



CIS TRANSPORTE SERVICIOS PROFESIONALES LTDA.

JUNIO 2026

INFORME EJECUTIVO



**ESTUDIO ESTIMACIÓN DEL VALOR DE LA VIDA
ESTADÍSTICA Y COSTO SOCIAL DE LESIONES EN EL
CONTEXTO DE SINIESTRALIDAD DE TRÁNSITO, ETAPA 2**
SUBSECRETARÍA DE EVALUACIÓN SOCIAL - MINISTERIO DE DESARROLLO
SOCIAL Y FAMILIA

ÍNDICE

1	INTRODUCCIÓN.....	5
1.1	Objetivos del Estudio.....	5
1.1.1	Objetivo General.....	5
1.1.2	Objetivos Específicos.....	5
1.2	Tareas del Estudio	6
2	ANÁLISIS DE ANTECEDENTES Y MARCO TEÓRICO	8
2.1	Enfoque Metodológico	8
2.2	Estudios Nacionales e Internacionales	8
2.3	Diseño y Análisis Cognitivo	9
2.4	Revisión de Metodologías Sectoriales en Chile	9
3	DESARROLLO DE FOCUS GROUP	9
4	DISEÑO DE INSTRUMENTOS.....	11
5	RESULTADOS DEL ANÁLISIS COGNITIVO	13
6	ANÁLISIS DE SOFTWARE PARA LEVANTAMIENTO.....	14
7	LEVANTAMIENTO PILOTO	15
7.1	Planificación del Levantamiento Piloto	15
7.2	Estructura del Cuestionario	16
7.3	Desarrollo del Levantamiento y Muestra	17
7.4	Resultados del Experimento PD	18
8	MODELACIÓN ECONÓMICA	19
8.1	Modelos Iniciales y Validación del Instrumento	19
8.2	Heterogeneidad en el Comportamiento de Elección	19
8.3	El Problema de los "Números Pequeños"	20
8.4	Resultados de Valoración (VST, VVE y CSL).....	20
9	DISEÑO DEFINITIVO DE INSTRUMENTOS	20

9.1	Aprendizajes de la Experiencia Piloto	20
9.2	Ajuste de Parámetros y Diseño Experimental	21
10	METODOLOGÍA DE LEVANTAMIENTO DE DATOS Y LOGÍSTICA	22
10.1	Definición del Enfoque de Levantamiento y Rutas	22
10.2	Segmentación, Categorización y Tamaño Muestral	22
10.3	Logística, Costos y Software	23
10.4	Levantamientos Complementarios	24
11	CONCLUSIONES	24
12	LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN	26

GLOSARIO DE ABREVIATURAS

ADT	Accidentes de Tránsito
CASEN	Encuesta de Caracterización Socioeconómica Nacional
CSL	Costo Social de Lesiones
DAP	Disposición a Pagar
EOD	Encuesta Origen Destino de Viajes
EE	Experimento de Elección
FUIC	Función de Utilidad Indirecta Condicional
INE	Instituto Nacional de Estadísticas
JAC	Junta Aeronáutica Civil
MDSF	Ministerio de Desarrollo Social y Familia
MNL	Logit Multinomial
MTT	Ministerio de Transportes y Telecomunicaciones
NSE	Nivel Socio-Económico
PD	Preferencias Declaradas
PR	Preferencias Reveladas
PIB	Producto Interno Bruto
SECTRA-MTT	Programa de Vialidad y Transporte Urbano del MTT
SNI	Sistema Nacional de Inversiones
TMDA	Tránsito Medio Diario Anual
UF	Unidad de Fomento
VC	Valoración Contingente
VTV	Valor del Tiempo de Viaje
VVE	Valor de la Vida Estadística

1 Introducción

El presente documento corresponde al informe ejecutivo del “**Estudio Estimación del Valor de la Vida Estadística y Costo Social de Lesiones en el Contexto de Siniestralidad de Tránsito, Etapa 2**”, licitado públicamente por la Subsecretaría de Evaluación Social del Ministerio de Desarrollo Social y Familia (MDSF) y adjudicado en noviembre de 2024 a la empresa CIS Transporte Servicios Profesionales Limitada.

1.1 Objetivos del Estudio

1.1.1 *Objetivo General*

De acuerdo a lo establecido en las Bases Técnicas, el objetivo del estudio es “desarrollar, validar y pilotar instrumentos de recolección de información que permitan estimar el Valor de la Vida Estadística (VVE) y el Costo Social de Lesiones (CSL) asociados a siniestralidad de tránsito mediante un enfoque de Disposición a Pagar, en el contexto del Sistema Nacional de Inversiones (SNI).”

