diferencias requieren de mayor atención. Por ejemplo, una diferencia de 15 es más fácil identificarla si los valores a comprar son 65 y 50 que si los valores son 62 y 47.

4.5.2.7 Sugerencias

Considerando los resultados de la aplicación de prepilotaaje, se realizaron los siguientes cambios para el pilotaje 1:

- 1- Quitar gráficos en los experimentos de automóvil, aplicación de transporte y taxi
- 2- Quitar los tiempos de caminata y espera
- 3- Incluir diferencias de tiempo sin decimales y fáciles de calcular

4.5.3 Pilotaje 1

4.5.3.1 Introducción

El pilotaje 1 consideró la incorporación de los cambios sugeridos como resultado del prepilotaaje. Esta segunda etapa se diferenció también en la condición de recolección de datos. Mientras que en el prepilotaaje se aplicaron todos los experimentos en espacios de evaluación (i.e.: una oficina o sala en que la persona no tenga distracciones), en el Pilotaje 1 se realizó la mitad de los experimentos en espacios de evaluación y la otra mitad en paraderos de buses urbano.

4.5.3.2 Objetivos

Uno de los objetivos de esta etapa fue probar los cambios sugeridos en la etapa de prepilotaaje en dos espacios de evaluación: espacio de evaluación estándar y espacio de evaluación en paradero de bus urbano. El espacio de evaluación estándar considera una aplicación en un espacio de baja distracción, como puede ser una oficina, en la que no hay muchos estímulos alrededor tanto a nivel visual como a nivel auditivo. El espacio de evaluación en paradero de bus urbano considera la aplicación a encuestados que están esperando un medio de transporte. En estos dos espacios se evaluó el grado de cumplimiento de los siguientes objetivos:

- Objetivo general
 - Evaluar coherencia entre razonamiento y opción de respuesta seleccionada en contextos de evaluación estándar y en paraderos.
- Objetivos específicos
 - Evaluar el uso de los indicadores de tiempo promedio
 - Evaluar el uso de indicadores de tiempos totales
 - Evaluar el uso de indicadores de costos totales

4.5.3.3 Participantes

En esta etapa participaron 16 personas (8 mujeres y 8 hombres) con edades comprendidas desde los 18 hasta los 74 años (Media = 37,06 DE = 17,1). A 8 (4 hombres y 4 mujeres) personas se les aplicaron los experimentos en espacios de evaluación estándar y a los otros 8 (4 mujeres y 4 hombres) en espacios de evaluación de paraderos de bus. Los niveles educativos de los participantes de esta etapa fueron básica completa (3), media completa (2), técnico superior (4) y universitaria completa (7).

4.5.3.4 Metodología

A todos los participantes se les pidió que verbalizaran sus pensamientos (procedimiento *think aloud*) mientras respondían cada uno de los experimentos. Se registró el uso de cada atributo de cada tarjeta por todos los participantes. Adicionalmente, se registró la hora de inicio y de término. Todas las evaluaciones fueron realizadas por 1 psicólogo con experiencia en evaluación que siguió lo indicado en el Manual para Análisis Cognitivo – pilotaje 1 para lograr una aplicación estandarizada.

4.5.3.5 Resultados

En general, en todos los casos se observa una coherencia entre el razonamiento utilizado y la opción de respuesta seleccionada. Sin embargo, existen diferencias importantes entre la complejidad del razonamiento -considerando la valoración de los distintos atributos- que depende el espacio de evaluación. A continuación, se presentan algunas respuestas de ejemplo para cada uno de los experimentos utilizados.

- Experimento de automóvil

FIGURA 4-13: TARJETA EXPERIMENTO VIAJE EN AUTOMÓVIL – PILOTO 1

¿Qué opción prefiere para realizar su viaje?

Alternativa 1	Alternativa 2
 Tiempo de viaje entre 23 y 36 minutos	 Tiempo de viaje entre 21 y 31 minutos
 Tiempo promedio 30 minutos	 Tiempo promedio 26 minutos
 Costo \$2.400	 Costo \$2.700

En este experimento, 9 personas seleccionaron la opción 1 y 7 personas seleccionaron la opción 2.

La tabla 4-1 presenta una comparación de algunas respuestas de ejemplo de las distintas condiciones de aplicación. La opción seleccionada por cada encuestado se indica entre paréntesis.

CUADRO 4-1: EJEMPLOS DE RESPUESTA SEGÚN CONDICIONES DE APLICACIÓN – CASO AUTOMÓVIL

Espacio de aplicación estándar	Espacio de aplicación en paradero de bus
Prefiero el menor gasto. Gastar menos bencina, menos plata en bencina, pero me demoro un poquito más. No es mucho. (1)	Más barata. No es mucha la variación. (1)
Es menor el tiempo de viaje y el tiempo promedio, aunque el costo es un poco mayor. La verdad, esa diferencia de precio no me afecta, así que prefiero llegar un poco más rápido. (2)	Sale un poco más barato. (1)
La diferencia es poca. No me voy a gastar esa plata por 4 minutos. (1)	Prefiero llegar más rápido. (2)

En general, se observa que los encuestados en el espacio de aplicación estándar hacen una valoración de los distintos atributos para tomar la decisión. Por ejemplo, hacer referencia a la diferencia de costo entre una y otra alternativa como insuficiente considerando la diferenciación de tiempo. En contraste, las respuestas en el espacio de aplicación en paradero de bus se caracterizan por la verbalización de solo 1 atributo, que puede ser el costo o la

velocidad. En los ejemplos presentados, no se observa una valoración entre los distintos atributos.

- Experimento de taxi

FIGURA 4-14: TARJETA EXPERIMENTO VIAJE EN TAXI – PILOTO 1

Pregunta 2 de 6

¿Qué opción prefiere para realizar su viaje?

☐ **Alternativa 1**

 **Tiempos de viaje**
entre 15 y 24 minutos

 **Tiempo promedio**
20 minutos

 **Costo**
\$8.000

☐ **Alternativa 2**

 **Tiempo de viaje**
Entre 26 y 37 minutos

 **Tiempo promedio**
32 minutos

 **Costo**
\$5.000

En este experimento, 8 encuestados seleccionaron la opción 1 y 8 encuestados seleccionaron la opción 2.

La tabla 4-2 presenta una comparación de algunas respuestas de ejemplo de las distintas condiciones de aplicación. La opción seleccionada por cada encuestado se indica entre paréntesis.

CUADRO 4-2: EJEMPLOS DE RESPUESTA SEGÚN CONDICIONES DE APLICACIÓN – CASO TAXI

Espacio de aplicación estándar	Espacio de aplicación en paradero de bus
Por costo... la 2, pero escojo la 1. Es mucho menor el tiempo de viaje y tiempo promedio. Son... 12 minutos... aunque sea mayor el costo, el tiempo cuesta. (1)	Prefiero la más rápida. (1)
Son 3.000 pesos de diferencia, pero si tomo taxi es por algo muy puntual, así que prefiero ir más rápido. (1)	Voy siempre a tiempo. (2)
En taxi prefiero gastar menos plata. Me quedo con la de 5.000 pesos. (2)	Prefiero pagar menos. (2)

Al igual que en el experimento anterior, se observa que los encuestados en el espacio de aplicación estándar tienden a realizar una valoración entre los distintos atributos para

tomar su decisión, mientras que los encuestados en espacios de paraderos tienden a seleccionar su opción considerando solo un atributo.

- Experimento de aplicación de transporte

FIGURA 4-15: TARJETA EXPERIMENTO VIAJE EN VEHÍCULO DE APLICACIÓN – PILOTO 1

¿Qué opción prefiere para realizar su viaje?

☐ **Alternativa 1**

 **Tiempo de viaje**
Entre 20 y 37 minutos

 **Tiempo promedio**
28 minutos

 **Costo**
\$1.000

☐ **Alternativa 2**

 **Tiempo de viaje**
entre 27 y 52 minutos

 **Tiempo promedio**
42 minutos

 **Costo**
\$700

En este experimento, todos los participantes seleccionaron la opción 1.

La tabla 4-3 presenta una comparación de algunas respuestas de ejemplo de las distintas condiciones de aplicación. La opción seleccionada por cada encuestado se indica entre paréntesis.

CUADRO 4-3: EJEMPLOS DE RESPUESTA SEGÚN CONDICIONES DE APLICACIÓN – CASO UBER

Espacio de aplicación estándar	Espacio de aplicación en paradero de bus
La diferencia en precio es mínima, pero es mucho en tiempo. No me parece real. Prefiero llegar más rápido y pagar la poca diferencia. (1)	15 minutos. No me gusta estar atascada en el tráfico. (1)
Está barato este úber. Es raro. Acá la diferencia en plata es mínima, pero el tiempo es mucho. Prefiero gastar más. (1)	20 minutos de diferencia. El costo es similar. (1)
La diferencia es 15... no, 14, y en costo es muy poco. Está raro este ejercicio. (1)	Mucho menos tiempo. (1)

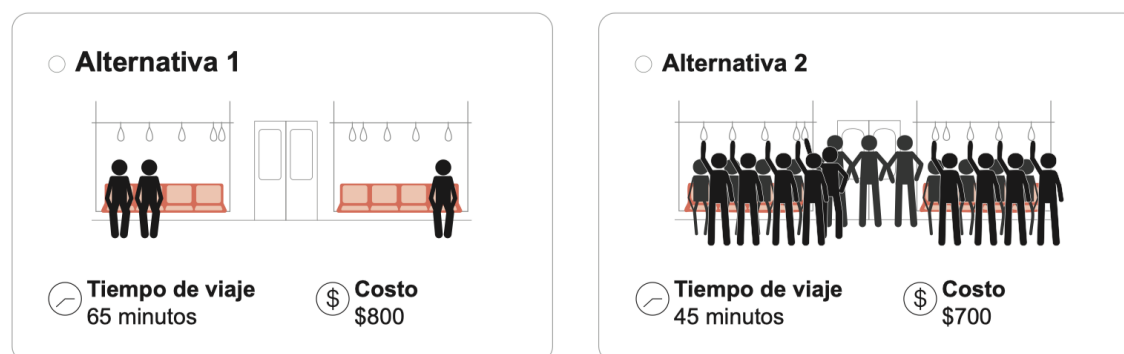
Al igual que en ocasiones anteriores, se observa que los encuestados en un espacio de aplicación estándar tienden a realizar con mayor frecuencia una valoración de distintos atributos, mientras que en el espacio de aplicación en paradero tiende a privilegiarse uno solo. Adicionalmente, se observa que en los espacios de paradero se hacía una

aproximación de la diferencia en los tiempos de viaje, mientras que en el espacio de aplicación estándar se llega al valor específico.

- Experimento en transporte público

FIGURA 4-16: TARJETA EXPERIMENTO VIAJE EN TRANSPORTE PÚBLICO – PILOTO 1

¿Qué opción prefiere para realizar su viaje?



En este experimento, 9 encuestados seleccionaron la opción 1 y 7 encuestados seleccionaron la opción 2.

La tabla 4-4 presenta una comparación de algunas respuestas de ejemplo de las distintas condiciones de aplicación. La opción seleccionada por cada encuestado se indica entre paréntesis.

CUADRO 4-4: EJEMPLOS DE RESPUESTA SEGÚN CONDICIONES DE APLICACIÓN – CASO TPTE. PÚBLICO

Espacio de aplicación estándar	Espacio de aplicación en paradero de bus
Va lleno este tren, pero este otro demora más. Prefiero que vaya lleno y demorarme menos. El costo es prácticamente el mismo. (2)	Estoy esperando guagua. Me importa ir cómoda. (1)
Chuta, prefiero ir con más gente, pero demorarme menos y pagar menos. El metro siempre va lleno. (2)	Estoy acostumbrada a que vaya lleno (2)
La [diferencia en] comodidad del desplazamiento es harta. El tiempo también. Prefiero ir cómodo. El tiempo es hart, pero la verdad, se pasa muy distinto si voy cómodo y la verdad es que no hay diferencia en plata. (1)	Me gusta el metro. Me puedo ir escuchando música, pero no me gusta el roce. (1)

Al igual que en los experimentos anteriores, se observa una mayor frecuencia en la valoración de distintos atributos en el espacio de aplicación estándar que en el espacio de aplicación de paradero de buses.

- Experimento de viaje interurbano

FIGURA 4-17: TARJETA EXPERIMENTO VIAJE DE LARGA DISTANCIA – PILOTO 1

¿Qué opción prefiere para realizar su viaje?

☐ **Bus** 

☐ **Avión** 

☐ **Auto** 

Tiempos

De acceso: 24 minutos

De viaje: 7 horas 20 minutos

Total: 7 horas 44 minutos

Tiempos

De acceso: 24 minutos

De viaje: 1 hora 9 minutos

Total: 1 hora 35 minutos

Tiempo de viaje

5 horas 23 minutos

Costos

De acceso: \$1.100

Del pasaje: \$10.500

Total: \$11.600

Costos

De acceso: \$14.000

Del pasaje: \$34.500

Total: \$48.500

Costos

\$52.400

En este experimento, 6 encuestados seleccionaron la opción 1, 9 encuestados la opción 2 y 1 encuestado la opción 3.

La tabla 4-5 presenta una comparación de algunas respuestas de ejemplo de las distintas condiciones de aplicación. La opción seleccionada por cada encuestado se indica entre paréntesis.

CUADRO 4-5: EJEMPLOS DE RESPUESTA SEGÚN CONDICIONES DE APLICACIÓN – CASO INTERMODAL

Espacio de aplicación estándar	Espacio de aplicación en paradero de bus
En general opto por lo más barato. En avión ahorro tiempo, pero prefiero ir más cómoda en bus. Además, puedo viajar de noche y así da lo mismo el tiempo la verdad. (1)	Prefiero el avión por tiempo. (2)
Mira, prefiero el bus. El avión me carga. El aeropuerto me carga y me da miedo. Es un cacho. En bus me voy leyendo cómoda. (1)	La comodidad del avión. Estoy esperando guagua. Me acomoda más. (2)
Puedo conocer más en auto. Si voy solo, sale a cuenta el avión, pero me acomoda más en auto. Puedo parar si hace falta. (3)	Viajo por la noche. Da lo mismo así. (1)

En general, se observa una mayor frecuencia a mencionar y considerar más de un atributo en el espacio de aplicación estándar que en el espacio de aplicación en paradero de bus.

- Experimento de bus interurbano

FIGURA 4-18: TARJETA EXPERIMENTO VIAJE EN BUS INTERURBANO – PILOTO 1

¿Qué opción prefiere para realizar su viaje?

☐ **Bus 1**

 **Tiempo de viaje**
Entre 6 horas
y 6 horas 20 minutos

 **Frecuencia de salida**
Cada 20 minutos

 **Costo**
\$17.000

☐ **Bus 2**

 **Tiempo de viaje**
Entre 6 horas 10 minutos
y 6 horas 45 minutos

 **Frecuencia de salida**
Cada 10 minutos

 **Costo**
\$23.000

En este experimento, 13 personas seleccionaron la opción 1 y 3 personas seleccionaron la opción 2.

CUADRO 4-6: EJEMPLOS DE RESPUESTA SEGÚN CONDICIONES DE APLICACIÓN – CASO BUS INTERURBANO

Espacio de aplicación estándar	Espacio de aplicación en paradero de bus
Es poca la diferencia. Prefiero la 1. Es más barato y prefiero esperar esos 10 minutos. Igual me puedo organizar. (1)	Son 6.000 de diferencia. Es hartito (1)
A ver... el tiempo es parecido. No es un rango diferente. La frecuencia de salida es harta.... prefiero esperar menos. El tiempo... a ver... son 20 minutos, considerando el tiempo de espera... pero prefiero llegar tranquilo... a ver... la 2. Se va un poco más lento. (2)	La diferencia de tiempo es poca. Prefiero ahorrar un poco de plata. Como acabo de salir, no tengo mucha plata. (1)
Me ordeno para llegar a tiempo con la frecuencia de salida y pagar menos. Llego un poquito antes y me ahorro unos pesos. (1)	El tiempo es igual. Es más corto. Sale con más frecuencia, pero no cambia mucho. (1)

En general, se observa una mayor frecuencia a mencionar y sopesar más de un atributo en el espacio de aplicación estándar que en el espacio de aplicación en paradero de bus.