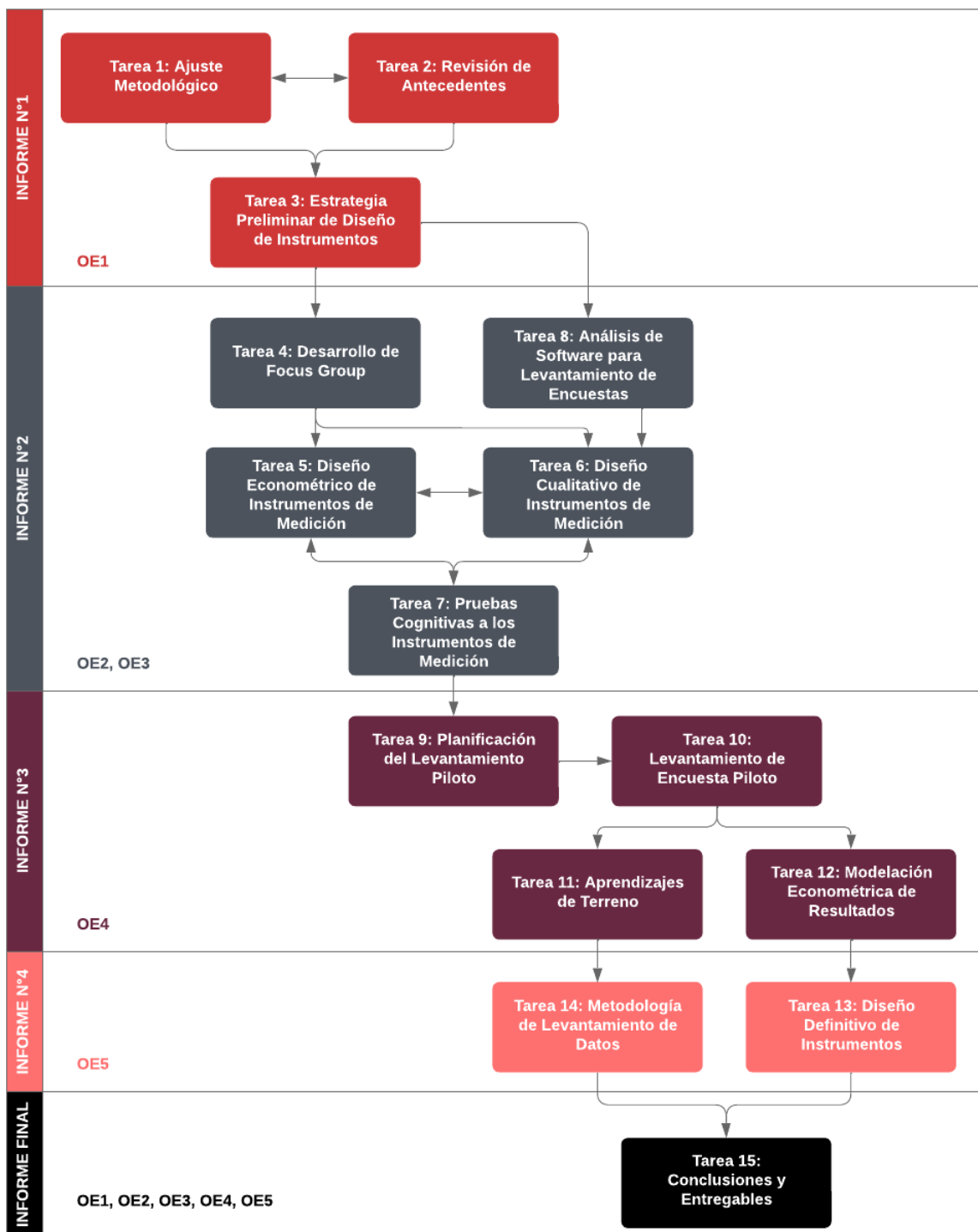
1.1.2 *Objetivos Específicos*

- **OE.1.** Comprender el fenómeno a estudiar a partir del análisis de los antecedentes existentes y bibliografía nacional e internacional referente a cuantificación y valorización de costos sociales de lesiones asociadas a siniestralidad de tránsito
- **OE.2.** Disponer de cuestionarios comprensibles cuyas respuestas permitan la calibración de modelos de elección para estimar los valores de VVE y CSL. Esto debe considerar la entrega de versiones preliminares del diseño de los aspectos cognitivos de la encuesta y de su diseño econométrico.
- **OE.3.** Disponer de un software para el levantamiento de las encuestas cuyo despliegue de información favorezca el entendimiento adecuado de las preguntas desarrolladas y desarrollar una logística adecuada para el proceso de toma de datos en terreno en el estudio piloto.
- **OE.4.** Estimar y validar los modelos econométricos presentados en el OE2, utilizando los datos obtenidos del levantamiento en terreno, con el objeto de obtener el diseño econométrico definitivo.
- **OE.5.** Contar con un diseño definitivo de instrumentos, que sea escalable a nivel nacional y que permita estimar los valores de VVE y CSL, y disponer de 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 del presente estudio consistió en el desarrollo de 15 tareas. La interrelación de tareas se presenta en la siguiente figura.

FIGURA N° 1: INTERRELACIÓN DE TAREAS DEL ESTUDIO



Fuente: Elaboración propia.

Tras la reunión de coordinación del 20 de marzo de 2025, se estableció como acuerdo que se debería incluir una planificación detallada de la tarea de análisis cognitivo, considerando múltiples instancias de recolección de datos a menor escala, que permitan explorar distintos y variados diseños de cuestionarios, de manera adicional al esquema de consulta propuesto. Este enfoque permitiría explorar de manera más precisa el grado de comprensión de las diversas preguntas en evaluación.

2 Análisis de Antecedentes y Marco Teórico

Se desarrolló la recopilación, análisis y síntesis de la literatura científica y experiencias previas para fundamentar metodológicamente el diseño de los instrumentos de estimación del Valor de la Vida Estadística (VVE) y el Costo Social de Lesiones (CSL).

2.1 Enfoque Metodológico

La revisión de la literatura muestra la existencia de tres enfoques para determinar el valor de la vida estadística que corresponden a la teoría del capital humano, el enfoque de costo de oportunidad y la teoría de la elección individual. La teoría de la elección individual es la más adecuada en el contexto de seguridad vial, ya que refleja la disposición real a pagar de las personas por la reducción del riesgo. Para su determinación se emplean metodologías de Preferencias Declaradas (PD) combinando técnicas de Valoración Contingente (VC) y Experimentos de Elección (EE).

2.2 Estudios Nacionales e Internacionales

Los principales hallazgos en la revisión de aplicaciones nacionales e internacionales son:

- **Riesgo base:** Estudios como el de Rizzi et al. (2006) en Chile demuestran que el VVE no es único, sino que varía y es superior en vías donde el riesgo inicial es más elevado.
- **Proporción VVE/CSL y efecto ingreso:** A nivel internacional, el VVE suele ser significativamente mayor al CSL (en una proporción cercana a 7 a 1). Además, los costos sociales asociados a los accidentes representan entre el 1.5% y 8% del PIB, variando fuertemente según el nivel de ingresos del país.
- **Presencia de sesgos:** Se debe tener precaución con el "sesgo hipotético", el comportamiento lexicográfico (donde los individuos se fijan en un solo atributo) y el rechazo a políticas públicas por desconfianza en el gobierno.

Para estructurar los escenarios de preferencias a presentar a los encuestados, se recomienda incluir cuatro atributos clave: costo (tarifa), tiempo de viaje, riesgo de fallecer y riesgo de lesionarse gravemente. Dado que la literatura indica que las personas no logran interpretar probabilidades complejas o fracciones, se sugiere presentar el riesgo de manera concreta y simple, por ejemplo, expresándolo como un número absoluto de fallecidos/lesionados al año para un flujo vehicular de referencia fijo.