- Comparación entre situación de aplicación estándar y paradero

En todos los experimentos se observó una mayor tendencia a considerar más de un atributo (generalmente, precio y costo) en la situación de aplicación estándar. La tabla 4-7 da cuenta del número de atributos que fue mencionado por los encuestados en cada situación de aplicación. En todos los experimentos se observa los encuestados en la situación estándar tendían a considerar 2 atributos en su discurso, mientras que en el paradero generalmente se consideraba 1.

CUADRO 4-7: RESULTADOS DE EXPERIMENTOS SEGÚN LUGAR DE APLICACIÓN

Experimento/condición	Estándar	Paradero
Experimento automóvil	2	1,25
Experimento taxi	1,75	1,25
Experimento aplicación	2	1,25
Experimento transporte público	2,5	1
Experimento viaje interurbano intermodal	1,4	1,25
Experimento interurbano buses	2,25	1,25

La tabla siguiente da cuenta del rango y promedio de tiempo de aplicación para cada condición. Se observa el tiempo promedio de la aplicación estándar es un poco más del doble que en la aplicación en paraderos.

CUADRO 4-8: TIEMPOS DE EXPERIMENTOS SEGÚN LUGAR DE APLICACIÓN

Criterio	Oficina	Calle
Rango	7 – 17 minutos	4 – 9 minutos
Promedio	11 minutos	5 minutos

4.5.3.6 Conclusiones

Se observó un razonamiento coherente en ambas condiciones y en todos los experimentos. Esto da cuenta de que los experimentos se comprenden adecuadamente por todos los participantes. Pese a lo anterior, se observa una clara diferencia en función de la condición de aplicación. Los encuestados que respondieron los experimentos en una situación de oficina mostraron un razonamiento más elaborado, que se observa tanto en un mayor tiempo de respuesta como en un pensamiento verbalizado que incorpora más atributos, que aquellos encuestados que respondieron en los paraderos. Estos últimos se caracterizaron por responder más rápidamente y con respuestas verbalizadas que, en la mayoría de los casos, hacían referencia a solo uno de los atributos.

Si bien existe evidencia de que el procedimiento de verbalización de pensamientos puede verse afectado por variables contextuales (Hsu, Babeva, Feng, Hummer y Davison, 2014), es importante analizar específicamente lo que ocurre en los paraderos de buses urbanos que puede afectar la toma de decisiones. En estos espacios, los encuestados están realizando una acción específica (esperar transporte) que requiere de su atención para identificar el momento en que deben subirse al bus urbano. Esto exige que tengan que dividir su atención entre la tarea presentada en el experimento *mientras* atienden al entorno. Realizar estas tareas en forma simultánea exige fuertemente a los sistemas cognitivos, en particular cuando los experimentos presentados requieren de una valoración de distintos elementos. Posiblemente, si los experimentos requirieran únicamente conocimiento declarativo (esto es, que no es necesario el procesamiento de información), como el que se requiere para responder por preferencia personales (p.ej.: “¿Por quién votaría usted en las próximas elecciones?”), entonces las diferencias entre las distintas instancias de evaluación serían mínimas.

Sin embargo, los experimentos presentados requieren que los encuestados realicen cálculos (por ejemplo, para evaluar si una diferencia específica de precio impacta sobre dos tiempos de viaje distintos) y ello requiere de un ambiente con menores distracciones en que los encuestados puedan realizar los procesos necesarios para una respuesta *válida*. Existe evidencia del impacto que tienen las distracciones sobre el desempeño en varios contextos (Sevdalis et al 2014; Murji et al 2016; Iqbal, Czerwinski, 2017; Zureick, Burk-Rafel, Purkiss y Hortsch, 2018; Pérez-Juárez, González-Ortega, Aguiar-Pérez, 2023), por lo que resulta recomendable utilizar un espacio libre de distracciones y en que los encuestados tengan una adecuada disposición a responder para obtener datos que consideren una valoración entre los distintos atributos y no solo una preferencia en función de un solo atributo.

4.5.3.7 Sugerencias

Considerando los resultados de la aplicación del pilotaje 1, se sugiere considerar lo siguiente para el pilotaje 2.

- Realizar aplicaciones en condiciones de aplicación estándar

4.5.4 Pilotaje 2

El pilotaje 2 consideró las sugerencias del pilotaje 1. En esta etapa, se realizaron aplicaciones en situaciones de evaluación estándar para probar imágenes adicionales de transporte en bus urbano, la incorporación del motivo de viaje para la modalidad de taxi y la incorporación de paradas en los buses interurbanos.

4.5.4.1 *Objetivos*

- Objetivo general
 - Evaluar coherencia entre razonamiento y opción de respuesta seleccionada
- Objetivos específicos
 - Evaluar impacto del motivo de viaje en aplicación de transporte
 - Evaluar comprensibilidad de imágenes para hacinamiento de transporte urbano
 - Evaluar cambio en instrucciones de experimento de larga distancia (buses interurbanos)

4.5.4.2 *Participantes*

En esta etapa participaron 24 encuestados, 12 hombres y 12 mujeres de diversas comunas de Santiago. El rango de edad en esta etapa fue desde los 19 hasta los 62 años (DE = XXX). El nivel educativo de las personas que participaron fue desde media completa (8), técnico (9), universitaria completa (3), magíster (2) y doctorado (1).

4.5.4.3 *Metodología*

A todos los participantes se les pidió que verbalizaran sus pensamientos (procedimiento *think aloud*) mientras respondían cada uno de los experimentos. Se registró el uso de cada atributo de cada tarjeta por todos los participantes. Adicionalmente, se registró la hora de inicio y de término. Todas las evaluaciones fueron realizadas por 2 psicólogos que utilizaron lo indicado en el Manual para Análisis Cognitivo – pilotaje 2 para lograr una aplicación estandarizada.

4.5.4.4 *Resultados*

En general, se observa coherencia entre la opción de respuesta seleccionada y la verbalización del pensamiento de todos los participantes. A continuación se presentan detalles adicionales de las respuestas de los encuestados para cada uno de los cuatro experimentos presentados.

- Experimento de aplicación móvil para viaje habitual

FIGURA 4-19: TARJETA EXPERIMENTO VIAJE HABITUAL EN AUTOMÓVIL – PILOTO 2

Pregunta

¿Qué opción prefiere para realizar su viaje?



☐ **Alternativa 1**

 **Tiempo total de viaje**
Entre 15 y 24 minutos

 **Tiempo promedio**
20 minutos

 **Costo**
\$8.000

☐ **Alternativa 2**

 **Tiempo total de viaje**
Entre 26 y 37 minutos

 **Tiempo promedio**
32 minutos

 **Costo**
\$5.000

En este experimento 13 personas seleccionaron la opción 1 y 11 seleccionaron la opción 2. Algunas respuestas de ejemplo de quienes seleccionaron la opción 1 fueron:

“Elegiría la alternativa 1, porque a pesar de ser más cara, llegaría más temprano a donde necesito ir”.

“Más que nada por optimización del tiempo. Pienso que igual tengo que llegar en buena hora al trabajo o a la universidad, así que prefiero pagar un poco más por eso”.

Algunas respuestas de ejemplo de quienes seleccionaron la opción 2 fueron:

“Si es todos los días, prefiero la 2. Sale más barato cada viaje y si es todos los días, es mucho al mes. Me programo. Igual no tomaría Uber para ir al trabajo”.

“Escojo la 2 porque menos fijo primero en las lucas y no cuánto me voy a demorar. Si la diferencia es más de 1 hora, entonces cambio mi opinión”.

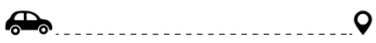
En este experimento se observan dos líneas de pensamiento: 1) aquella en que prima más el llegar a la hora (y rápido) al trabajo y 2) aquella en que se evalúa el costo que tiene una alternativa al mes. En este sentido, se observa que algunos encuestados se guiaron por el destino del viaje (el trabajo) y no tanto por la frecuencia (todos los días).

- Experimento de aplicación móvil para viaje ocasional

FIGURA 4-20: TARJETA EXPERIMENTO VIAJE OCASIONAL EN VEHÍCULO DE APLICACIÓN – PILOTO 2

Pregunta

¿Qué opción prefiere para realizar su viaje?



☐ **Alternativa 1**

 **Tiempo total de viaje**
Entre 15 y 24 minutos

 **Tiempo promedio**
20 minutos

 **Costo**
\$8.000

☐ **Alternativa 2**

 **Tiempo total de viaje**
Entre 26 y 37 minutos

 **Tiempo promedio**
32 minutos

 **Costo total del viaje**
\$5.000

En este experimento 13 personas seleccionaron la opción 1 y 11 seleccionaron la opción 2. Algunas respuestas de ejemplo de quienes seleccionaron la opción 1 fueron:

“Preferiría la alternativa 1, más que nada porque, cuando vas al médico, tienes que llegar a cierta hora. 12 minutos de demora, aunque sea más barato, al final puede hacerte perder la cita. Eso saldría más caro a la larga”.

“En general, uso Uber para cosas puntuales. En este caso, podría escoger la 1 si es que estoy muy justa de tiempo, pero en general me programo para llegar bien”.

Algunas respuestas de quienes escogieron la opción 2 fueron:

“Yo creo que acá la 2. Como es algo puntual, me programo y tengo más tiempo para tomar el Uber. Me sale más barato”.

“Para mí, en un tema ocasional, si me puedo ahorrar un par de lucas, las ahorro sí o sí. Si es por una visita al médico, me organizo antes y salgo más temprano”.

En este experimento se observó que tanto el motivo como la frecuencia de viaje se mezclan en las respuestas de los encuestados. Algunos señalan que el hecho de que el viaje sea ocasional permite una mejor programación para llegar a tiempo, mientras que otros señalan que una cita al médico requiere que uno llegue a tiempo. Otros señalan que para

un viaje puntual tiene sentido gastar más para llegar a tiempo, mientras que otros aducen la misma razón para gastar menos ya que pueden anticiparse mejor.

Al comparar los resultados del experimento 1 (viaje habitual) versus experimento 2 (viaje ocasional) en una aplicación de transporte, se observó que 16 participantes cambiaron su opción entre uno y otro. De estos, 8 participantes escogieron la opción más lenta y económica en su viaje habitual y posteriormente la más rápida y costosa para el viaje ocasional; 8 participantes escogieron la más rápida y costosa para el viaje habitual y posteriormente la lenta y económica para el viaje ocasional. Los participantes restantes no cambiaron su opción de respuesta entre ambos viajes. Estos encuestados se caracterizaban por privilegiar la rapidez del viaje o el costo con independencia del motivo.

Pese a lo anterior, es importante notar que el modo de transporte puede influir en esta decisión. Posiblemente, un servicio de aplicación (como Uber) sea visto por los encuestados como algo principalmente ocasional, por lo que proponerlo como medio de transporte habitual es algo que no resulta convincente.

- Experimento de transporte urbano

FIGURA 4-21: TARJETA EXPERIMENTO VIAJE EN TRANSPORTE PÚBLICO – PILOTO 2

Pregunta

¿Qué opción prefiere para realizar su viaje?

☐ **Micro 1**

 **Tiempo de viaje**
40 minutos

 **Costo**
\$600

 **Hacinamiento**

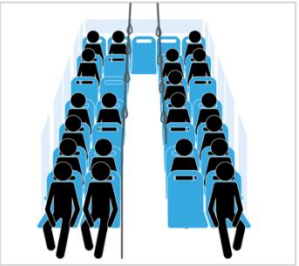


☐ **Micro 2**

 **Tiempo de viaje**
30 minutos

 **Costo**
\$1.000

 **Hacinamiento**



En este experimento 6 personas seleccionaron la opción 1 y 18 seleccionaron la opción 2. Algunas respuestas de ejemplo de quienes seleccionaron la opción 1 fueron:

“Acá escojo la 1. Es un viaje de todos los días. Sé que sería cómodo irse sentado, pero estoy acostumbrada a irme de pie. Además, eso es algo que no se puede controlar tanto. Al mes, sería muy caro pagar 400 pesos cada día”.

“Elijo la opción 1 porque es un viaje habitual y diario. El costo se acumula; en 30 días se vuelve significativo”.

Algunas respuestas de ejemplo de quienes seleccionaron la opción 2 fueron:

“La 2, porque es menos tiempo y va más vacía. Es un poco más caro el viaje, pero al menos me voy sentado”.

“La 2 porque va más vacía, aunque sea más caro y me demora menos. El único contra es el costo, pero todo lo demás es mejor”.

En este experimento, se observa que la mayoría de los encuestados valoraron más la comodidad y el tiempo de viaje por sobre la diferencia de precio. Se observó que todos los encuestados comprendieron las diferencias en niveles de hacinamiento entre ambas alternativas.

- Experimento de buses interurbanos

FIGURA 4-22: TARJETA EXPERIMENTO VIAJE EN BUS INTERURBANO – PILOTO 2

Pregunta

¿Qué opción prefiere para realizar su viaje?

☐ Bus 1	☐ Bus 2
 Tiempo total de viaje 4 horas y 30 minutos	 Tiempo total de viaje 5 horas y 15 minutos
 Frecuencia de salida Cada 10 minutos	 Frecuencia de salida Cada 20 minutos
 Costo \$10.000	 Costo \$7.000

En este experimento 17 personas seleccionaron la opción 1 y 7 seleccionaron la opción 2. Algunas respuestas de ejemplo de quienes seleccionaron la opción 1 fueron:

“El bus 1, por la frecuencia de salida. El costo se paga por eso: por llegar más rápido y tener un viaje más corto”.

“Prefiero reducir el tiempo de viaje. Me gusta que salga más seguido, por si me llegara a atrasar”.

Algunas respuestas de ejemplo de quienes seleccionaron la opción 2 fueron:

“Prefiero el bus 2, porque la diferencia en tiempo entre el bus 1 y el bus 2 no es tanta. Por el costo, en este caso preferiría ahorrar”.

“La 1.. no, la 2. Ay, no sé. La verdad, la diferencia de tiempo es poco para un viaje en bus. Se me pasa volando el tiempo. La verdad, me da igual, pero me quedo con la 2 porque es más barata. Esa diferencia de tiempo no afecta mi decisión”.

En este experimento se observa un razonamiento coherente entre lo verbalizados por los encuestados y la opción de respuesta seleccionado. Es importante notar que en ninguna de las respuestas se hizo mención a que un bus fuera más peligroso que el otro debido al tiempo de viaje. En el pilotaje 1 se observó que una persona hizo mención a que un servicio de buses era más peligroso que otro ya que demoraba menos, lo que el encuestado daba como causa el que dicho bus fuera a mayor velocidad que otro.

4.5.4.5 Conclusiones

Se observó que los encuestados razonaron de forma coherente con la opción de respuesta seleccionada. En todos los casos, se observó una comprensión adecuada de las instrucciones que permitió que los encuestados seleccionaran una opción de respuesta. Es importante notar, sin embargo, que en los experimentos de servicios de aplicación (e.g. Uber), uno de los evaluados mencionó que las causas indicadas en las instrucciones sobre el tiempo de viaje no pueden saberse de antemano (trabajos en la vía, accidentes de tráfico, fallas mecánicas y manifestaciones, ver punto 4.4.1.1). Si bien esto no afectó la comprensión de las tarjetas, resulta relevante evaluar otras causas que impacten sobre el tiempo de viaje y que puedan ser anticipadas por los encuestados, como la elección de la ruta (p.ej.: calles laterales versus autopistas) o una mayor presencia de semáforos.

Se observó que el motivo del viaje tenía un impacto en la decisión de algunos participantes. Específicamente, de los 24 encuestados, 16 cambiaron su opción de respuesta entre un experimento y otro. Ocho participantes seleccionaron la opción más costosa y rápida para el viaje habitual y posteriormente la más económica, pero lenta, para el viaje ocasional. Este patrón de respuesta llama la atención porque tendría un costo significativamente mayor

cada mes. Posiblemente, en este grupo primó el efecto de recencia (Murdock, 1962; Rubinova y Price, 2024; Allen, Atkinson y Hitch, 2024), en que la última información presentada (el ejemplo del viaje al trabajo) se utilizó como referencia para tomar la decisión. Esto es coherente con las respuestas de los evaluados, puesto que todos ellos hicieron referencia al ejemplo propuesto (por ejemplo, diciendo que tienen que llegar a la hora al trabajo) antes que a su frecuencia. En contraste, otros encuestados se fijaron más en la frecuencia del viaje (habitual versus ocasional) para tomar una decisión más racional en términos económicos, como gastar menos en lo habitual y, posiblemente, más en algo ocasional. Lo anterior da cuenta de la relevancia del pivoteo sobre el último viaje realizado, puesto que la presentación de un viaje hipotético genera una toma de decisiones que puede impactar fuertemente en la economía mensual de una persona.

Respecto del uso de imágenes en medios de transporte urbano, se observó una comprensión adecuada de todas ellas. Todos los encuestados identificaron sin dificultad la opción de mayor y menor hacinamiento y la utilizaron como elemento relevante para tomar una decisión.

Por último, la incorporación de las paradas intermedias como elemento explicativo de la diferencia de tiempo entre los servicios de buses, además de la indicación de que en ambos casos se respetaría la velocidad máxima permitió que los encuestados pudieran explicar dicha diferencia. En esta etapa, ninguno de los encuestados hizo referencia a que el bus que demora menos iba a una velocidad mayor que el de la segunda alternativa.

4.5.5 Conclusiones generales de análisis cognitivo

Los cambios incorporados durante las etapas de prepiloteaje (cambios en las imágenes y presentación de los experimentos), pilotaje 1 (aplicaciones en formato estándar) y pilotaje 2 (incorporación de imágenes para el transporte en bus urbano y explicación de variación en tiempo de viaje para viajes interurbanos) han mejorado la accesibilidad y comprensión de los experimentos utilizados para obtener un valor subjetivo del tiempo que sea confiable y válido para las políticas públicas.

Es importante enfatizar la importancia de utilizar los diseños desarrollados durante esta etapa para lograr que los experimentos sean comprendidos por las personas. En la misma línea, se sugiere realizar estos experimentos en un formato de aplicación estándar, de manera que los encuestados puedan razonar sobre la opción de respuesta que consideran más apropiada para su viaje sin distracciones.

4.5.6 Sugerencias

- Utilizar diseños desarrollados en el presente análisis cognitivo para la salida a campo a nivel nacional. Estos diseños consideran elementos de accesibilidad cognitiva para que puedan ser comprendidos por un mayor número de personas. Además, las

distintas etapas de análisis cognitivo han mostrado evidencia de que las personas los entienden y razonan correctamente sobre ellos.

- Realizar experimentos en espacios de baja distracción para maximizar la posibilidad de una respuesta que considere un mayor número de atributos.
- Utilizar valores que sean fáciles de calcular. Por ejemplo, realizando aproximaciones a la centena o unidad de mil más próxima.
- Evaluar otras explicaciones para la variación de tiempo de viaje en los experimentos de automóvil, taxi, colectivo y aplicación móvil. Esto debido a que las presentadas actualmente no pueden ser anticipadas por quien escoge una ruta.

5. Tarea 4: Análisis de Software para el levantamiento de encuesta

5.1 Presentación

El equipo consultor utiliza regularmente el software Survey Engine, el que ha sido probado en diversas aplicaciones, incluyendo la Etapa 2 del estudio “Valor Social del Tiempo de Viaje en el Contexto del Sistema Nacional de Inversiones”. Es un software específicamente aplicado al desarrollo de experimentos de preferencias declaradas y cuenta con una integración con NGENE (herramienta para la generación de diseños experimentales de PD) y Apollo (software para la estimación de modelos de elección discreta), con lo que se constituye en el paquete más completo disponible para estudios de preferencias declaradas (PD).

Dentro de las limitaciones observadas, se trata de una plataforma basada en web, que podría presentar dificultades en sectores con cobertura deficiente de internet, y es un software de pago.

En la segunda sección, se revisan los requerimientos del software para los experimentos desarrollados en la etapa 2 del estudio de Valor del Tiempo, incorporando las recomendaciones derivadas del análisis cognitivo desarrollado en el presente estudio y que se reportó en el capítulo previo.

En este contexto, y siguiendo los requerimientos del estudio, se ha realizado una comparación con el software recomendado en los términos de referencia (Survey Solutions), lo que se presenta en la tercera sección.

En la cuarta sección se desarrolla un análisis comparativo entre las opciones disponibles para cumplir con el objetivo del estudio.

5.2 Requerimientos del Software

El diseño del experimento de preferencias declaradas, desarrollado en la Etapa 2 del estudio y mejorado con el análisis cognitivo desarrollado en la tarea anterior, está estructurado en los siguientes elementos:

- Una primera parte de caracterización del encuestado (comuna donde vive o modo de transporte donde se contacta)
- Recolección de información sobre un viaje reciente (modo, origen, destino, propósito, horario, tiempo de viaje, costo, frecuencia)
- Antecedentes complementarios del viaje (dependientes del modo empleado) incluyendo transbordos y uso de modos alternativos.
- Elaboración del diseño experimental pivotado respecto al viaje de referencia
- Presentación del experimento (tarjetas de elección)

- Consultas relativas a los atributos considerados en la elección
- Caracterización del individuo y del hogar
- Consultas de percepción (variables latentes)

Como se observa, tanto las consultas de antecedentes complementarios como el diseño experimental son generados a partir de las respuestas iniciales del encuestado, y son claves en generar un contexto adecuado y comprensible para el entrevistado. Por tanto, es un requerimiento al software a emplear que permita **generar consultas pivotadas, realizar validaciones en tiempo real y la configuración de condiciones habilitantes** para preguntas y secciones respecto a las respuestas previas del individuo.

De las aplicaciones piloto realizadas en la Etapa 2 se asumen como requerimientos básicos:

- Posibilidad de monitorear el desarrollo de la aplicación de las encuestas
- Registro de respuestas en base de datos
- Garantizar seguridad y confidencialidad de la información

Las aplicaciones piloto fueron realizadas usando un software específico (Survey Engine) mediante un link generado por el programa que fue implementado en tablets genéricos y enviado a encuestados mediante correo electrónico, redes sociales y paneles. Esta versatilidad es también un requerimiento deseable para el software a utilizar.

A partir de las recomendaciones del análisis cognitivo surgen además requerimientos adicionales, asociados con la **capacidad gráfica del software para realizar presentaciones de enunciados y opciones de respuesta con tamaños, colores y diseño gráfico adecuados**.

Otro elemento derivado del análisis cognitivo es la sugerencia de **utilizar valores que sean fáciles de calcular**, lo que implica un requerimiento adicional para la generación de consultas pivotadas.

Finalmente, el análisis cognitivo recomendó realizar experimentos en espacios de baja distracción. En la aplicación piloto de la Etapa 2, realizada en centros de intercambio modal como estaciones de metro y ferrocarril, surgió como inconveniente relevante las pérdidas de conectividad a la señal de internet, lo que hizo conveniente el considerar un software que tuviera la posibilidad de **operar en modo local**. A partir de las recomendaciones del análisis cognitivo, resulta menos probable encontrar condiciones en las cuales el encuestado se encuentre fuera de un área con cobertura de internet, salvo en el caso de entrevistas realizadas en localidades muy remotas.

5.3 Softwares Survey Solutions

5.3.1 Antecedentes generales

Se evaluó la plataforma **Survey Solutions** como alternativa principal. Esta herramienta, desarrollada por el Grupo de Datos del Banco Mundial, ha sido utilizada en numerosos

estudios internacionales, destacando por su robustez técnica, gratuidad y su orientación a la implementación de encuestas complejas, tanto en terreno como en modalidad web.

Survey Solutions se compone de dos componentes diferenciados pero complementarios:

a) Survey Solutions Designer: **Survey Solutions Designer** es un entorno web que permite **diseñar y programar los cuestionarios**. Es accesible a través del sitio oficial ([<https://designer.mysurvey.solutions/>]) y no requiere instalación local; basta con registrarse para tener acceso al sistema.

Principales características: Permite la creación de cuestionarios con una amplia variedad de tipos de preguntas: selección única, selección múltiple, numérica, de texto, fecha, GPS, listas, código de barras, imágenes, audio y datos geográficos.

Facilita la incorporación de validaciones en tiempo real y la configuración de condiciones habilitantes para preguntas y secciones, lo que permite construir encuestas con lógica avanzada.

Permite cargar tablas de datos preprocesados que pueden utilizarse como variables dinámicas, lo que resulta especialmente útil en encuestas de **Preferencias Declaradas (PD)** donde los escenarios de elección deben personalizarse según las características de cada encuestado.

Ofrece la posibilidad de utilizar **macros**, lo que facilita la implementación de validaciones anidadas y cálculos complejos dentro del cuestionario.

Sin embargo, es importante señalar una limitante relevante: el Designer no permite la personalización visual avanzada de los cuestionarios, tales como modificaciones mediante **HTML o CSS**. El aspecto gráfico de las encuestas es estandarizado y funcional, pero básico, sin posibilidad de modificar colores, estilos ni diagramaciones complejas. Esto debe ser especialmente considerado en encuestas donde el diseño visual tiene un rol crítico en la comprensión o en la percepción del encuestado, como es el caso de los experimentos de preferencias declaradas.

Además, es importante destacar que **Survey Solutions Designer** permite exclusivamente la creación y validación de los cuestionarios, pero no gestiona el levantamiento de datos ni el almacenamiento de la información recolectada, tareas que corresponden al componente Headquarters.

b) Survey Solutions Headquarters (Servidor)

Para la ejecución operativa del estudio y el levantamiento de datos es necesario contar con el componente **Survey Solutions Headquarters**, que corresponde a la plataforma central de gestión de encuestas.

Este sistema debe ser instalado y configurado en un **servidor** o en una infraestructura controlada por el equipo técnico del estudio, permitiendo:

- Asignar y distribuir encuestas vía web o a los dispositivos de los encuestadores.
- Monitorear en tiempo real el progreso del levantamiento de datos.
- Gestionar la sincronización de los dispositivos móviles y la recopilación segura de las encuestas completadas.
- Garantizar la **seguridad y confidencialidad de la información**, ya que los datos se almacenan en un servidor propio, sin depender de servicios externos.

El servidor Headquarters puede instalarse en sistemas operativos **Windows o Linux**, y su correcta implementación requiere soporte técnico especializado, tanto para su puesta en marcha como para su mantenimiento y administración durante el desarrollo del estudio.

5.3.2 Prueba del software

Con el fin de evaluar la factibilidad de utilizar Survey Solutions como plataforma principal para el levantamiento de los cuestionarios, se realizaron pruebas preliminares configurando versiones de ensayo de algunos instrumentos del estudio. Estas pruebas buscaron observar tanto el comportamiento técnico de la herramienta como su capacidad para sostener la propuesta de presentación visual de las preguntas.

En una primera iteración, se optó por un diseño orientado a preservar la estética visual original del estudio. Para ello, cada escenario o situación se presentó mediante una imagen ilustrativa en la parte superior de la pantalla, acompañada de las alternativas de respuesta en la parte inferior. En las pruebas realizadas, este enfoque funcionó correctamente desde el punto de vista técnico: el flujo de avance entre ítems fue estable, las respuestas quedaron registradas en el sistema y la interacción entrevistador/entrevistado resultó fluida en condiciones controladas.

Figura 6-1: Ejemplo Experimento 1: Elección de Ruta Auto – Imagen prediseñada

Elección 1

RUTA 1	RUTA 2
Tiempo de viaje 1h 30m	Tiempo de viaje 2h 20m
Accidentes de Tránsito con Fallecidos 2 por año	Accidentes de Tránsito con Fallecidos 14 por año
Costo \$12,800	Costo \$9,600

En las condiciones anteriores, ¿qué opción prefiere para realizar su viaje?

☐ RUTA A

☐ RUTA B

Fuente: Elaboración propia sobre Designer de Survey Solutions

No obstante, al proyectar este esquema al contexto real del estudio se identificó una limitación relevante. Debido a la naturaleza altamente dinámica de los cuestionarios, con múltiples escenarios, parámetros y combinaciones posibles, la cantidad de pantallas e imágenes que sería necesario diseñar y mantener se vuelve muy elevada. En la práctica, el número de combinaciones que habría que ilustrar tiende a ser difícil de acotar, lo que incrementa significativamente la carga de diseño y el riesgo de inconsistencias visuales frente a cambios o ajustes en los instrumentos.

Como alternativa, se exploró un segundo diseño en el que las preguntas se presentan principalmente en formato textual, reduciendo el uso de imágenes a elementos de apoyo más acotados. Esta aproximación resulta mucho más manejable desde el punto de vista operativo (permite actualizar los cuestionarios sin necesidad de generar una cantidad excesiva de recursos gráficos), pero tiene como consecuencia que el cuestionario se percibe más monótono y menos rico visualmente, lo que podría afectar la experiencia subjetiva del entrevistado.

Figura 6-2: Ejemplo Experimento 2: Elección de Ruta Auto – Generado en Survey Solutions

En las condiciones siguientes, ¿qué opción prefiere para realizar su viaje?

☐ RUTA A: Tiempo 1h 30m Accidentes de tránsito con fallecidos: 2 por año, Costo: \$12.800

☐ RUTA B: Tiempo 2h 20m Accidentes de tránsito con fallecidos: 14 por año, Costo: \$9.600

Fuente: Elaboración propia sobre Designer de Survey Solutions

5.3.3 Compatibilidad y Consideraciones para el Estudio

Survey Solutions, en su conjunto (Designer + Headquarters), es técnicamente compatible con los requerimientos metodológicos del estudio, siempre que se consideren las siguientes condiciones:

- Se debe disponer de un servidor Headquarters debidamente configurado, que garantice la seguridad, integridad y trazabilidad de los datos recolectados.
- El equipo técnico debe contar con las competencias necesarias para administrar el servidor, gestionar los dispositivos de recolección y resolver posibles incidentes técnicos durante la operación del estudio.
- Los diseños experimentales eficientes, particularmente los diseños **Bayesianos D-eficientes** requeridos para las encuestas de Preferencias Declaradas, deben generarse previamente en un software especializado (por ejemplo, NGENE) y ser cargados correctamente en el Designer. De acuerdo a las pruebas realizadas por el equipo consultor, es posible cargar los experimentos previamente diseñados como imágenes a mostrar al encuestado o bien generarlos internamente a través de procesos intermedios (experimentos pivoteados a partir de las respuestas del encuestado) pero son visualmente muy limitados.

Figura 6-3: Ejemplo Experimento 1: Elección de Ruta Auto – Imagen prediseñada

Elección 1

RUTA 1		RUTA 2	
⌚ Tiempo de viaje	1h 30m	⌚ Tiempo de viaje	2h 20m
⚠️ Accidentes de Tránsito con Fallecidos	2 por año	⚠️ Accidentes de Tránsito con Fallecidos	14 por año
💰 Costo	\$12,800	💰 Costo	\$9,600

En las condiciones anteriores, ¿qué opción prefiere para realizar su viaje?

☐ RUTAA

☐ RUTA B

Fuente: Elaboración propia sobre Designer de Survey Solutions

Figura 6-4: Ejemplo Experimento 2: Elección de Ruta Auto – Generado en Survey Solutions

En las condiciones siguientes, ¿qué opción prefiere para realizar su viaje?