2.3 Diseño y Análisis Cognitivo

En el ámbito del análisis cognitivo se enfatiza que el diseño del cuestionario debe ajustarse a cómo procesa el cerebro humano la información:

- Técnica "Think Aloud": Se recomienda aplicar pruebas cognitivas tempranas pidiendo a los encuestados que relaten en voz alta su proceso de pensamiento para detectar ambigüedades y problemas de interpretación.
- Carga Cognitiva: Dado que la memoria de trabajo humana está limitada a 4 (+/- 1) elementos a la vez, se insta a no sobrecargar la cantidad de opciones y atributos presentados.
- Accesibilidad Universal: Los instrumentos deben elaborarse con lenguaje de uso frecuente, evitar tecnicismos, utilizar contrastes visuales adecuados y minimizar su extensión.

2.4 Revisión de Metodologías Sectoriales en Chile

Se revisaron 14 metodologías de evaluación social vigentes (de MDSF y SECTRA, principalmente) para verificar que el instrumento en desarrollo sea compatible con ellas. Se destaca que, en la actualidad, el Ministerio de Desarrollo Social y Familia (MDSF) utiliza un VVE referencial de aproximadamente \$2.305 millones de pesos (equivalente a 60.000 UF). Este valor no se obtuvo de un levantamiento nacional propio, sino mediante una "función de transferencia" basada en un meta-análisis de países en desarrollo (Milligan et al., 2014).

3 Desarrollo de Focus Group

Esta tarea consistió en la planificación y ejecución de seis grupos focales online con personas que realizan viajes interurbanos. Los grupos fueron segmentados por nivel socioeconómico, modo de transporte (auto o bus) y experiencia previa en siniestros de tránsito. El propósito fue poner a prueba cómo las personas comprendían los escenarios preliminares definidos considerando tres enfoques: elección de ruta, valoración contingente (cuánto pagarían por evitar 1 muerte) y disposición a pagar un impuesto para un programa gubernamental. Los principales hallazgos y aprendizajes metodológicos fueron:

- El diseño de "Elección de Ruta" es el más viable: Fue el experimento mejor comprendido y el que produjo decisiones más asociadas a la reducción del riesgo.
- Sesgo de correlación entre Tiempo y Velocidad: Al evaluar las rutas, se detectó que los participantes asumían que un mayor tiempo de viaje significaba ir a menor velocidad, y por ende, deducían que esa ruta era más segura. Este hallazgo hizo necesario incluir advertencias para aclarar que en todas las rutas hipotéticas se respeta la misma velocidad máxima.
- Rechazo a la Valoración Contingente: El experimento de preguntar cuánto pagarían extra generó un fuerte rechazo, principalmente por la desconfianza hacia las concesionarias viales (quienes recibirían el peaje) y porque la reducción de "solo 1 fallecido" se percibía como insignificante.
- Problema con la definición de "Lesionado Grave": La definición legal completa (que incluye mutilaciones o secuelas permanentes) generó un rechazo emocional tan alto que las personas valoraban quedar lesionados casi igual que la muerte. Esto llevó a usar la definición de "hospitalización por 30 días" que corresponde a la cota inferior de las consecuencias legales.
- Dificultad con la probabilidad: Se comprobó que a las personas les cuesta mucho entender el riesgo expresado en porcentajes o probabilidades; requieren ver el riesgo expresado en números enteros (fallecidos o lesionados absolutos) para comprenderlo.

FIGURA Nº 2: EJEMPLO DE EXPERIMENTO DE VALORACIÓN CONTINGENTE

Imagine que la concesionaria de la ruta que usted usa para viajar solo en auto hacia su trabajo va a implementar sistemas de seguridad de alta de vanguardia el próximo año los que mejorarán las condiciones de seguridad.

¿Cuánto estaría dispuesto que aumente el valor de su peaje con tal de reducir 1 lesionado grave al año? (elija el valor que más se acerque al valor que considera)

☐ 0\$	☐ 25\$	☐ 50\$
☐ 75\$	☐ 100\$	☐ 150\$
☐ 200\$	☐ 350\$	☐ 500\$
☐ 750\$	☐ 1,000\$	☐ Más de 1000\$

Fuente: Elaboración propia.

FIGURA N° 3: EJEMPLO DE EXPERIMENTO PROGRAMA GUBERNAMENTAL

Suponga que el gobierno va a implementar una política pública (programa) en favor de la seguridad vial. Los fondos se recaudarán de un pago de impuesto anual de único cobro.

El efecto esperado de las medidas es sobre los fallecidos por accidentes de tránsito al año. La reducción de riesgo es sobre los usuarios de automóvil de su rango etario.

¿Prefiere pagar el programa A o mantener la situación actual?

	Situación Actual (sin programa)	Programa A
Personas fallecidas por accidentes de tránsito (de su rango etario)	100	85 (-15%)
Flujo total	1.000.000	1.000.000
Costo anual	-	\$42.000

Fuente: Elaboración propia.

4 Diseño de Instrumentos

A partir de los resultados de focus group, se avanzó en el diseño experimental de Preferencias Declaradas (PD) para estimar la Función de Utilidad Indirecta de los individuos y, a partir de ella, calcular el Valor de la Vida Estadística (VVE) y el Costo Social de Lesiones (CSL).

Definición de Atributos y Contexto: El experimento se definió para dos modos principales (automóvil y bus interurbano). Los encuestados deben evaluar distintas rutas hipotéticas comparando cuatro atributos: costo del viaje, tiempo de viaje, número de fallecidos anuales y número de lesionados graves anuales.

Estructura del Experimento y Carga Cognitiva: Para evitar la fatiga y sobrecarga cognitiva de los encuestados, se definieron un total de 6 escenarios de elección por individuo. Para reducir el impacto emocional y la carga de análisis, el experimento se dividió aleatoriamente en dos: una mitad de la muestra evaluaría tarjetas solo con fallecidos (junto a tiempo y costo), y la otra mitad evaluaría tarjetas solo con lesionados graves.

Riesgo Uniforme (Riesgo-Km): Para poder agregar los datos y estimar un VVE poblacional, el diseño estandarizó el riesgo. El número de fallecidos o lesionados mostrados en las tarjetas se calcula basándose en un parámetro fijo de riesgo por kilómetro multiplicado por el Tránsito Medio Diario Anual (TMDA) y la distancia del viaje declarado. El riesgo por

kilómetro se estimó cruzando información accidentes y de tránsito en rutas interurbanas, determinándose como valores referenciales 2.6×10^{-8} para fallecidos y 6.9×10^{-8} para lesionados graves

Diseños Eficientes y Simulación Se utilizaron diseños Bayesianos D-Eficientes generados en el software NGENE, que minimizan el error estadístico, reduciendo el tamaño muestral necesario. Antes de ir a terreno, el diseño se sometió a simulaciones numéricas con tamaños de 20, 40 y 60 encuestas virtuales, comprobándose que el diseño era capaz de recuperar los valores estadísticos (VVE) simulados.