☐ RUTA A: Tiempo 1h 30m Accidentes de tránsito con fallecidos: 2 por año, Costo: \$12.800

☐ RUTA B: Tiempo 2h 20m Accidentes de tránsito con fallecidos: 14 por año, Costo: \$9.600

Fuente: Elaboración propia sobre Designer de Survey Solutions

El primer caso, como imágenes de experimentos previamente diseñados, es una solución factible pero que **limita significativamente las posibilidades de ajustar el experimento** a las características del encuestado. Permitiría generar un conjunto acotado de opciones genéricas de experimento, entre las cuales habría que escoger aquella que mejor se ajuste a las características del entrevistado. A modo de ejemplo, se requeriría contar con una combinatoria de experimentos según el modo de viaje y su extensión (e.g. viajes largo/cortos en bus, viajes largos/cortos en auto). Una solución de este tipo **no es adecuada para los desarrollos efectuados en la Etapa 2 y mejorados en el contexto del presente estudio.**

El segundo caso, de generar experimentos pivoteados a partir de lo indicado por el entrevistado genera experimentos técnicamente correctos pero inadecuados a la luz de los antecedentes del análisis cognitivo. Se estima que las limitaciones visuales del Designer afectarían la comprensión de los escenarios de elección, aspecto que debería ser evaluado mediante pretests y pruebas cognitivas.

Cabe hacer notar que Survey Solutions considera que las encuestas serán realizadas por un encuestador al entrevistado y no contempla la opción de autoaplicación de la encuesta, lo que explicaría sus limitaciones gráficas. A modo de referencia, en la imagen siguiente se muestra el funcionamiento de Designer, incluyendo una opción de “Adicionar Instrucciones al Entrevistador”.

Figura 6-5: Pantalla de Designer en Survey Solutions



Fuente: Designer de Survey Solutions

De este modo, **Survey Solutions** si bien es una herramienta técnicamente robusta, costo-efectiva y alineada con los estándares de seguridad y control exigidos en este estudio presenta importantes limitaciones para la presentación de los experimentos de preferencias declaradas.

5.3.4 Costos

La herramienta **Survey Solutions** no tiene costos de licencia, pero requiere infraestructura propia. Considerando una configuración mínima con una instancia EC2 t3.medium para la aplicación y una instancia RDS db.t3.medium para la base de datos, más almacenamiento y respaldos, el costo anual de operación se estima en torno a USD 1.200/año (rango aproximado USD 1.000 - 1.400/año). Con un tipo de cambio del orden de \$930 - 950 CLP

por USD, esto corresponde aproximadamente a \$1,15 millones de pesos chilenos al año, sin incluir impuestos ni servicios de soporte adicionales.

5.4 Software Survey Engine

5.4.1 Antecedentes generales

SurveyEngine es una plataforma integral especializada en la creación y gestión de Experimentos de Elección (Choice Experiments) y modelos de elección discreta. A diferencia de las herramientas de encuestas convencionales, este software proporciona un entorno de trabajo que permite a los investigadores diseñar escenarios de decisión complejos sin necesidad de escribir código, aunque mantiene la flexibilidad para usuarios avanzados. Su motor de diseño facilita la generación de diseños experimentales eficientes (Ngene, ortogonales, etc.), permitiendo capturar datos sobre las preferencias y el comportamiento de los individuos en situaciones simuladas del mundo real. Tiene aplicaciones en el *marketing* pero también en experimentos de preferencias declaradas.

En cuanto a la personalización y la lógica de la encuesta, la plataforma ofrece una libertad de diseño mediante el uso de hojas de estilo (CSS) y plantillas personalizables, permitiendo que cada proyecto se alinee con la identidad visual requerida. El sistema soporta lógica condicional avanzada, ramificaciones (*branching*), inyección de texto (*piping*³) y validación dinámica, lo que permite crear flujos de preguntas inteligentes y adaptativos. Además, el software garantiza una compatibilidad multiplataforma, asegurando que las encuestas y los experimentos visuales se presenten correctamente en cualquier dispositivo, ya sea móvil, tableta o escritorio.

Finalmente, SurveyEngine completa el ciclo de análisis con herramientas de gestión de datos y análisis. Ofrece informes de trabajo de campo en tiempo real para monitorear el progreso de la muestra y permite la integración fluida con paneles de encuestados externos.

5.4.2 Capacidad gráfica

Como se ha señalado previamente, Survey Engine permite personalizar los diseños de manera muy flexible. Para analizar este aspecto, se tomaron algunos diseños recomendados en el análisis cognitivo y se reprodujeron en el software con los siguientes resultados:

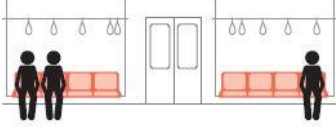
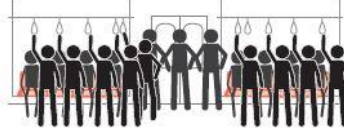
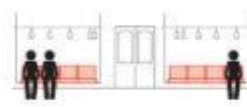
³ Básicamente, permite que la encuesta "recuerde" lo que el usuario ha respondido o los datos que ya se tienen sobre él, y use esa información para formular preguntas más precisas y personalizadas más adelante.

Figura 6-6: Ejemplo de experimento elección de ruta - Auto

Análisis cognitivo	☐ Alternativa 1 Tiempo total de viaje Entre 15 y 24 minutos Tiempo promedio 20 minutos Costo \$8.000 ☐ Alternativa 2 Tiempo total de viaje Entre 26 y 37 minutos Tiempo promedio 32 minutos Costo total del viaje \$5.000
Generado en Survey Engine	Alternativa 1 Tiempo total de viaje Entre 15 y 24 minutos Tiempo promedio 20 minutos Costo \$8.000 Alternativa 2 Tiempo total de viaje Entre 26 y 37 minutos Tiempo promedio 32 minutos Costo \$5.000

Fuente: Elaboración propia

Figura 6-6: Ejemplo de experimento elección de ruta - Metro

Análisis cognitivo	☐ Alternativa 1  Tiempo de viaje 65 minutos Costo \$800 ☐ Alternativa 2  Tiempo de viaje 45 minutos Costo \$700
Generado en Survey Engine	Alternativa 1  Tiempo de viaje 65 minutos Costo \$800 Alternativa 2  Tiempo de viaje 45 minutos Costo \$700

Fuente: Elaboración propia

Figura 6-6: Ejemplo de experimento elección de ruta - Bus

Análisis cognitivo	☐ Micro 1 Tiempo de viaje 40 minutos Costo \$600 Hacinamiento  ☐ Micro 2 Tiempo de viaje 30 minutos Costo \$1.000 Hacinamiento 
Generado en Survey Engine	Micro 1 Tiempo de viaje 40 minutos Costo \$600 Hacinamiento  Micro 2 Tiempo de viaje 30 minutos Costo \$1.000 Hacinamiento 

Fuente: Elaboración propia

Como se observa, salvo algunas diferencias en la iconografía disponible en el software, incluso las figuras modificadas del análisis cognitivo pueden ser incorporadas en experimentos con valores adaptados a la información proporcionada previamente por el encuestado.

5.4.3 Conectividad a internet

Survey Engine es una plataforma basada en la web (SaaS, Software as a Service) y "Hosted" (alojada). Esto implica que la encuesta reside en los servidores de SurveyEngine y se accede a ella a través de un navegador web. Para que el navegador cargue las preguntas, la lógica y los estilos, y para que envíe las respuestas de vuelta al servidor, es imprescindible una conexión a internet activa.

Como en el caso de los experimentos de VST, el diseño experimental es dinámico o adaptativo (el software calcula qué opciones mostrar basándose en las respuestas anteriores del usuario en tiempo real), el sistema necesita comunicarse con el servidor para generar la siguiente pantalla. Esto hace imposible su ejecución en modo local sin una conexión.

Esto implica que la aplicación depende no solo de la existencia de conectividad a internet, sino de una conexión estable durante toda la entrevista, ya que las preguntas y elementos de la interfaz se cargan dinámicamente a medida que el entrevistado avanza. En el contexto de una encuesta de alcance nacional, donde es posible la presencia de zonas con conectividad irregular, esta dependencia tecnológica introduce varios riesgos:

- Tiempos de espera prolongados entre preguntas cuando la latencia de red es alta, afectando negativamente la experiencia del entrevistado.
- Mayor probabilidad de interrupciones o pérdida de sesión ante cortes breves de conexión.
- Aumento del riesgo de abandono de la entrevista o de registros incompletos, con impacto directo en la calidad y consistencia de la base de datos.

Como contraparte, el análisis cognitivo recomendó realizar experimentos en espacios de baja distracción para el usuario por lo que resulta menos probable encontrar condiciones en las cuales el encuestado se encuentre fuera de un área con cobertura de internet, salvo en el caso de entrevistas realizadas en localidades muy remotas.

Es recomendable entonces que los encuestadores dispongan de dispositivos con conexión de datos móviles (3G/4G/5G) o acceso a Wi-Fi constante. Como elemento adicional de respaldo a la conectividad, debería considerarse acceso a internet satelital en el caso de condiciones extremas.

5.4.4 Costos

El software ofrece tres tipos de licencias⁴:

- Estudiante, limitada a 5 levantamientos de encuesta con hasta 100 encuestados en cada una. (34 euros mensuales)

⁴ Valores observados en <https://surveyengine.com/products/> en Noviembre de 2025

- Estándar: incluye modelación con Apollo, generación de diseños ortogonales, número ilimitado de consultas y páginas, hasta 10.000 encuestados y hasta 20 encuestas simultáneamente en desarrollo. (190 euros mensuales). Incluye la opción de incorporar la generación de diseños experimentales eficientes usando Ngene por 100 euros mensuales adicionales.
- Global Compliance: La versión más completa, con modelación Apollo, diseños experimentales con Ngene, hasta 50.000 encuestados por experimento y herramientas avanzadas para proteger activamente la privacidad de los datos personales recopilados. Se cobra por año de uso, 8.904 euros o 742 euros mensuales.

La opción recomendable para un levantamiento a escala nacional es la licencia **Global Compliance**, tanto por la capacidad de encuestas como por la protección mejorada de la privacidad, además de contar con Apollo y Ngene como complementos. Utilizando un tipo de cambio de referencia cercano a \$1.080 CLP/EUR, el costo estimado asciende a aproximadamente \$9,6 - 10,0 millones de pesos chilenos por año, sin considerar variaciones del tipo de cambio ni impuestos.

5.5 Síntesis de comparación de Softwares

A partir del análisis específico de Survey Solutions y de la experiencia del consultor con Survey Engine, es posible apreciar las principales ventajas y desventajas de cada uno. En el caso de Survey Engine, la principal desventaja es que se trata de un software de pago, con una suscripción anual y que está concebido para uso en plataformas digitales en ambiente web, por lo que puede verse afectado en su utilización debido a problemas de conectividad. En el caso de Survey Solutions, su principal limitación es su capacidad gráfica, lo que afecta la posibilidad de autoaplicación de entrevistas y la forma de presentación de las tarjetas de elección en un experimento de preferencias declaradas.

Para cumplir a cabalidad con el requerimiento de “proponer un software para el levantamiento de encuestas capaz de entregar una base de datos que permita el mismo tratamiento con relación a los modelos econométricos desarrollados en la Etapa 2 del estudio VST y el despliegue necesario de la información en los términos sugeridos por los hallazgos del análisis cognitivo realizado”, surgen las siguientes opciones para el presente estudio:

- Utilizar Survey Engine como software para el levantamiento de encuestas, asumiendo el costo de suscripción y las eventuales limitaciones de disponibilidad de internet en su aplicación.
- Utilizar Survey Solutions considerando diseños previamente formulados y genéricos, aceptando que no es factible presentar experimentos pivotados en relación a las condiciones de viaje del entrevistado.

- Considerar un desarrollo informático propio⁵, que cuente con las facilidades para la recopilación de información, generación de experimentos pivoteados y presentación gráfica, con requerimientos de seguridad informática y capacidad de operar en modo local (sin internet).

En el cuadro siguiente se resumen los principales elementos de la comparación realizada.

Cuadro 5-1 Comparativa de Softwares

Ítem	Survey Engine*	Survey Solutions	Desarrollo Informático
Costos asociados	Pago anual 8,9 Meuros versión Global Compliance 10 MM\$ aprox.	Mantenimiento de servidor, sin costos directos Estimado 1,15 MM\$	Inversión inicial en desarrollo, costos de mantenimiento y operación de servidores.
Seguridad y anonimidad de datos	Si	Si	A desarrollar
Número de encuestas	Sin limitaciones	Sin limitaciones	Por determinar
Posibilidad de desarrollar experimentos pivoteados	Si	Si (limitaciones en presentación de tarjetas)	A desarrollar
Integración con NGENE	Integrado en software	No integrado	No integrado
Uso en modo local	No disponible	Disponible	A desarrollar
Capacidad gráfica	Permite HTML	Limitada	A desarrollar
Uso en encuestas de escala nacional	Si	Si (en Chile)	No

* Plataforma Global Compliance

5.6 Análisis de alternativas

Para estudiar opciones, se plantearon como alternativas de solución al problema lo siguiente:

- Mejorar de manera exógena la capacidad gráfica de Survey Solutions, a través de una interfaz a desarrollar. Esto permitiría aprovechar las fortalezas de este software, mejorando su mayor debilidad observada.
- Incorporar la opción de modo local (off line) en Survey Engine. Esta opción resuelve una de las dificultades observadas en el software, si bien mantendría el costo asociado.
- Generar un desarrollo informático específico para las necesidades del estudio.

5.6.1 Interfaz de encuesta en Survey Solutions

Survey Solutions Designer es una herramienta sólida para el diseño de cuestionarios con lógica compleja, validaciones en tiempo real, macros y uso de tablas precargadas. Esto la

⁵ Se hace notar que esta opción escapa a los alcances y posibilidades de la presente consultoría.

hace adecuada para encuestas metodológicamente exigentes, como aquellas que incluyen experimentos de Preferencias Declaradas (DCE)

Sin embargo, presenta una limitante estructural: el entorno de entrevista es fijo y no permite personalización visual avanzada. Las encuestas se despliegan con un diseño estandarizado, sin posibilidad de alterar estilos mediante HTML o CSS. Esto significa que la apariencia de botones, colores, tipografías, diagramación y elementos gráficos no puede adaptarse a la identidad visual del proyecto.

Adicionalmente, aunque la plataforma cuenta con una API, esta está orientada a:

- Gestión de entrevistas (descarga de resultados, metadatos, estados de asignación).
- Administración de usuarios, cuestionarios y supervisores.

La API no permite renderizar ni enviar respuestas desde una interfaz externa lo que descarta la posibilidad de construir un front-end propio conectado directamente al sistema.

Conclusión: en Survey Solutions no es factible “externalizar” la interfaz. Si se requiere una experiencia visualmente atractiva o muy personalizada para el encuestado, se debe aceptar la interfaz básica que ofrece la plataforma o considerar otra vía.

5.6.2 Modo offline en SurveyEngine

SurveyEngine se ha consolidado como una solución muy flexible en términos de diseño, permitiendo cuestionarios que incorporan estilos gráficos avanzados, integraciones externas y lógica experimental compleja. A diferencia de Survey Solutions, la plataforma no restringe la apariencia: es posible utilizar plantillas, personalizar con CSS y JavaScript, y adaptar la interfaz a un alto nivel de detalle.

No obstante, la herramienta está concebida para funcionar únicamente en línea. SurveyEngine ofrece encuestas en modalidad CAWI (Computer Assisted Web Interviewing), es decir, a través de navegadores con conexión a internet, y en modalidades controladas para entrevistas telefónicas (CATI). Actualmente no dispone de aplicaciones móviles dedicadas ni de un sistema de offline sincronización, como sí ocurre en Survey Solutions con su aplicación de campo. Esto significa que cada respuesta requiere conexión activa para ser registrada en el servidor.

Se consultó al proveedor del software, quien indicó que se podría levantar la plataforma de forma local en cada uno de los dispositivos de aplicación, siempre que existan los recursos necesarios para dicha implementación. La empresa está basada en Berlín, por lo que sería necesario enviar los dispositivos a Alemania.

Esto implicaría tener la información dispersa en múltiples dispositivos, sin un mecanismo de sincronización centralizada. Esto generaría importantes limitaciones:

- **Gestión de respaldos:** no habría un sistema confiable para garantizar la integridad y seguridad de los datos.
- **Unificación de respuestas:** sería difícil reunir de manera ordenada la información proveniente de varios dispositivos, lo que pondría en riesgo la integridad y consistencia de los resultados.
- **Mantenimiento y control:** cada dispositivo debería ser gestionado de forma independiente, aumentando riesgos de fallos o inconsistencias.

En contextos donde los entrevistados o encuestadores trabajan con conectividad limitada o nula (zonas rurales, estaciones subterráneas), SurveyEngine presentaría un riesgo operativo, ya que no asegura la captura de datos offline. Su fortaleza está en el diseño y flexibilidad online, pero carece de una capa robusta para operación desconectada.

No obstante, los análisis cognitivos realizados han orientado la recopilación de encuestas a **contextos donde es menos probable tener mala conectividad**, lo que reduciría el impacto de esta restricción. Por otra parte, la conectividad celular (3G/4G/5G) o el empleo de internet satelital podrían resolver eventuales dificultades en este ámbito, por lo que sería recomendable que el levantamiento a escala nacional considere estos elementos de respaldo.

5.6.3 Desarrollo informático

Dada la tensión entre los dos sistemas analizados —Survey Solutions (robusto y offline, pero rígido en interfaz) y SurveyEngine (atractivo y flexible, pero sin offline)—, una alternativa viable es el de desarrollar una herramienta específica.

Dentro de las ventajas del desarrollo propio, un sistema a medida permitiría:

- Control total de la interfaz de encuestas desarrollo (web y móvil), aplicando estilos, diagramación y elementos visuales acordes al proyecto.
- Modo offline real mediante una aplicación móvil con almacenamiento local y sincronización diferida.
- Flexibilidad metodológica, replicando la lógica de saltos, validaciones y escenarios de elección (DCEs) con la exactitud que el estudio requiera.
- Dashboard de control adaptado a los indicadores del proyecto (progreso de campo, estados de entrevistas, tiempos, exportaciones en formatos predefinidos).
- Propiedad del sistema, sin depender de proveedores externos ni sus limitaciones técnicas.

Para realizar una estimación preliminar de los recursos requeridos, se consideraron los siguientes supuestos

- El desarrollo no contempla diseño gráfico ni visual, ya que el cliente debe proveerlo.
- Se debe proveer la estructura de los cuestionarios (preguntas, secciones, opciones de respuesta).
- Se debe entregar el set de variables de validación (reglas de consistencia, condiciones habilitantes, restricciones de entrada, etc.).
- El dashboard no permitirá ninguna modificación de los cuestionarios; estará limitado a monitoreo, visualización de estados y exportación de datos.
- El equipo de desarrollo implementará la lógica y la infraestructura en base a esta información.

En base al alcance definido (encuesta web, aplicación móvil offline, dashboard y API), la estimación es la siguiente:

Cuadro 5-2 Estimación de horas de desarrollo por partidas

Tarea/Actividad	Estimación horas desarrollador
Levantamiento de requisitos y diseño funcional	10–16 h
Diseño UI/UX básico (estructuración de vistas sin diseño gráfico avanzado)	24–36 h
Backend/API (Laravel + base de datos)	44–64 h
Parser de cuestionario (desde Excel/JSON a esquema de preguntas)	24–36 h
Encuesta web (CAWI con interfaz personalizada)	44–60 h
Módulo DCE y lógica compleja	48–68 h
Aplicación móvil offline (iOS/Android con sincronización)	96–132 h
Dashboard (gestión y exportación de datos, sin edición de cuestionarios)	28–40 h
QA y piloto en terreno	32–44 h
DevOps y despliegue	20–30 h
Documentación y traspaso	12–18 h

El total estimado es de entre 382 y 544 horas de desarrollo. Considerando un equipo de 2 desarrolladores a tiempo completo, esto equivale a un rango de 8 a 10 semanas de trabajo intensivo. Considerando una tarifa de \$38.000 CLP por hora, la inversión inicial se ubica entre \$14,5 y \$20,7 millones de pesos chilenos (aprox. \$15 - 20 millones + IVA), a lo que debe añadirse el costo de infraestructura y mantención anual de la solución.

El desarrollo propio ofrece la combinación de virtudes de los softwares existentes (diseño a medida + offline), pero requiere una inversión considerable en horas y recursos (382–544 horas de desarrollo más soporte y mantenimiento). Este desarrollo no incluye diseño gráfico, requiere que se provea la estructura de los cuestionarios y variables de validación,

y el *dashboard* no permitirá modificaciones de cuestionarios, limitándose a monitoreo y exportación.

Es importante tener en cuenta que esto considera el desarrollo de un experimento, que quedaría sin posibilidad de modificación. Cualquier ajuste debería implicar un ajuste del desarrollo informático. Incluir nuevos experimentos corresponderán a desarrollos informáticos adicionales, con evidentes economías de escala, pero que implicarán igualmente mayores recursos.

Finalmente, es necesario tener en consideración los riesgos y demoras asociados a todo desarrollo informático.

5.7 Recomendaciones

En las secciones anteriores se han analizado las principales opciones de software disponibles (Survey Engine, Survey Solutions) estableciendo sus principales ventajas y limitaciones. Se estudió también la factibilidad de superar los aspectos limitantes mediante desarrollos informáticos, lo que no se ve posible o podría resultar excesivamente complejo. Finalmente, se estudió la posibilidad de generar un software especialmente para el levantamiento, cuyo costo inicial podría duplicar los costos anuales de licenciamiento de un software comercial, presentando además diversas limitaciones y riesgos propios de un desarrollo informático.

Dado que el desarrollo de los experimentos de preferencias declaradas para la estimación del valor del tiempo está fuertemente condicionado al uso de consultas pivotadas y que estas deben generar múltiples escenarios, cuya representación visual ha sido determinada y mejorada mediante el análisis cognitivo, se estima que el software más adecuado para un levantamiento a escala nacional es Survey Engine. Dado que es un software comercial, se recomienda la adquisición de una licencia Global Compliance cuyo costo anual es de 8.900 euros por su mayor capacidad para almacenar hasta 50.000 respuestas a una misma encuesta y la seguridad que otorga a la privacidad de los datos⁶.

Si bien el análisis cognitivo sugiere la aplicación del levantamiento en ambientes donde la disponibilidad de internet no sería una limitante, debe contarse con los debidos resguardos dado que Survey Engine requiere una conexión estable durante toda la entrevista, ya que las preguntas y elementos de la interfaz se cargan dinámicamente a medida que el encuestado avanza en las respuestas, y toda la encuesta se respalda en el servidor del software. Es por esto que se recomienda que los encuestadores dispongan de dispositivos con datos móviles y/o se provea de una conexión a internet satelital como respaldo.

⁶ Opción y costos disponibles a Noviembre de 2025

6. Tarea 5: Metodología de Levantamiento de Datos

El objetivo de este capítulo es contar con una guía de recomendaciones para la aplicación del cuestionario a nivel nacional en, a lo menos, los siguientes puntos: software, formato de presentación, lugar de la toma de datos, duración, logística de toma de datos, entre otros.

El capítulo propone una síntesis de los aprendizajes del estudio, generando una propuesta de metodología de levantamiento de terreno que abarque los siguientes elementos:

- Adaptación de los cuestionarios, derivados del resultado del análisis cognitivo y eventualmente de ajustes a los experimentos de elección.
- Uso y desarrollo del software, asociado a la tarea de análisis de software con una recomendación del software a utilizar, junto a todos los elementos necesarios para su implementación por el mandante.
- Forma de presentación de la encuesta, derivada de las recomendaciones de los especialistas, considerando el uso de paneles de encuestados, mensajería, redes sociales o entrevista directa.
- Lugar de toma de datos, asociado a lo anterior, indicando la forma y lugar en que se deberían levantar encuestas particularmente en forma presencial
- Optimización de la duración de la entrevista, derivado del análisis cognitivo y una revisión de la información requerida para la estimación de modelos de elección discreta.
- Logística de la toma de datos, vinculada a cómo y dónde se realizarán las encuestas, se generará una propuesta de la mejor forma de abarcar los diferentes requerimientos de información.
- Capacitación de encuestadores, se propondrá un manual de capacitación que facilite la comprensión de la forma en que se deben realizar encuestas de manera presencial, incorporando las recomendaciones del análisis cognitivo.

6.1 Software a utilizar

Dados los resultados del capítulo anterior, en que los experimentos de preferencias declaradas requieren el uso de consultas pivotadas y que estas deben generar múltiples escenarios, se recomienda que el software a utilizar para el levantamiento a escala nacional sea Survey Engine, en la modalidad de licencia Global Compliance por su mayor capacidad para almacenar hasta 50.000 respuestas a una misma encuesta y la seguridad que otorga a la privacidad de los datos.

En anexos 7 y 8 se incluyen los diseños propuestos en el formato correspondiente a Survey Engine para el levantamiento que permita la estimación del valor del tiempo en diferentes escenarios de viajes de diferentes escalas y modos de transporte.

6.2 Formato de presentación

Los resultados del análisis cognitivo realizado a los diseños elaborados en la etapa 2 sugieren el uso de modos de presentación más accesibles, que incrementa la probabilidad de que los encuestados comprendan adecuadamente los atributos de cada alternativa. En cuanto al formato de presentación, se sugiere considerar los siguientes criterios para la construcción de los experimentos:

- Uso de alto contraste: se sugiere utilizar colores de alto contraste para facilitar la visualización de todos los elementos de cada alternativa. La herramienta gratuita contrast checker (<https://webaim.org/resources/contrastchecker/>) permite evaluar el contraste y tamaño de letra para verificar que sean accesibles.
- Presentación de información: se sugiere presentar la información de forma directa, sin que sea necesario que el encuestado deba realizar inferencias o cálculos adicionales para tomar una decisión. Lo anterior hace referencia a los diseños utilizados en la etapa 2 de VST, en la que se presentaban gráficos que cumplían la doble función de presentar tanto la variación en el tiempo de viaje como el tiempo promedio de viaje. Sin embargo, para obtener este último indicador era necesario calcular los tiempos de viaje. Esto se traducía en errores de cálculo que afectaban la opción seleccionada por los encuestados.

FIGURA 6-1: EJEMPLO TARJETA EXPERIMENTO VIAJE EN VEHÍCULO DE APLICACIÓN

Pregunta

¿Qué opción prefiere para realizar su viaje?

🚗 📍

Alternativa 1	Alternativa 2
Tiempo total de viaje Entre 15 y 24 minutos	Tiempo total de viaje Entre 26 y 37 minutos
Tiempo promedio 20 minutos	Tiempo promedio 32 minutos
Costo \$8.000	Costo total del viaje \$5.000

- Uso de imágenes: para los experimentos de bus urbano y metro se sugiere utilizar imágenes apropiadas para cada medio de transporte que den cuenta del nivel de hacinamiento ya sea en el vagón de metro o dentro del bus.

FIGURA 6-2: EJEMPLO TARJETA EXPERIMENTO VIAJE EN TRANSPORTE PÚBLICO – BUS URBANO

Pregunta

¿Qué opción prefiere para realizar su viaje?

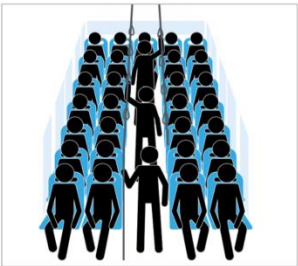
 

☐ **Micro 1**

 **Tiempo de viaje**
40 minutos

 **Costo**
\$600

 **Hacinamiento**

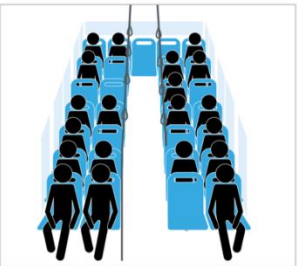


☐ **Micro 2**

 **Tiempo de viaje**
30 minutos

 **Costo**
\$1.000

 **Hacinamiento**



6.3 Lugares de toma de datos

Considerando los resultados del análisis cognitivo, y parte de la evidencia internacional, se sugiere que la toma de datos se realice en espacios en los que las personas puedan disponer de sus recursos cognitivos y atencionales para tomar una decisión racional sobre su preferencia de viaje. Estos espacios se caracterizan por tener pocos distractores que puedan afectar el proceso cognitivo que utiliza el entrevistado mientras responde. Algunos de estos espacios pueden ser paneles en línea, pero también pueden ser oficinas u otros puntos. Es importante distinguir el reclutamiento del momento de respuesta. Por ejemplo, es posible reclutar en sitios de alto tráfico para obtener el contacto (telefónico o correo electrónico) de un entrevistado que pueda ser evaluado posteriormente, cuando se encuentre en un espacio más apropiado para responder la encuesta.

Realizar la encuesta en un lugar apropiado incrementa la posibilidad de que los encuestados valoren más atributos de cada opción de viaje. Esto se traduce en resultados válidos y más confiables para obtener un valor subjetivo del tiempo de viaje.

Esta recomendación se condice con los resultados del análisis cognitivo y la experiencia internacional, como se muestra en el cuadro siguiente:

CUADRO 6-1: MODALIDAD DE LEVANTAMIENTO EN ESTUDIOS INTERNACIONALES DE VALOR DEL TIEMPO

País	Reclutamiento	Respuesta PD vía
Suiza (2002)	Telefónico	Correo postal
Dinamarca (2005)	Sin información	Sin información
Suecia (2007 y 2008)	Directorios telefónicos de dueños de vehículos y sitios de alto tráfico de pasajeros (transporte público)	Internet y telefónica
Noruega (2007–2010)	Panel en línea	Sin información
Holanda (2009)	Panel en línea	Internet
Holanda (2011)	Sitios con alto tráfico de usuarios	Internet
Alemania (2012)	Telefónico	Internet y correo postal
Reino Unido (2014–2015)	Sitios con alto tráfico de usuarios y telefónico	Internet y telefónica
Noruega (2018–2020)	Panel en línea, directorio de correos electrónicos y sitios con tráfico de usuarios	Sin información

Fuente: Valor Social del Tiempo de Viaje en el Contexto del Sistema Nacional de Inversiones, Etapa 1 (MDS, 2021)

6.4 Logística del levantamiento

En las siguientes subsecciones se presenta la propuesta del consultor en cuanto a los segmentos y categorías a considerar para el desarrollo de la encuesta nacional. Definimos dos niveles de desagregación.

1. **Segmentos**, corresponden a una desagregación de la muestra en base a las definiciones propias del diseño experimental. Los segmentos se asocian a características de los **viajes**.
2. **Categorías**, son una desagregación de la muestra que busca generar representatividad a nivel nacional y, de acuerdo a nuestra definición, se asocian a las características de la **población**.

Así, los segmentos se asocian directamente al diseño experimental, mientras que las categorías buscan representatividad poblacional.

La muestra corresponde al cruce entre los distintos segmentos y categorías.

La definición de segmentos y categorías se basa en las prácticas a nivel internacional para este tipo de encuestas, adaptadas a los aprendizajes de este estudio.

6.4.1 Segmentación de la Muestra

Para el levantamiento de las encuestas, se deben generar cuotas para distintos tipos de viajes. Dado que los diseños experimentales se basan en **modos y distancias de viaje**,⁷ estas debieran ser las principales variables de interés para efectos de la segmentación. Asimismo, y en concordancia con la literatura internacional (Etapa 1), se recomienda levantar encuestas por **propósito de viaje**. En la Etapa 2 se consideró adecuado diferenciar entre viajes habituales y viajes no habituales. En el siguiente cuadro se presentan estos 3 segmentos y sus correspondientes niveles.

CUADRO 6-2: DEFINICIÓN DE LA SEGMENTACIÓN PARA DETERMINACIÓN DE LA MUESTRA

Segmento	Niveles
Modos de viaje	TPUB: Transporte público (bus, metro, metrotren) AUTO: Vehículo particular (auto, van, camioneta) TAXI: Taxi y aplicaciones móviles TXC: Taxi colectivo BUSINT: Bus interurbano
Distancias de viaje ⁷	Para los modos TPUB, TAXI y TXC - T1: 0-10 min. - T2: 10-60 min. - T3: Más de 60 min. Para el modo AUTO - T1': 0-5 min - T2': 5-10 min - T3': 10-60 min - T4': Más de 60 min Para el modo BUSINT - D4: 40-400 km. - D5: Más de 400 km. Para el modo AUTO INT; - Todas las categorías
Propósito de viaje	H: Habitual NH: No habitual

Fuente: Elaboración propia.