A partir de los sesgos detectados en los Focus Group previos, se implementaron medidas correctivas:

- **Desacople entre Tiempo y Riesgo:** Las personas asumían erróneamente que "menor tiempo" implicaba ir a exceso de velocidad y mayor riesgo. Se incorporó una instrucción explícita aclarando que el tiempo varía por la longitud de la ruta y que en todas se respetará la velocidad máxima. Además, se incluyeron etiquetas visuales aclaratorias en los ítems.
- **Redefinición de Lesionado Grave:** Para evitar que las personas valoraran una lesión igual que la muerte (por temor a secuelas de por vida), la definición mostrada se acotó a "una persona que queda hospitalizada por 30 días o más".
- **Lenguaje claro:** Se uniformó el vocabulario para hablar de "fallecidos" en lugar de mezclarlo con la palabra genérica "accidentes".

Incorporación de Actitudes y Percepciones Se añadieron preguntas bajo escalas validadas para capturar "variables latentes" (factores psicológicos no observables a simple vista). Estas permiten medir actitudes frente a la velocidad, influencia social, frustración al conducir, conducción responsable y el sesgo optimista (creer que el riesgo propio es nulo).

La experiencia de los focus group sirvió para diseñar los instrumentos, considerando criterios de accesibilidad y accesibilidad universal, con el objetivo de garantizar que las preguntas fueran comprensibles y utilizables para la mayor diversidad de personas. Este diseño consideró elementos como el lenguaje utilizado, el diseño gráfico, la cantidad de variables presentadas y la extensión de los formularios. Estos primeros diseños fueron puestos a prueba durante la fase de análisis cognitivo.

5 Resultados del Análisis Cognitivo

El desarrollo del análisis cognitivo se realizó en 3 etapas distintas. Cada etapa sirvió como insumo para la siguiente.

CUADRO 5-1: ETAPAS DEL ANÁLISIS COGNITIVO

Etapa	Participantes	Objetivos
Pre test	8	Probar diseños elaborados a partir de la revisión de literatura y experiencia en grupos focales.
Pilotaje 1	14	Evaluar coherencia entre razonamiento y opción seleccionada además de nociones de proporción y probabilidad.
Pilotaje 2	22	Evaluar coherencia entre razonamiento y opción seleccionada además de identificación de ruta más peligrosa y nociones de probabilidad y proporciones

Fuente: Elaboración propia.

El objetivo general en todas las etapas fue evaluar la coherencia entre el razonamiento efectuado y la opción de respuesta seleccionada. El proceso utilizó la metodología **"Think Aloud"** (pensamiento en voz alta), complementada por un ajuste crítico: el uso de **sondeos retrospectivos estandarizados (Probing)**. Estos se aplican *después* de la elección para verificar el uso de atributos sin inducir sesgos durante la tarea.

Como filtro de representatividad, se aplicaron las **Matrices de Razonamiento de Wechsler (WAIS-IV)**, estableciendo un umbral de **7 puntos escalares** como mínimo, lo que permite caracterizar a personas que obtienen resultados que se encuentran desde el promedio hacia arriba. Esta decisión se tomó para obtener una muestra representativa de la población chilena en la medida que los ajustes realizados sirvan de anclaje cognitivo para el grueso de la población. Además, las distintas etapas de análisis cognitivo han mostrado evidencia de que las personas entienden las preguntas y razonan correctamente la opción de respuesta seleccionada.

Sugerencias clave del pilotaje:

1. Incorporar instrucciones adicionales que mencionan que un menor tiempo de viaje no está asociado a un mayor riesgo de accidentabilidad.
2. Mantener la misma proporción de viajes y accidentados en cada opción de respuesta, puesto que se evidenció que no todas las personas manejaban correctamente el uso de proporciones.

3. Reordenar los atributos presentando primero el número de lesionados o fallecidos, luego el tiempo y finalmente el costo para reducir el impacto del tiempo sobre la selección de una opción.
4. Incrementar el número de lesionados graves en cada opción de alternativa para hacerlo más comprensible para los encuestados, quienes reportaban sensación de irrealidad ante números muy pequeños en este indicador.
5. Realizar preguntas de forma separada para fallecidos y lesionados graves.
6. Realizar aplicaciones en espacios de baja estimulación (p.ej.: oficinas o paneles) para obtener resultados más precisos.

6 Análisis de Software para Levantamiento

Se evaluaron y compararon las plataformas disponibles para la recolección de datos, centrándose específicamente en la capacidad técnica y visual para implementar los experimentos de Preferencias Declaradas (PD):

CUADRO 6-1: ANÁLISIS COMPARATIVO DE SOFTWARE

Ítem	Survey Engine*	Survey Solutions	Desarrollo Informático
Costos asociados	Pago mensual/anual	Mantenimiento de servidor, sin costos directos	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 pivotados	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

Fuente: Elaboración propia.

Survey Engine (Software utilizado por el consultor) se destaca como el paquete más completo para estudios de PD. Permite una alta personalización gráfica (HTML/CSS) y cuenta con integración directa con softwares especializados en diseño experimental (NGENE) y modelación econométrica (Apollo). Como desventajas, es una herramienta de pago (suscripción) y está concebida fundamentalmente para un entorno web, por lo que carece de un modo *offline* nativo, dependiendo de una conexión activa a internet.

Survey Solutions (Software recomendado en las bases del estudio) es una plataforma gratuita y robusta desarrollada por el Banco Mundial. Su componente de servidor (Headquarters) permite gestionar eficientemente levantamientos de datos en terreno de forma *offline* y con altos estándares de seguridad. No obstante, su módulo de diseño (Designer) presenta severas limitaciones gráficas, ya que no permite modificar estilos, tipografías o colores de forma avanzada. Esto obliga a presentar las tarjetas de elección de los experimentos PD como imágenes prediseñadas estáticas o con un formato visual muy básico, lo cual —según los análisis cognitivos previos— afecta negativamente la comprensión del encuestado en cuestionarios autoaplicados.