Los antecedentes expuestos en el diseño de los experimentos del estudio VST Etapa 2 entregaron cotas inferiores para la estimación de los tamaños muestrales requeridos por experimento. Estos valores fueron ajustados según los ajustes a los realizados en este estudio. Estos sirven de referencia para establecer las cuotas por segmento de interés. El siguiente cuadro presenta las cotas inferiores para todos los parámetros de cada diseño y la cota inferior para la estimación del parámetro asociado al tiempo de viaje y el costo (estimar el VTV).

⁷ Para los viajes largos se generan diferentes diseños por distancia (más de 40 km), mientras que para los viajes cortos (menos de 40 km) se diferencia por tiempo de viaje.

CUADRO 6-3: MUESTRAS SUGERIDAS POR SEGMENTO, ETAPA 2.5

Modo	Distancia ⁷	Cota inferior muestral (todos los parámetros)	Cota inferior VT (Parámetros de tiempo de viaje y costo)	Muestra sugerida por segmento
TPUB	T1	5	2	10
TPUB	T2	1	2	10
TPUB	T3	2	2	12
CAR	T1'	210	210	1050*
CAR	T2'	96	96	478*
CAR	T3'	5	5	27
CAR	T4'	2	2	10
TAXI	T1	20	3	15
TAXI	T2	1	1	10
TAXI	T3	1	1	10
TXC	T1	72	72	362*
TXC	T2	29	29	146*
TXC	T3	13	13	65
BUSINT	D4	675	14	68
BUSINT	D5	213	3	13

Fuente: Elaboración propia a partir de modelos estimados y Valor Social del Tiempo de Viaje en el Contexto del Sistema Nacional de Inversiones, Etapa 2. Los valores presentados no aseguran significancia en los parámetros, son una cota inferior.

*En la Etapa 2 se recomienda no considerar estos experimentos

Como se observa en el cuadro, se presentan 2 cotas inferiores para el cálculo de muestras: la primera considera la estimación de todos los parámetros de la función de utilidad (estos incluyen, por ejemplo, el hacinamiento en el modo TPUB), mientras que la segunda es la muestra mínima requerida para estimar solo los dos parámetros asociados al VTV (costo y tiempo). Como es lógico, la primera cota es siempre mayor que la segunda.

La última columna “*Muestra sugerida por segmento*” es similar a la recomendación realizada en la Etapa 2 para efectos del levantamiento a nivel nacional. Estas estimaciones buscaban garantizar validez en cuanto a muestras que, si bien teóricamente podrían ser suficientes para la estimación de parámetros, en la práctica podrían inducir a sesgos. Por ejemplo, para TPUB-T1, la cota mínima que se estima a partir del diseño experimental es 2 encuestas. El consultor considera riesgoso sugerir esta cota tan baja y, por lo tanto, propone realizar 10 encuestas como mínimo.

En el cuadro, además, se han destacado algunos segmentos de modo-distancia donde el tamaño muestral es muy elevado y, además, difíciles en la práctica de encuestar dada su baja representación dentro del universo de viajes. Es el caso de los viajes en automóvil de baja duración (menos de 10 minutos) y de viajes en taxi colectivo donde solo los viajes de mayor duración (superior a 45 minutos) son factibles de encontrar. Por esto, en la Etapa 2 se ha sugerido no considerar dichos segmentos para efectos de las cuotas en terreno, aun cuando los diseños son parte del entregable del estudio.

Con lo anterior, las muestras mínimas sugeridas son las siguientes. Se incorporan las cuotas sugeridas para el experimento de elección de ruta en auto para viajes de más de 40 kilómetros.

CUADRO 6-4: RESUMEN DE MUESTRAS SUGERIDAS POR EL EXPERIMENTO

Modo	Distancia	Propósito		Total
		H	NH	
TPUB	T1	10	10	20
TPUB	T2	10	10	20
TPUB	T3	11	11	22
CAR	T3'	27	27	54
CAR	T4'	10	10	20
TAXI	T1	14	14	28
TAXI	T2	10	10	20
TAXI	T3	10	10	20
TXC	T3	65	65	130
BUSINT	D4	67	67	134
BUSINT	D5	13	13	26
CARINT	-	29	29	58
Total				552

Fuente: Elaboración propia.

Dada la dificultad de encontrar los viajes en taxicolectivo y el alto requerimiento de encuestas para estimar los coeficientes del modelo, se propone no considerar los viajes en este modo en el levantamiento nacional. Con esto el levantamiento se podría reducir significativamente en costos y recursos requeridos.

6.4.2 Categorización de la muestra

Para el levantamiento a nivel nacional, se sugiere generar categorías por variables sociodemográficas para asegurar la representatividad de la muestra. En específico, se considera que la desagregación por **lugar de residencia e ingreso** permitiría obtener una buena representación de la población nacional.

- Generar cuotas por lugar de residencia en una encuesta es importante porque ayuda a que la muestra sea más representativa de la población nacional, ya que las personas que viven en distintas zonas geográficas suelen presentar diferencias en hábitos de viajes, condiciones socioeconómicas y oferta de modos de transporte, por lo que asegurar su inclusión permite captar mejor esa diversidad.
- Por su parte, el ingreso es una variable relevante el ingreso es uno de los principales determinantes de cómo las personas valoran su tiempo y toman decisiones frente a intercambios entre costo y duración de viaje (ver Etapa 1 y 2 del presente estudio). Los individuos con distintos niveles de ingreso enfrentan restricciones presupuestarias y valoraciones del tiempo diferentes, por lo que una muestra que no controle esta heterogeneidad puede sesgar las estimaciones hacia los grupos más representados

Sin embargo, es importante considerar que, si bien la categorización debe reflejar las diferencias en valoración del VTV, así como similitudes en escenarios de elección en cuanto a las variables clave (modo, distancia, propósito), se deben evitar demasiadas categorías, porque aumenta la complejidad y el tamaño de muestra necesario. Si bien estratificar la muestra en muchas categorías aumenta la precisión de los resultados y permite analizar

diferencias entre grupos, a la vez puede hacer que la logística sea más difícil y, potencialmente, inmanejable.

Para lograr un balance entre representatividad y complejidad, se propone definir categorías que capturen la heterogeneidad más relevante, priorizando aquellos factores que realmente afectan la variable de interés, y ajustando el tamaño de la muestra en cada categoría según su proporción en la población. Se propone:

CUADRO 6-5: DEFINICIÓN DE LA CATEGORIZACIÓN PARA DETERMINACIÓN DE LA MUESTRA

Categoría	Niveles
Lugar de residencia	SANT: Gran Santiago GVGC: Conurbaciones de Gran Valparaíso y Gran Concepción NOR: Otras ciudades del país, zona norte SUR: Otras ciudades del país, zona sur
Ingreso familiar mensual	ALTO MEDIO BAJO

Fuente: Elaboración propia.

En este contexto, para la **segmentación espacial** se sugiere agrupar zonas geográficas que sean similares en cuanto a disponibilidad de modos y niveles de servicio. Específicamente, el sistema de movilidad del Gran Santiago tiene características propias que ameritan una categoría particular. Asimismo, Gran Valparaíso y Gran Concepción tienen metro, buses y taxicolectivos dentro de su sistema de transporte público, y una población relativamente similar, por lo que se propone considerar cuotas en conjunto para dichas ciudades. El resto de las ciudades se agrupa en una tercera y cuarta categoría, con representatividad geográfica (norte del país y sur del país).

En cuanto al **ingreso**, los resultados de la Etapa 1 indican que la definición de los niveles de ingreso, alto y bajo, presentan el mejor ajuste estadístico en las muestras levantadas para la encuesta piloto.

6.4.3 Definición de Muestras Mínimas

De acuerdo a lo anterior, el mínimo número de encuestas válidas a realizar debiera ser alrededor de **4.400**, como se presenta en el siguiente cuadro.

CUADRO 6-6: MUESTRAS MÍNIMAS POR CATEGORÍA

Residencia	Ingreso	N° encuestas
SANT	ALTO	552
	BAJO	552
GVGC	ALTO	552
	BAJO	552
NOR	ALTO	552
	BAJO	552
SUR	ALTO	552
	BAJO	552
Total		4.416

Fuente: Elaboración propia.

En el caso que no se consideren los viajes en taxi colectivo la muestra mínima es la presentada en el siguiente cuadro. La muestra mínima sería de **3.400 encuestas** si bien por eventuales errores en el levantamiento se debería considerar del orden de un 20% adicional, por lo que **la muestra mínima recomendada es de 4.000 encuestas**.

CUADRO 6-7: MUESTRAS MÍNIMAS POR CATEGORÍA – SIN TAXICOLECTIVOS

Residencia	Ingreso	N° encuestas
SANT	ALTO	422
	BAJO	422
GVGC	ALTO	422
	BAJO	422
NOR	ALTO	422
	BAJO	422
SUR	ALTO	422
	BAJO	422
Total		3.376

Fuente: Elaboración propia.

A modo referencial, se presentan las cuotas levantadas en otros países.

CUADRO 6-8: ENCUESTAS PD VÁLIDAS LEVANTADAS EN ESTUDIOS INTERNACIONALES DE VALOR DEL TIEMPO

País	Encuestas enviadas	Tasa de acceso	Tasa de respuestas válidas	Tasa efectiva de respuesta	Encuestas válidas
Suiza (2002)	2.247	S/I	S/I	53%	1.191
Dinamarca (2005)	S/I	S/I	S/I	S/I	5.797
Suecia (2007 y 2008)	6.000	42%	59%	25%	1.477
Noruega (2007–2010)	47.000	S/I	S/I	20%	9.280
Holanda (2009)	44.320	40%	32%	13%	5.760
Alemania (2012)	15.438	30%	70%	21%	3.242
Reino Unido (2014–2015)	S/I	S/I	S/I	S/I	8.623
Noruega (2018–2020)	S/I	S/I	S/I	S/I	13.497

Fuente: Valor Social del Tiempo de Viaje en el Contexto del Sistema Nacional de Inversiones, Etapa 1 (MDS, 2021)

Se destaca en el cuadro anterior que las tasas de respuestas son aproximadamente 20%, lo que implica un intenso trabajo de terreno para la obtención de las muestras necesarias.

Por último, para efectos de representatividad de la población, se sugiere además establecer restricciones adicionales en términos de edad y género, para que estas sean en conjunto, consistentes con los datos censales.

6.4.4 Estimación de costos de levantamiento

La determinación del costo del levantamiento resulta bastante relativa ya que existen varias empresas con paneles de mayor o menor magnitud en el país. El criterio de cobro es variable pero responde a la mayor o menor complejidad del perfil requerido para el encuestado. En este caso, el requerimiento es por zona geográfica, nivel de ingreso y que realicen viajes en alguno de los modos de interés.

Dado que es probable que se requiera completar la muestra en algunos modos y servicios, se puede considerar como referencia el valor de una encuesta completa de este tipo que es de entre 6.000 a 10.000 pesos por encuesta, más gastos asociados a acceder al destino geográfico.

En relación al tiempo del levantamiento, nuevamente se debe considerar dos fases: una de levantamiento mediante panel, que debería ser de dos a tres semanas y luego la búsqueda de los potenciales encuestados para completar la muestra no lograda. Esto requiere un procesamiento y análisis de la muestra del panel (estimativamente cuatro semanas), luego la planificación del levantamiento en terreno (dos semanas) y el completar la muestra, lo que es variable y podría requerir hasta ocho semanas.

6.5 Manual de Capacitación a encuestadores

En términos estrictos no se considera el uso de encuestadores, ya que no se recomienda el uso de encuestas directas sino más bien una fase de reclutamiento de potenciales encuestados, para entregar un link que permita la respuesta de la encuesta.

Una de las opciones de reclutamiento es la del empleo de paneles de encuestados, a través de empresas de investigación de mercado que provean este servicio. En ese contexto, se incluye en anexo 6 un manual para facilitar la interacción en este caso.

Otra opción disponible es el reclutamiento mediante redes sociales, contacto directo y vía mensaje telefónico, en donde se propone un breve mensaje explicativo y el empleo de un código QR o un link para que el encuestado acceda directamente a responder la encuesta. Esta metodología debería utilizarse para completar los requerimientos de muestras

específicas, asociadas a modos determinados o en contextos geográficos donde el uso de paneles no resulte suficiente.

6.6 Estimación de modelos

La estimación de modelos tiene como principal objetivo obtener el VTV. Para esto es necesario que en la función de utilidad indirecta del modelo de elección se incorporen coeficientes asociados al tiempo de viaje y al costo. Luego, el VTV se podrá obtener si los coeficientes asociados a dichos parámetros resultan significativos y tienen ambos los signos negativos esperados de acuerdo con la teoría económica.

Estos modelos a estimar tienen que permitir generar estimaciones diferenciadas para el VTV sobre los segmentos o categorías definidos de interés para el estudio. Los segmentos de interés se obtienen de la segmentación propuesta, correspondiendo a modo utilizado, ingreso, distancia del viaje y propósito.

Una vez se realice el levantamiento, cumpliendo con los requisitos previos, la estimación del modelo debe seguir la línea establecida en la Etapa 2 del estudio. Esto es, generar modelos de elección discreta por modo, que consideren en sus coeficientes el rango de distancia del viaje y el propósito.

6.6.1 Generalidades

El enfoque metodológico para la estimación de modelos de elección discreta se basa en el análisis caso a caso del modelo que mejor represente el fenómeno bajo análisis. En una primera instancia no se puede asegurar cuál modelo generará los mejores resultados (congruencia con comportamiento, ajuste estadístico, significancia de parámetros, VTV), sino que será un resultado del estudio mismo la exploración de diferentes modelos.

De todas maneras, el objetivo de la modelación es representar correctamente los fenómenos conductuales que resultan en cada elección, lo que requiere del uso de modelos híbridos flexibles (Ben-Akiva et al., 2002) que puedan controlar por heterocedasticidad, endogeneidad y correlación, junto con proveer la oportunidad de incorporar heterogeneidad al análisis, ya sea mediante la estimación misma de parámetros, de las matrices de varianza y covarianza, o de efectos latentes.

Se sugiere que la estimación de modelos se realice de manera progresiva, es decir, se inicie con modelos simples y que estos se vayan complejizando a medida que los modelos más complejos aporten mayor información, eficiencia o ajuste estadístico al fenómeno estudiado. Esto es, inicialmente estimar modelos simples para con ellos verificar signos y significancia de los parámetros. En el caso del VTV, los modelos iniciales debieran incluir

solo el costo y el tiempo de viaje. La función de utilidad propuesta para cada alternativa es la siguiente:

$$U_i = cost_i \cdot \beta_{cost} + tt_i \cdot \beta_{tt} + asc_i$$

Donde,

β_x : Coeficiente del modelo de elección estimado para el parámetro “x”

tt_i : Tiempo de viaje de la alternativa i

$cost_i$: Costo del viaje de la alternativa i

asc_i : Constante de la alternativa i

Entonces, la estrategia de estimación de modelos debe considerar probar distintas especificaciones lineales y no lineales, siendo el mejor modelo elegido en base a indicadores de ajuste, test estadísticos y la interpretabilidad de los resultados. En particular, se sugieren los siguientes test de hipótesis y/o parámetros para la comparación de modelos.

- Test t: Se sugiere utilizar este test para evaluar si los coeficientes estimados son significativamente distintos de cero, bajo cierto nivel de significancia. Bajo la hipótesis nula de que un parámetro es igual a cero, un valor absoluto del estadístico t superior al umbral crítico (generalmente 1.96 para un 95% de confianza) permite rechazar dicha hipótesis, validando la inclusión del atributo asociado en la especificación final del modelo.
- Pseudo R-Cuadrado (ρ^2): Cada modelo estimado debe presentar su ρ^2 (rho-cuadrado) y su versión ajustada (ρ^2 ajustado), lo que permite evaluar la capacidad explicativa del modelo en comparación con un modelo de referencia (equirobable o solo con constantes). Mientras que el ρ^2 aumenta con la adición de cualquier variable, el ρ^2 ajustado incorpora una penalización por el número de grados de libertad, proporcionando una medida más robusta de la mejora en el ajuste.
- Criterios de Información (AIC y BICE). El Criterio de Información de Akaike (AIC) y el Criterio de Información Bayesiano (BIC) tiene la utilidad de comparar modelos no anidados. Estos indicadores penalizan la verosimilitud logarítmica por el número de parámetros, favoreciendo modelos más parsimoniosos y evitando el sobreajuste. Un valor menor de AIC y BIC indica un mejor equilibrio entre bondad de ajuste y complejidad del modelo.