Como opciones entre la necesidad de un buen diseño visual (Survey Engine) y la capacidad de operar sin internet (Survey Solutions), se evaluaron tres opciones:

- Mejorar la interfaz gráfica de Survey Solutions: Se descartó porque la API de este software solo sirve para gestionar encuestas y usuarios, pero no permite conectar una interfaz externa para responder.
- Crear un modo *offline* para Survey Engine: Fue descartado por inviabilidad logística y técnica. Requeriría enviar los dispositivos físicos a Alemania (sede de la empresa) y presentaba altos riesgos en la sincronización y pérdida de datos.
- Desarrollo informático propio: Construir una plataforma desde cero resolvería todos los problemas, pero requería entre 382 y 544 horas de trabajo (8 a 10 semanas de desarrollo intensivo), lo que implicaba costos elevados y un alto riesgo de retrasos en el cronograma del estudio.

Dado que la metodología exige un despliegue gráfico asociado al uso de un viaje previo del encuestado como referencia y considerando que la estrategia de levantamiento migró hacia paneles de usuarios online (donde el acceso a internet está garantizado), Survey Engine es la alternativa óptima para el levantamiento de datos, asumiendo su costo de suscripción frente a las limitantes gráficas de Survey Solutions.

7 Levantamiento Piloto

7.1 Planificación del Levantamiento Piloto

Esta tarea tuvo como objetivo definir las bases logísticas, metodológicas y experimentales para la aplicación de la primera encuesta en terreno del estudio.

1. Cambio en la Estrategia de Levantamiento (Paneles Online) Inicialmente, se evaluó realizar encuestas interceptando viajeros en terminales de buses o deteniendo automovilistas en la ruta con apoyo policial. Sin embargo, siguiendo las recomendaciones del análisis cognitivo previo, se determinó que los encuestados requieren un entorno de baja estimulación ambiental para procesar correctamente las complejas opciones de los experimentos. Por ello, se optó por reclutar un panel online enfocado específicamente en personas que viajan entre la Región Metropolitana y la Región de Valparaíso con una frecuencia mínima de una vez al mes.

2. Cálculo del Riesgo Medio y la Restricción de "Números Pequeños" Para asegurar que los escenarios presentados fuesen realistas, se calculó el nivel de riesgo base empírico de las rutas en Chile, obteniendo 2.6×10^{-8} para fallecidos y 6.9×10^{-8} para lesionados graves por vehículo-kilómetro. Al cruzar este riesgo base empírico con el volumen de tráfico (TMDA) y la distancia, se detecta un problema crítico: si la ruta es corta o tiene poco tráfico, el número esperado de accidentes es demasiado bajo. Para poder aplicar variaciones porcentuales (por ejemplo, reducir el riesgo a la mitad) y que el encuestado vea números enteros y distintos en las tarjetas, el nivel base de accidentes debe ser de al menos 8 a 15 siniestros al año. Esto restringe el ámbito de aplicación del experimento, a viajes de larga distancia en rutas de alto flujo (por ejemplo, viajes de más de 45 minutos en vías con TMDA de 12.000 vehículos/día).

3. Diseño Experimental de los Atributos Se estructuraron los niveles de variación para forzar a las personas a realizar *trade-offs*. En el piloto se definió evaluar el tiempo de viaje con variaciones de -13% a +38%, el costo con variaciones de 0% a +80% (es decir, solo encarecimientos) y la seguridad con variaciones de -50% a 0% (es decir, solo mejoras o mantención en la reducción de víctimas). Además, se establecieron reglas de redondeo (ej. redondear a 500 pesos o a 5 minutos) para evitar una sobrecarga cognitiva.

7.2 Estructura del Cuestionario

El cuestionario se enfocó en personas que viajaron recientemente entre el Gran Santiago y el Gran Valparaíso. Se estructuró en tres grandes bloques:

- **Caracterización del último viaje:** Se consultó sobre el modo de transporte (auto o bus), tiempo, costo, ruta utilizada, motivo y frecuencia del viaje.
- **Experimento de Preferencias Declaradas (PD):** Se presentó el experimento pivotado sobre el viaje declarado, donde el usuario debía elegir entre distintas

alternativas evaluando variaciones de tiempo, costo y seguridad (fallecidos o lesionados graves).

- **Caracterización del usuario:** Se levantó información sociodemográfica (ingresos, edad, nivel educacional) y variables latentes asociadas a actitudes y percepciones frente al riesgo.

FIGURA Nº 2: EJEMPLO DE EXPERIMENTO DE PREFERENCIAS DECLARADAS



Fuente: Elaboración propia.

7.3 Desarrollo del Levantamiento y Muestra

El levantamiento se realizó de forma *online* a través de un panel de usuarios (Offerwise) entre el 24 y el 31 de octubre, logrando recolectar 201 encuestas válidas.

- Distribución por modo: La muestra quedó compuesta por 121 usuarios de bus y 80 usuarios de automóvil.
- Perfil sociodemográfico: Hubo una sobrerrepresentación de mujeres (126 frente a 76 hombres) y de personas con alto nivel educativo (61% con estudios universitarios o de posgrado). La mayoría de la muestra correspondió a ingresos bajos y medios.
- Características de los viajes: Se detectó que la gran mayoría de los viajes en auto (89%) se realizan con acompañantes, lo que se contrapone al pedirle al encuestado que imagine que viaja solo. Además, el 65% de los viajes declarados tuvo como motivo el "turismo" y un 59% de los automovilistas lo realiza con muy baja frecuencia (menos de 5 veces al año).
- El 61% de los encuestados declaró no percibir riesgo en el viaje que habitualmente realiza.

- Los usuarios de automóvil mostraron una alta confianza en sus propias habilidades de conducción (creyendo que su experiencia reduce el riesgo casi a cero) y, aunque se declaran adversos al peligro, más del 25% admitió exceder los límites de velocidad o realizar maniobras de adelantamiento por la izquierda.
- Se intentó que los usuarios evaluaran el volumen de tránsito de su ruta principal para así generar estimaciones de riesgo pivoteadas. Los resultados demostraron que esto es inviable: Un 26% de la muestra fue incapaz de identificar la ruta principal por la que transitaba. La percepción del "nivel de tráfico" por parte de los individuos estuvo fuertemente sesgada por el horario de inicio de su viaje (por ejemplo, quienes viajaban en hora punta percibían un tráfico "intenso", mientras que en horarios fuera de punta lo percibían "moderado" o "ligero"), lo que impide usar esta percepción para estimar el Tránsito Medio Diario Anual (TMDA) real.