Algunas consideraciones de modelación para probar al momento podrían ser las siguientes:

- **Estructura del error**

La teoría clásica de modelos de elección discreta considera un término de error que es independiente de la componente determinística de la función de utilidad. Si bien este supuesto es válido en muchos casos, no es necesariamente cierto en algunas circunstancias. Una alternativa es considerar, en vez de una estructura aditiva del error, una estructura multiplicativa. La ventaja de este enfoque es que permite manejar, de

manera más sencilla, el supuesto de una varianza constante del error (Fosgerau and Bierlaire, 2009), representando el estado del arte en esta materia.

Al estimar un modelo logit multinomial (MNL) bajo esta premisa, el término de error no solo captura la componente aleatoria del modelo (ruido) sino que también la potencial heterogeneidad en los parámetros.

- **Heterogeneidad**

Los modelos a probar deben considerar tanto heterogeneidad determinística como heterogeneidad aleatoria. El primer caso corresponde a la estimación de parámetros diferenciados por alguna variable conocida (por ejemplo, estimar el parámetro asociado al costo de manera diferenciada por género, usando el nivel “femenino” como base para la comparación). En el segundo caso se estima la media y la desviación estándar asociadas a un parámetro, de modo de verificar si es mejor representar ese parámetro como un valor promedio de la población o si este parámetro queda mejor representado con una distribución (por ejemplo normal $N(\mu, \sigma)$).

La heterogeneidad se tiene que estudiar con las variables asociadas a los segmentos y categorías sugeridas en el estudio. Esto no debe ser rígido, sino que se deben probar múltiples especificaciones.

- **Efecto Panel**

El estudio considera la aplicación de diversos escenarios de elección PD a cada usuario, lo cual permite reducir los costos de recolección de datos, pero implica necesariamente que exista algún tipo de correlación entre las diferentes respuestas dadas por un mismo individuo. Dar cuenta de esta estructura de pseudo-panel ofrece la oportunidad de mejorar la eficiencia de los estimadores, y la vez dar cuenta de heterogeneidad entre individuos y variaciones sistemáticas de gustos. Se sugiere abordar este tema utilizando el enfoque propuesto por Hess and Train (2011).

- **Asimetrías y no-linealidad**

Es común en la literatura encontrar que los VTV dependen de potenciales asimetrías y no-linealidades entre el tiempo y el costo, con respecto a un valor referencial. Para incorporar estos efectos, se sugiere testear los conceptos de ganancias y pérdidas (similar a De Borger y Fosgerau, 2008) en la modelación.

Para el caso de la no linealidad en los parámetros, se sugiere implementar coeficientes para el parámetro del tiempo de viaje según rangos de tiempo de viaje experimentados por los individuos y testear si existen diferencias en los coeficientes estimados.

- **Comportamiento lexicográfico**

Cuando el encuestado evalúa siempre las alternativas en función del mismo atributo (o subconjunto de atributos), está mostrando un comportamiento lexicográfico. Esto genera un problema para la modelación, ya que estos encuestados solo proporcionan información sobre el límite inferior o superior de su relación tiempo-costo, mientras que los modelos que se utilizan suponen encuestados que maximizan la utilidad (que realizan un intercambio, es decir, tienen un comportamiento compensatorio).

- **Fuentes de información**

En el caso en que se tengan fuentes de información distintas (interceptación, panel, redes sociales u otras) se recomienda utilizar un factor de escala diferenciado para cada una de estas, fijando una de las fuentes en el valor 1. Esto sustentado en que para los modos auto, y transporte público se detectaron diferencias significativas en los parámetros de escala asociados a la fuente de información, así como también es recomendado en la literatura.

6.6.2 FUIC preliminar

En el estudio “Valor Social del Tiempo de Viaje en el Contexto del Sistema Nacional de Inversiones, Etapa 2” se obtuvieron modelos con formas funcionales para la FUIC para viajes de corta. **Cabe destacar que las formas funcionales señaladas no son definitivas**, dado que el estudio fue de carácter piloto. Es decir, el equipo encargado de la modelación del estudio a escala nacional podría cambiar las especificaciones de la FUIC. Se sugiere considerar las FUIC presentadas como una referencia o guía y no como la versión definitiva.

Por otro lado, no se incorporan experimentos para modos activos (caminata y bicicleta) debido a los resultados de la Etapa 2. En ella se evidenció la dificultad que tienen estos viajes para asociar un costo que sea interiorizado por las personas encuestadas.

FUIC del modo auto

La función de utilidad indirecta condicional especificada para el modo auto corresponde a una estructura de Logit Mixto, en la cual se modeló la utilidad del modo auto a través de una función que incorpora heterogeneidad observada e inobservada en las preferencias de los individuos. La utilidad se compone de términos asociados al costo y al tiempo de viaje, cuyos coeficientes base (β_{cost} y β_{tt}) son modificados por interacciones con características sociodemográficas y del viaje, como el propósito del viaje (habitual o no habitual), el nivel de ingresos (bajo, medio o alto), el género femenino y la distancia de viaje (categorías $d2$ y $d3$). Adicionalmente, se incluyen indicadores δ_{cost} y δ_{tt} que permiten capturar si el encuestado declaró haber considerado efectivamente dichos atributos al momento de elegir, lo que introduce un filtro perceptual en la formación de la utilidad.

La constante (asc) se especifica como aleatoria, asumiendo una estructura de correlación por panel a través de draws de Halton que emulan distribuciones normales para cada alternativa, aunque para lograr identificabilidad del modelo es necesario normalizar una de ellas a cero.

Finalmente, se incorpora un factor de escala μ_{fi} que depende de la fuente de información de donde se obtuvieron las respuestas del individuo, lo que permite ajustar la varianza de la utilidad entre distintos grupos según la procedencia de los datos o el contexto informativo en que se tomaron las decisiones.

$$U = \mu_{fi} \cdot (cost \cdot (\beta_{cost} + \beta_{hab} \cdot \delta_{hab} + \beta_{no-hab} \cdot \delta_{no-hab} + \beta_{li} \cdot \delta_{li} + \beta_{mi} \cdot \delta_{mi} + \beta_{hi} \cdot \delta_{hi}) \cdot \delta_{cost} + tt \cdot (\beta_{tt} + \beta_{d2} \cdot \delta_{d2} + \beta_{d3} \cdot \delta_{d3} + \beta_{fem} \cdot \delta_{fem}) \cdot \delta_{tt} + sdt \cdot \beta_{sdt} \cdot \delta_{tt} + asc)$$

Donde:

β_x : Coeficiente asociado al parámetro “x” en el modelo.

tt : Tiempo de viaje [min]

sdt : Desviación del tiempo de viaje [min]

$cost$: Costo del viaje [\$]

μ_{fi} : Factor de escala para la fuente de información “fi”

δ_{hab} : Indicatriz que vale 1 cuando el encuestado viaja con propósito “habitual”

δ_{no-hab} : Indicatriz que vale 1 cuando el encuestado viaja con propósito “no habitual”

δ_{fem} : Indicatriz que vale 1 cuando el encuestado declara ser de género femenino.

δ_{li} : Indicatriz que vale 1 cuando el encuestado presenta nivel de ingreso bajo.

δ_{mi} : Indicatriz que vale 1 cuando el encuestado presenta nivel de ingreso medio.

δ_{hi} : Indicatriz que vale 1 cuando el encuestado presenta nivel de ingreso alto.

δ_{d2} : Indicatriz que vale 1 cuando el viaje corresponde a categoría distancia 2 (3-15 km).

δ_{d3} : Indicatriz que vale 1 cuando el viaje corresponde a categoría distancia 3 (15-40 km).

$\delta_{cost}, \delta_{tt}$: Indicatrices que valen 1 cuando el encuestado declara haber considerado el atributo en sus elecciones.

asc : Constante estimada como variable aleatoria. $asc_1 = cte_1 + \sigma_{panel} \cdot d_{N_1}$ y $asc_2 = cte_2 + \sigma_{panel} \cdot d_{N_2}$. En este caso, d_{N_x} corresponde a la secuencia de Halton utilizada para emular la distribución normal de la opción “x”. Para estimar esto correctamente se debe fijar una opción en cero, por ejemplo, $asc_1 = 0$.

FUIC modo transporte público

La función de utilidad indirecta condicional especificada para el modo de transporte público corresponde a una estructura de Logit Mixto que buscaba capturar la heterogeneidad en las preferencias de los individuos a través de múltiples interacciones entre atributos del servicio y características socioeconómicas, del viaje y de la fuente de información.

En primer lugar, el costo del viaje presenta un coeficiente base β_{cost} que es modulado por el propósito del viaje (habitual o por trabajo), el nivel de ingresos (medio o alto) y la fuente

de información (panel o interceptación/redes sociales), todos incorporados mediante variables indicadoras que interactúan multiplicativamente. De manera análoga, el tiempo de viaje (tt) interactúa con el género femenino, las categorías de distancia d_2 y d_3 , y nuevamente con las fuentes de información, lo que permite que la sensibilidad al tiempo varíe sistemáticamente entre grupos.

Un aspecto distintivo de esta especificación es la inclusión del nivel de hacinamiento (hac), modelado a través de seis coeficientes β_{hac_x} asociados a cada uno de los niveles del atributo, los cuales solo son activados si el encuestado declara haber considerado el hacinamiento en sus elecciones (δ_{hac}). Adicionalmente, se incorpora el tiempo de espera (wt) como un atributo relevante para el transporte público, junto con su respectiva indicadora de consideración δ_{wt} .

Al igual que en el modelo anterior, la constante (asc) se especifica como aleatoria con estructura de panel mediante draws de Halton para cada alternativa, requiriendo la normalización de una de ellas a cero para garantizar la identificabilidad del modelo.

En conjunto, esta formulación permite capturar efectos de heterogeneidad observada a través de interacciones por propósito, ingresos, género, distancia y fuente de información, así como heterogeneidad no observada mediante la constante aleatoria y los coeficientes diferenciados según la consideración declarada de cada atributo.

$$U = cost \cdot (\beta_{cost} + \beta_{work} \cdot \delta_{work} + \beta_{forw} \cdot \delta_{forw} + \beta_{mi} \cdot \delta_{mi} + \beta_{hi} \cdot \delta_{hi} + \beta_{panel-c} \cdot \delta_{panel} + \beta_{iu-c} \cdot \delta_{iu}) \cdot \delta_{cost} +$$

$$tt \cdot (\beta_{tt} + \beta_{fem} \cdot \delta_{fem} + \beta_{d2} \cdot \delta_{d2} + \beta_{d3} \cdot \delta_{d3} + \beta_{panel-t} \cdot \delta_{panel} + \beta_{iu-t} \cdot \delta_{iu}) \cdot \delta_{tt}$$

$$+ \sum_{x \in [1,6]} \beta_{hac_x} \cdot \delta_x \cdot \delta_{hac} + wt \cdot \beta_{wt} \cdot \delta_{wt} + asc$$

Donde:

β_x : Coeficiente asociado al parámetro “x” en el modelo.

tt : Tiempo de viaje [min]

sdt : Desviación del tiempo de viaje [min]

wt : Tiempo de espera [min]

$cost$: Costo del viaje [\$]

hac : Nivel de hacinamiento entre 1 y 4.

δ_{work} : Indicatriz que vale 1 cuando el encuestado viaja con propósito “habitual”

$\delta_{forwork}$: Indicatriz que vale 1 cuando el encuestado viaja con propósito “por trabajo”

δ_{li} : Indicatriz que vale 1 cuando el encuestado presenta nivel de ingreso bajo.

δ_{mi} : Indicatriz que vale 1 cuando el encuestado presenta nivel de ingreso medio.

δ_{hi} : Indicatriz que vale 1 cuando el encuestado presenta nivel de ingreso alto.

δ_{d2} : Indicatriz que vale 1 cuando el viaje corresponde a categoría distancia 2 (3-15 km).

δ_{d3} : Indicatriz que vale 1 cuando el viaje corresponde a categoría distancia 3 (15-40 km).

δ_{fem} : Indicatriz que vale 1 cuando el encuestado declara ser de género femenino.

$\delta_{cost}, \delta_{tt}, \delta_{wt}, \delta_{hac}$: Indicatriz que vale 1 cuando el encuestado declara haber considerado el atributo en sus elecciones.

asc : Constante estimada como variable aleatoria. $asc_1 = cte_1 + \sigma_{panel} \cdot d_{N_1}$ y $asc_2 = cte_2 + \sigma_{panel} \cdot d_{N_2}$. En este caso, d_{N_x} corresponde a la secuencia de Halton utilizada para emular la distribución normal de la opción “x”. Para estimar esto correctamente se debe fijar una opción en cero, por ejemplo, $asc_1 = 0$.

Los subíndices “panel – c”, “panel – t”, “iu – c”, “iu – t” están referidos a las fuentes de información, donde panel son las encuestas obtenidas a partir del panel e “iu” involucra a la información obtenida de interceptación, redes sociales y otras.

FUIC modo taxicolectivo y taxi⁸

La función de utilidad indirecta condicional especificada para los modos taxicolectivo y taxi también presenta una estructura de Logit Mixto que modela las preferencias de los individuos a través de interacciones entre atributos del servicio y características sociodemográficas y del viaje, aunque con una menor complejidad en comparación con los modos anteriores al no incluir efectos por fuente de información ni términos de heterogeneidad no observada en la constante. Esto principalmente por la muestra obtenida.

$$U = cost \cdot (\beta_{cost} + \beta_{work} \cdot \delta_{work} + \beta_{forw} \cdot \delta_{forw} + \beta_{mi} \cdot \delta_{mi} + \beta_{hi} \cdot \delta_{hi}) \cdot \delta_{cost} + \\ tt \cdot (\beta_{tt} + \beta_{fem} \cdot \delta_{fem} + \beta_{d2} \cdot \delta_{d2} + \beta_{d3} \cdot \delta_{d3}) \cdot \delta_{tt} \\ + wt \cdot \beta_{wt} \cdot \delta_{wt} + at \cdot \beta_{at} \cdot \delta_{at} + cte$$

Donde:

tt : Tiempo de viaje [min]

sdt : Desviación del tiempo de viaje [min]

wt : Tiempo de espera [min]

at : Tiempo de caminata [min]

$cost$: Costo del viaje [\$]

δ_{work} : Indicatriz que vale 1 cuando el encuestado viaja con propósito “habitual”

$\delta_{forwork}$: Indicatriz que vale 1 cuando el encuestado viaja con propósito “por trabajo”

δ_{li} : Indicatriz que vale 1 cuando el encuestado presenta nivel de ingreso bajo.

δ_{mi} : Indicatriz que vale 1 cuando el encuestado presenta nivel de ingreso medio.

δ_{hi} : Indicatriz que vale 1 cuando el encuestado presenta nivel de ingreso alto.

δ_{d2} : Indicatriz que vale 1 cuando el viaje corresponde a categoría distancia 2 (3-15 km).

δ_{d3} : Indicatriz que vale 1 cuando el viaje corresponde a categoría distancia 3 (15-40 km).

δ_{fem} : Indicatriz que vale 1 cuando el encuestado declara ser de género femenino.

⁸ Forma funcional aplica para taxi y para taxicolectivo

$\delta_{cost}, \delta_{tt}, \delta_{wt}, \delta_{at}$: Indicatriz que vale 1 cuando el encuestado declara haber considerado la variable en sus elecciones.

cte : Constante para cada alternativa, estimada como valor único representando el promedio de la muestra.

6.6.3 Exploración clases latentes

En otro aspecto, se recomienda la implementación o exploración de modelos con variables latentes. Esto debido a la capacidad de capturar las variables subyacentes no observables y tener en cuenta la heterogeneidad en las preferencias de los individuos. Al incorporar variables latentes, el modelo puede mejorar su precisión y capacidad predictiva sobre el valor del tiempo, entre otros aspectos. Esto requiere tener una alta cantidad de respuestas y suficiente varianza en las preguntas con las cuales se planea generar dichas variables, lo cual no se alcanzó en el estudio VST Etapa 2.

6.6.4 Otras consideraciones

En cuanto a la robustez de la información levantada, se recomienda eliminar de la muestra a las siguientes:

- Encuestas donde los individuos declaren no entender los experimentos de preferencias declaradas
- Encuestas donde los individuos declaren tiempos de viaje no razonables para determinado un par origen-destino.

Además, se recomienda realizar un análisis sobre las elecciones con comportamiento lexicográfico o para aquellas personas que realizan elecciones en base a un único atributo. Por ejemplo, identificar a aquellos individuos que solo eligen la opción más barata o más rápida.

6.6.5 Estimación del VTV

En cuanto a la estimación del valor del tiempo con este modelo se sugiere utilizar la siguiente ecuación (su desarrollo puede variar dependiendo del modelo final).

$$VT = \frac{\frac{\partial U}{\partial tt}}{\frac{\partial U}{\partial cost}} = \frac{\beta_{tt}}{\beta_{cost}}$$

La ecuación anterior representa un valor promedio del valor del tiempo y corresponde a un valor puntual. Para calcular el intervalo de confianza del valor del tiempo se propone calcular el error estándar para la razón de dos variables como se recomienda en Daly et al. (2012). Esta es una forma simple, transparente y que se obtiene de una aproximación de Taylor. Esta se presenta a continuación:

$$var\left(\frac{\beta_1}{\beta_2}\right) = \left(\frac{\beta_1}{\beta_2}\right)^2 \cdot \left(\frac{\omega_{11}}{\beta_1^2} + \frac{\omega_{22}}{\beta_2^2} - 2 \cdot \frac{\omega_{12}}{\beta_1\beta_2}\right)$$

Donde:

β_1 : Parámetro estimado para el atributo 1.

β_2 : Parámetro estimado para el atributo 2.

ω_{11} : Varianza de β_1

ω_{22} : Varianza de β_2

ω_{12} : Covarianza entre β_1 y β_2

7. Tarea 6: Diseño definitivo y Conclusiones

7.1 Diseño final

En el anexo 10 se incluyen los diseños experimentales y las encuestas en formato de Survey Engine. La propuesta recoge las recomendaciones de análisis cognitivo y modificaciones presentadas en los puntos anteriores.

7.2 Recomendaciones

La metodología recomendada para el levantamiento de datos a escala nacional se estructura a partir de los aprendizajes y análisis cognitivos previos, definiendo lineamientos específicos en cuanto a herramientas, entornos, muestreo y protocolos de calidad:

1. Software y Herramienta de Encuesta: Se recomienda utilizar el software Survey Engine mediante la adquisición de una licencia Global Compliance. Esta plataforma se ajusta a las necesidades del estudio porque permite generar experimentos dinámicos con consultas "pivotadas" (adaptadas en tiempo real al viaje declarado por el usuario), soporta diseños experimentales complejos de forma visualmente flexible, y facilita la integración con programas econométricos como NGENE y Apollo.

2. Formato y Presentación Visual: Los cuestionarios deben aplicar principios de accesibilidad cognitiva:

- Utilizar colores de alto contraste y presentar la información de forma directa (por ejemplo, omitiendo gráficos de barras que exigen cálculos mentales para deducir los tiempos).
- En el caso del transporte público, emplear imágenes frontales de los vagones o buses que permitan identificar sin ambigüedad los diferentes niveles de hacinamiento.
- Antes del lanzamiento, aplicar un protocolo técnico de aseguramiento de calidad (QA) para garantizar que las imágenes y recursos visuales se carguen de manera óptima en distintos dispositivos móviles, sistemas operativos y anchos de banda.

3. Entorno y Modalidad de Levantamiento: Para que los encuestados utilicen adecuadamente sus recursos cognitivos y evalúen múltiples variables simultáneamente (como precio, tiempo y comodidad), es fundamental realizar las encuestas en espacios de baja distracción.

- Se desaconseja la interceptación directa en la vía pública (como paraderos, centros de transferencia modal o en ruta), ya que las distracciones degradan severamente la calidad de la respuesta.

- La modalidad principal debe ser a través de paneles de encuestados en línea proporcionados por empresas de investigación de mercado, o bien usar contacto directo y redes sociales para enviar un código QR o enlace, de modo que la persona responda cuando se encuentre en un ambiente controlado.

4. Segmentación y Diseño de la Muestra: El levantamiento requiere capturar un mínimo de entre 4.000 y 4.400 encuestas válidas, habiéndose sugerido excluir los viajes en taxi colectivo para optimizar recursos debido a su dificultad logística. Las cuotas deben estructurarse de la siguiente manera:

- Variables de viaje (Segmentos): Se dividirán según modo de transporte (transporte público, auto particular, taxi/aplicación, bus interurbano), rangos de distancia o tiempo de viaje, y propósito del desplazamiento (habitual o no habitual).
- Variables sociodemográficas (Categorías): Para asegurar la representatividad nacional, la muestra se distribuirá por lugar de residencia (Gran Santiago, conurbaciones de Valparaíso/Concepción, zona norte y zona sur) y por nivel de ingresos (alto, medio y bajo).

5. Validaciones y Protocolos de Calidad de Datos: Durante el levantamiento mediante paneles y dispositivos en línea, se recomienda implementar los siguientes mecanismos técnicos:

- Control de tiempo de respuesta (Speeders): Se considera invalidar las respuestas mecánicas o hechas sin reflexión estableciendo tiempos mínimos. Un usuario será descartado si responde la primera tarjeta de opciones en menos de 30 segundos, las tarjetas siguientes en menos de 10 segundos, o si completa toda la encuesta en menos de 4 minutos.
- Dashboards de control: Se recomienda aprovechar los tableros de control en tiempo real del software para monitorear el cumplimiento de cuotas sociodemográficas, rastrear en qué pantallas se producen los abandonos, y visualizar las encuestas marcadas por los filtros lógicos antes de pasarlas a la base final.

7.3 Conclusiones

Las principales conclusiones del estudio, derivadas de las pruebas cognitivas y de factibilidad tecnológica para la estimación del Valor del Tiempo de Viaje (VTV), establecen los siguientes puntos clave para el levantamiento de datos a nivel nacional:

Reducción de la carga cognitiva en los cuestionarios: El análisis cognitivo demostró que los diseños visuales complejos, como el uso de gráficos de barras para evaluar la variabilidad del tiempo, obligaban a los encuestados a realizar cálculos mentales adicionales (por ejemplo, deducir tiempos promedio) que inducían a errores en sus decisiones. Como conclusión, la información debe presentarse de forma directa y explícita utilizando valores fáciles de calcular y paletas de alto contraste. Asimismo, para evaluar la calidad del

transporte público, se concluyó que el uso de imágenes frontales es la forma más efectiva de representar el hacinamiento, reduciendo las opciones de seis a cuatro niveles, ya que se comprobó que los usuarios no valoran diferencias estadísticamente significativas entre los niveles más bajos o entre ciertos niveles altos de ocupación.

Impacto negativo de las distracciones en el proceso de decisión: Una conclusión crítica obtenida durante los pilotajes del análisis cognitivo es que el entorno de aplicación afecta profundamente el nivel de razonamiento de los encuestados. Las aplicaciones realizadas en la vía pública (como en paraderos de buses) mostraron que los distractores externos obligan a las personas a dividir su atención, provocando que decidan basándose en un único atributo (solo el precio o solo el tiempo). Por ello, se concluye que el levantamiento de datos no debe hacerse mediante interceptación en las calles, sino en espacios de baja distracción (como hogares u oficinas mediante paneles web), lo que permite a los encuestados reflexionar y sopesar adecuadamente múltiples atributos a la vez.

Elección de software: Tras evaluar diferentes softwares, se concluye que Survey Engine (en su versión de licencia Global Compliance) es la herramienta idónea para el estudio nacional. Aunque la alternativa sugerida en las bases (Survey Solutions) es robusta, gratuita y permite trabajo sin conexión a internet, posee una gran rigidez gráfica que impide personalizar visualmente los experimentos de Preferencias Declaradas. Survey Engine fue seleccionado porque permite generar escenarios "pivotados" (experimentos que calculan y adaptan sus opciones en tiempo real basándose en el viaje previo declarado por el usuario) y porque cuenta con una integración nativa con programas de diseño econométrico como NGENE y Apollo.

Optimización del diseño muestral: Para asegurar la validez econométrica y la representatividad nacional, el levantamiento requerirá un mínimo recomendado de 4.000 encuestas válidas. Se concluye que la estratificación de la muestra debe basarse en el lugar de residencia (agrupado en Gran Santiago, conurbaciones de Valparaíso/Concepción, Norte y Sur del país) y el nivel de ingresos del individuo, ya que son los factores determinantes en la disposición a pagar por el ahorro de tiempo. Adicionalmente, se determinó que es preferible excluir la medición de viajes en taxi colectivo, dado que el volumen de muestra requerido y la dificultad logística de encontrar estos viajes específicos encarecerían innecesariamente el proceso.

8. Bibliografía

Adeoye-Olatunde, O. A., & Olenik, N. L. (2021). Research and scholarly methods: Semi-structured interviews. *Journal of the american college of clinical pharmacy*, 4(10), 1358-1367.

Allen, R. J., Atkinson, A. L., & Hitch, G. J. (2024). Getting value out of working memory through strategic prioritisation; implications for storage and control. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*.

Ben-Akiva, Moshe & Walker, Joan & Bernardino, Adriana & Gopinath, Dinesh & Morikawa, Taka & Polydoropoulou, Amalia. (2002). Integration of Choice and Latent Variable Models. Perpetual Motion: Travel Behaviour Research Opportunities and Application Challenges.

Brown, J. D. (1996). *Testing in language programs*. Upper Saddle River, NJ: Prentice Hall Regents.

Carr, Weir, Azar y Azar, (2013) Universal Design: A Step toward Successful Aging. *Journal of Aging Research*, 2013, 1-8.

Collins D. Pretesting survey instruments: an overview of cognitive methods. *Qual Life Res*. 2003 May;12(3):229-38

Cortés, Ferreira y Arias (2021) Fundamentos del diseño universal para el aprendizaje desde la perspectiva internacional. *Rev. Bras. Ed. Esp.*, Bauru, 27, 269-284

Cowan N. The Magical Mystery Four: How is Working Memory Capacity Limited, and Why? *Curr Dir Psychol Sci*. 2010 Feb 1;19(1):51-57.

De Borger, B., M. Fosgerau (2008) The trade-off between money and travel time: A test of the theory of reference-dependent preferences, *Journal of Urban Economics*, Volume 64, Issue 1, 2008, Pages 101-115,

Diamond, A. (2013). Executive functions. *Annu. Rev. Psychol.* 64, 135–168.

Eccles, D. W., & Arsal, G. (2017). The think aloud method: what is it and how do I use it?. *Qualitative Research in Sport, Exercise and Health*, 9(4), 514-531.

Echeita, G., & Sala-Bars, I. (2012). Universal Design. Concept and Developments in Higher Education. *Revista de Educación*, 359, 413-430.

M. Fosgerau, M. Bierlaire (2009) Discrete choice models with multiplicative error terms. *Transportation Research Part B: Methodological*, Volume 43, Issue 5, 2009, Pages 494-505,

Haeger, H., Lambert, A. D., Kinzie, J., & Gieser, J. (2012, June). Using cognitive interviews to improve survey instruments. *Association for Institutional Research Annual Forum*.

Hess, S., Daly, A., Dekker, T., Cabral, M. O., & Batley, R. (2017). A framework for capturing heterogeneity, heteroskedasticity, nonlinearity, reference dependence and design artefacts in value of time research. *Transportation Research Part B: Methodological*, 96, 126-149

Hess, S. & Train, K.E. (2011), Recovery of inter- and intra-personal heterogeneity using mixed logit models, *Transportation Research Part B* 45(7), pp. 973-990

Larsen y Sunde (2008) Waiting time and the role and value of information in scheduled transport. *Research in Transportation Economics*, 23, 41 – 52.

Mark, G., Iqbal, S. and Czerwinski, M. (2017). How blocking distractions affects workplace focus and productivity. In *Proceedings of the 2017 ACM International Joint Conference on Pervasive and Ubiquitous Computing and Proceedings of the 2017 ACM International Symposium on Wearable Computers (UbiComp '17)*. Association for Computing Machinery, New York, NY, USA, 928–934. <https://doi.org/10.1145/3123024.3124558>

Murdock, B. B. (1962). The serial position effect of free recall. *Journal of Experimental Psychology*, 64(5), 482–488.

Murji, A., Luketic, L., Sobel, M.L., Kulasegaram, K., Leyland, N., & Posner, G. (2016) Evaluating the effect of distractions in the operating room on clinical decision-making and patient safety. *Surg Endosc* 30, 4499–4504. <https://doi.org/10.1007/s00464-016-4782-4>

Padilla JL, Benítez I. Validity evidence based on response processes. *Psicothema*. 2014;26(1):136-44. doi: 10.7334/psicothema2013.259. PMID: 24444741.

Pérez-Juárez, M. Á., González-Ortega, D., & Aguiar-Pérez, J. M. (2023). Digital Distractions from the Point of View of Higher Education Students. *Sustainability*, 15(7), 6044. <https://doi.org/10.3390/su15076044>

Persson, H., Åhman, H., Yngling, A.A. et al. Universal design, inclusive design, accessible design, design for all: different concepts—one goal? On the concept of accessibility—historical, methodological and philosophical aspects. *Univ Access Inf Soc* 14, 505–526 (2015). <https://doi.org/10.1007/s10209-014-0358-z>.

Rosas, R., Tenorio, M., Pizarro, M., Cumsille, P., Bosch, A., Arancibia, S., Carmona-Halty, M., Pérez-Salas, C., Pino, E., Vizcarra, B., y Zapata-Sepúlveda, P. (2014). Estandarización de la

Escala Wechsler de Inteligencia Para Adultos: Cuarta Edición en Chile. *Psykhé* (Santiago), 23(1), 1-18. <https://dx.doi.org/10.7764/psykhe.23.1.529>

Rubínová, E., & Price, H. L. (2024). Primacy (and recency) effects in delayed recognition of items from instances of repeated events. *Memory*, 32(5), 627–645.

Schwarz, N. (2007), Cognitive aspects of survey methodology. *Appl. Cognit. Psychol.*, 21: 277-287.

Sevdalis, N., Undre, S., McDermott, J. Giddie, J., Smith, G. (2014) Impact of Intraoperative Distractions on Patient Safety: A Prospective Descriptive Study Using Validated Instruments. *World J Surg* 38, 751–758. <https://doi.org/10.1007/s00268-013-2315-z>

Shelat, S., Oded, C. y van Lint, J. (2021) Quantifying travellers' evaluation of waiting time uncertainty in public transport networks. *Travel Behaviour and Society*, 25, 209 – 222.

Tourangeau, R. (2018). The survey response process from a cognitive viewpoint. *Quality Assurance in Education*, 26(2), 169-181

Wardman, M. (2001) A review of British evidence on time and service quality valuations. *Transportation Research Part E*, 37, 107 – 128.

Willis, G.B., Royston, P. and Bercini, D. (1991), The use of verbal report methods in the development and testing of survey questionnaires. *Appl. Cognit. Psychol.*, 5: 251-267

Zureick, A.H., Burk-Rafel, J., Purkiss, J.A. and Hortsch, M. (2018), The interrupted learner: How distractions during live and video lectures influence learning outcomes. *American Association of Anatomists*, 11: 366-376. <https://doi.org/10.1002/ase.1754>