7.4 Resultados del Experimento PD

El análisis de las respuestas demostró que el instrumento fue un éxito y logró que las personas evaluaran los atributos de forma racional:

- **Validación del Trade-off:** El 95% de la muestra realizó intercambios racionales (*trade-offs*) entre alternativas; es decir, casi nadie contestó de forma automática marcando siempre la opción de la izquierda o la derecha.
- **Consideración de atributos:** Los encuestados declararon que los atributos en los que más se fijaron fueron el tiempo de viaje, el costo y los lesionados graves (considerados por un 73% a 76% de la muestra). El atributo de fallecidos tuvo una menor atención general (63%).
- **Diferencias por modo y género:** Se comprobó empíricamente que los usuarios de buses prestan mayor atención y valoran más la seguridad (fallecidos y lesionados graves) que los usuarios de automóviles. Asimismo, las mujeres demostraron considerar mucho más el atributo de fallecidos que los hombres (69% vs. 54%).

Se logró validar que el software, la logística del panel y el diseño pivotado fueron adecuados para capturar las preferencias de riesgo de las personas, generando una base de datos apropiada para la modelación econométrica.

8 Modelación Econométrica

Esta tarea tuvo como objetivo estimar los modelos de elección discreta a partir de los datos recolectados en la encuesta piloto de Preferencias Declaradas (PD), para así calcular el Valor de la Vida Estadística (VVE) y el Costo Social de Lesiones (CSL).

8.1 Modelos Iniciales y Validación del Instrumento

La estimación se realizó utilizando el paquete Apollo en el software R, probando distintas especificaciones de modelos Logit Multinomiales (MNL) y Mixtos (MXL).

- **Validación del trade-off:** Los primeros modelos confirmaron que el experimento logró captar de forma significativa las preferencias de los usuarios. Los coeficientes de tiempo, costo y seguridad (fallecidos/lesionados) resultaron significativos y con los signos negativos esperados, lo que demuestra que los individuos penalizan las rutas más caras, lentas y peligrosas.
- **El impacto de la atención (Consideración de atributos):** Un hallazgo metodológico crucial fue que al filtrar y estimar los coeficientes reteniendo únicamente a las personas que declararon considerar los atributos en sus elecciones, el ajuste del modelo (R^2 ajustado) mejoró drásticamente del 7% al 19%.

8.2 Heterogeneidad en el Comportamiento de Elección

Se exploraron diversas variables sociodemográficas y de viaje para capturar diferencias (heterogeneidad) en las valoraciones. Si bien la muestra es reducida, se observaron los siguientes elementos como estadísticamente significativos:

- **Efecto Modo e Ingresos:** Se confirmó que los usuarios de buses valoran más la seguridad y son más sensibles al costo que los usuarios de automóviles. Dentro de los usuarios de auto, aquellos con mayores ingresos mostraron ser menos sensibles al costo del viaje.
- **Efecto Acompañantes:** Se descubrió que viajar acompañado, particularmente con 3 o más personas, incrementa significativamente la sensibilidad hacia el riesgo de sufrir un siniestro fatal.
- **Efecto Frecuencia (Habitualidad):** La sensibilidad ante el número de fallecidos y lesionados graves es inversamente proporcional a la frecuencia del viaje. Esto significa que los viajeros habituales o frecuentes están menos dispuestos a pagar por mejoras en la seguridad que los viajeros ocasionales, evidenciando un posible “acostumbramiento” al riesgo.

8.3 El Problema de los "Números Pequeños"

Al estimar modelos de linealidad por tramos y polinomios no lineales, se encontró un fenómeno contraintuitivo: las personas muestran una sensibilidad y disposición a pagar muchísimo mayor ante variaciones en el riesgo cuando los niveles base son muy bajos (por ejemplo, cifras menores a 10 fallecidos). Esto contradice la teoría económica estándar, que sugiere que a mayor riesgo inicial, mayor debería ser la disposición a pagar por reducirlo. Este hallazgo confirmó que el cerebro humano procesa mal las cifras pequeñas, obligando a que el levantamiento nacional evite presentar escenarios con menos de 10 accidentes.

8.4 Resultados de Valoración (VST, VVE y CSL)

A partir del modelo de elección con mejor interpretabilidad y ajuste por factor de escala (MNL_v31), se calcularon los valores monetarios preliminares:

- **Valor Subjetivo del Tiempo (VST):** Se obtuvieron valores coherentes con la teoría: aproximadamente \$3.000/h para usuarios de bus, \$6.667/h para usuarios de auto de bajos ingresos y \$11.363/h para usuarios de auto de altos ingresos.
- **Estimación VVE y CSL:** Aplicando los datos a la composición de tráfico real de la Ruta 68, se estimó un VVE de \$16.950 millones y un CSL de \$2.173 millones.
- **Comparación:** El VVE obtenido resulta ser cerca de 7 veces superior al valor referencial utilizado actualmente por el Ministerio de Desarrollo Social y Familia (MDSF), que es de \$2.400 millones.

9 Diseño definitivo de instrumentos

9.1 Aprendizajes de la Experiencia Piloto

A partir de los resultados del piloto, se definieron ajustes para el diseño definitivo del instrumento:

- **Presentación del riesgo y carga cognitiva:** Se confirmó la necesidad de presentar el riesgo siempre en números enteros absolutos (evitando probabilidades) y mantener constante el flujo vehicular entre las opciones para evitar confusiones al momento de elegir. Además, se validó la decisión metodológica de separar la carga cognitiva presentando el atributo de "fallecidos" a una mitad de la muestra y "lesionados graves" a la otra mitad.

- **Redefinición de "Lesionado Grave":** Debido a que la definición legal provocaba que los encuestados asimilaran la lesión con la muerte (por el miedo a secuelas permanentes), se acotó la definición exclusivamente a "una persona que queda hospitalizada por 30 días o más".
- **Variaciones simétricas:** Para evadir el "sesgo de los números pequeños" (comportamiento irracional y no lineal de las personas ante cifras menores a 10 siniestros), el diseño definitivo incorporó escenarios de *empeoramiento* de la seguridad. Los nuevos niveles de variación aplicados a tiempo, costo y seguridad incluyen rangos de **-30%, -15%, 0%, +15% y +30%**, asegurando que siempre se presenten opciones estadísticamente distinguibles.
- **Frecuencia del viaje:** Se detectó empíricamente que a mayor frecuencia de viaje, menor es la sensibilidad al riesgo. Esto obliga a controlar rigurosamente la muestra según la habitualidad del usuario.

9.2 Ajuste de Parámetros y Diseño Experimental

- **Actualización de parámetros a priori:** Se ajustaron los parámetros base del algoritmo (NGENE) utilizando los coeficientes reales obtenidos de la modelación econométrica piloto (Modelo V31), mejorando la eficiencia estadística del nuevo cuestionario.
- **Escenario dominado:** El diseño definitivo cuenta con 6 o 7 escenarios de elección por individuo, incorporando estratégicamente una "tarjeta dominada" (una alternativa que es peor en todos sus atributos al mismo tiempo) para filtrar automáticamente a las personas que respondan de forma irracional o sin prestar atención.

Experimento basado en un Viaje Real (Pivoteado) Para un diseño pivoteado sobre el viaje real del encuestado, se definen tres categorías de Tránsito Medio Diario Anual (TMDA): 5.000, 10.000 y 20.000 vehículos/día.

- Utilizando un riesgo base empírico estandarizado ($2,60 \cdot 10^{-8}$ para fallecidos y $6,90 \cdot 10^{-8}$ para lesionados graves), se calcula el nivel de accidentes esperado multiplicando este factor por la distancia declarada y el TMDA.
- **Restricción de aplicabilidad:** Este enfoque **solo es aplicable a viajes de larga distancia en rutas de alto tráfico**. Si el viaje es corto o en rutas de bajo tráfico, los accidentes base calculados caen por debajo de 15 al año. Al aplicar las variaciones

porcentuales a un número tan bajo, se caería en el problema de los "números pequeños".

FIGURA Nº 2: EJEMPLO DE EXPERIMENTO DE PREFERENCIAS DECLARADAS

 ruta 1		 ruta 2	
	Lesionados graves por accidentes de tránsito		Lesionados graves por accidentes de tránsito
	74 por año		106 por año
	Tiempo de Viaje		Tiempo de Viaje
	2h 50m		2h 30m
	Costo		Costo
	\$17,500		\$10,500

Fuente: Elaboración propia.

10 Metodología de Levantamiento de Datos y Logística

10.1 Definición del Enfoque de Levantamiento y Rutas

Para aplicar el experimento, se requiere utilizar rutas con alta exposición al riesgo que garanticen la viabilidad matemática de los escenarios. Por ello, se deben priorizar vías de doble calzada por sentido, con largas distancias y un Tránsito Medio Diario Anual (TMDA) elevado (superior a 10.000 vehículos).

Se plantea la aplicación considerando un experimento pivoteado (basado en un viaje real) por su realismo. Para implementarla, se recomienda descartar una "encuesta masiva" (por su alto costo y tasa de rechazo) y optar por una encuesta dirigida a usuarios que viajen en pares origen-destino específicos y de alto flujo, como Santiago-Valparaíso, Santiago-San Antonio, o Chillán-Temuco.

10.2 Segmentación, Categorización y Tamaño Muestral

Para el levantamiento a nivel nacional, se sugiere generar categorías por variables sociodemográficas para asegurar la representatividad de la muestra. Para el diseño de la muestra nacional, se establecieron dos niveles de desagregación:

- **Segmentos (características del viaje):** Modo de transporte (Auto o Bus), Tipo de riesgo (Fallecidos o Lesionados graves) y Frecuencia de viaje (Baja, Media o Alta).
- **Categorías (representatividad poblacional):** Se debe establecer una cuota geográfica por lugar de residencia (Macrozonas: Santiago/Valparaíso/Concepción, Norte y Sur). Además, se debe aplicar una cuota por nivel de ingresos familiares (Alto y Bajo), aplicable a los usuarios de automóviles, ya que en los buses el nivel de ingresos no mostró un efecto estadístico relevante.

CUADRO 10-1: MUESTRAS MÍNIMAS POR CATEGORÍA – EXPERIMENTO BASADO EN VIAJE REAL

Modo	Residencia	Ingreso	N° encuestas	
Auto	SANT-GVGC	ALTO	276	1.656
	SANT-GVGC	BAJO	276	
	NOR	ALTO	276	
	NOR	BAJO	276	
	SUR	ALTO	276	
	SUR	BAJO	276	
Bus	SANT-GVGC	-	558	1.674
	NOR	-	558	
	SUR	-	558	
Total			3.330	3.330

Fuente: Elaboración propia.

Cruzando estas variables, se determinó que el tamaño mínimo de la muestra nacional debe ser de 3.330 encuestas válidas (aproximadamente 1.656 para usuarios de auto y 1.674 para usuarios de bus) 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.

10.3 Logística, Costos y Software

- **Costos y Tiempos:** Un levantamiento nacional con diseño basado en viajes reales (pivoteado) ascendería a cerca de \$40 millones debido a la dificultad de encontrar perfiles específicos. El tiempo estimado es de 2 a 3 semanas para paneles online, más un potencial de hasta 8 semanas si se requiere completar muestras en terreno.
- **Software:** Se recomienda el uso de Survey Engine (licencia Global Compliance) por su capacidad gráfica para diseños pivoteados, privacidad y soporte de hasta 50.000 encuestas. Si se opta por un diseño genérico, se podría evaluar el uso de *Survey Solutions*.

- **Aplicación:** No se recomienda el uso de encuestadores directos. El levantamiento debe ser autoaplicado mediante enlaces web distribuidos a través de paneles online comerciales, y complementado mediante redes sociales o códigos QR para alcanzar las cuotas de zonas geográficas específicas.

10.4 Levantamientos Complementarios

Para asegurar la robustez de la modelación econométrica final, la metodología exige levantar o controlar de forma paralela cuatro variables críticas:

1. **TMDA Real:** Conseguir registros oficiales de tránsito (idealmente datos de plazas de peaje troncales) para calcular el riesgo exacto.
2. **Frecuencia de viaje poblacional:** Dado que la frecuencia afecta la disposición a pagar, se requiere hacer conteos en ruta para ponderar correctamente cuántos viajeros son frecuentes y cuántos son ocasionales.
3. **Acompañantes:** Registrar cuántas personas viajaban con el encuestado en la vida real.
4. **Experiencia previa:** Consultar explícitamente si el individuo ha estado involucrado en accidentes de tránsito en el pasado, para controlar posibles sesgos.

11 Conclusiones

Las principales conclusiones del estudio, derivadas fase exploratoria, las pruebas cognitivas y aplicaciones prácticas para la estimación del Valor de la Vida Estadística (VVE) y Costo Social de Lesiones (CSL), establecen los siguientes puntos clave para el levantamiento de datos a nivel nacional:

1. Hallazgos del Análisis Cualitativo y Cognitivo La fase de estudio de grupos focales y las pruebas cognitivas revelaron importantes sesgos en la forma en que los individuos procesan la información de seguridad vial, obligando a reestructurar el cuestionario original. Los grupos focales mostraron que las personas asociaban instintivamente un menor tiempo de viaje con un exceso de velocidad y, por ende, con una ruta más peligrosa. La definición legal de lesionado grave (pérdida de un miembro o secuelas permanentes) generaba una carga emocional tan alta que los encuestados la valoraban casi igual que la muerte. Además, los participantes demostraron incapacidad para operar con tasas de riesgo o probabilidades abstractas. Como consecuencia, se revisaron las instrucciones de los experimentos, se

revisó la definición de lesionado grave y se presentó el riesgo siempre en números enteros absolutos (e.g. fallecidos/lesionados por año).

2. Selección de software Se evaluaron dos alternativas principales de software: Survey Solutions (recomendado en bases) y Survey Engine. Se determinó que Survey Solutions es robusto para trabajo offline en terreno, pero sus severas limitaciones de diseño gráfico y la imposibilidad de personalizar la interfaz visual lo hacen inadecuado para la complejidad visual de las tarjetas de Preferencias Declaradas considerando un experimento basado en un viaje anterior del encuestado. Survey Engine cuenta con integración directa para diseños Bayesianos eficientes y una interfaz gráfica superior, aunque depende de conexión a internet. Dado que la estrategia de levantamiento considera la aplicación en paneles web, Survey Engine fue seleccionado como la herramienta idónea.

3. Resultados de la aplicación El piloto recolectó 201 encuestas válidas (121 usuarios de bus y 80 de auto) de personas que viajaron entre Santiago y Valparaíso. El 95% de la muestra mostró un comportamiento racional de compensación (trade-off), demostrando la validez del instrumento. Fue posible obtener estimaciones para el VVE y CSL, y valores de VST consistentes con lo esperado (3.000 \$/h para usuarios de buses, 6.700 \$/h para usuarios de auto de ingreso bajo y 11.400 \$/hr para usuarios de ingreso alto), aunque los valores estimados para el VVE resultaron sustancialmente superiores al valor actual. Se detectó que la sensibilidad ante la seguridad vial es inversamente proporcional a la frecuencia del viaje: los viajeros habituales están menos dispuestos a pagar por reducir el riesgo frente a los usuarios ocasionales, por efecto de un "acostumbramiento" a la ruta. También se observó que cuando los experimentos presentaban cifras base inferiores a 10 lesionados anuales, las personas mostraron un comportamiento no lineal e irracional. La modelación demostró que frente a mejoras en rutas que ya son muy seguras (ej. pasar de 5 a 2 fallecidos), las personas declaran disposiciones a pagar exageradamente altas y desproporcionadas en comparación con rutas con mayor riesgo.

4. Guía para levantamiento de escala nacional El levantamiento nacional requiere una muestra mínima de 3.330 encuestas (1.656 para auto y 1.674 para bus). Esta muestra debiera segmentarse por macrozona (Norte, Centro, Sur), frecuencia de viaje, y con una cuota de ingresos (alto/bajo). Se considera el uso de experimentos pivoteados (basados en un viaje anterior del individuo), lo que hace necesario encontrar usuarios entre ciudades distantes del orden de 100 kilómetros y conectadas mediante rutas de doble calzada, lo que favorecería contar con niveles de riesgo (expresadas en número de fallecidos o lesionados anuales) adecuados a la aplicación del experimento.

12 Líneas de Investigación

Se establecen además una serie de **líneas de investigación posterior**. Estas recomendaciones surgen de las limitaciones observadas durante la aplicación del piloto y buscan expandir o perfeccionar la metodología de estimación del Valor de la Vida Estadística (VVE) y el Costo Social de Lesiones (CSL) en el futuro:

Profundización en Experimentos Genéricos

Se planteó como opción el empleo de un diseño genérico para la aplicación nacional, lo que hace recomendable investigar su desempeño respecto a escenarios pivoteados. Los experimentos genéricos utilizan escenarios hipotéticos estandarizados que son idénticos para toda la población, lo que facilita el muestreo y permite una mayor cobertura territorial. La investigación futura debe enfocarse en resolver la duda metodológica de si las personas comprenden correctamente estos experimentos abstractos y si generan resultados consistentes, a pesar de no enfrentarse a su contexto de viaje específico.

Experimentos en Vías de Calzada Simple

La propuesta actual de levantamiento se centra en rutas de doble calzada (autopistas concesionadas), lo que es consistente con la experiencia internacional. Sin embargo, se recomienda estudiar el efecto de realizar experimentos en vías de calzada simple. Estas vías implican un riesgo potencial mayor (por las maniobras de adelantamiento) y habitualmente no contemplan un cobro directo o peaje. Investigar en este ámbito ampliaría las rutas donde se puede aplicar el instrumento, permitiendo evaluar si el estándar de la vía incide en cómo los usuarios valoran la reducción del riesgo.

Ampliación del Ámbito de Aplicación (Ajustes de Riesgo)

Dado que el diseño del experimento exige un mínimo de 15 accidentes anuales para evitar el sesgo de los "números pequeños", la metodología actual queda restringida a rutas con alto tránsito (TMDA) y distancias largas. Para levantar esta restricción, se proponen tres áreas de investigación metodológica:

- **Presentar estadísticas plurianuales:** Evaluar qué ocurre si se presenta a los encuestados el número total de fallecidos o lesionados acumulados en un período mayor a un año (por ejemplo, cada 5 años). Esto permitiría incluir rutas más cortas o con menos tránsito, pero la investigación debe despejar si el encuestado logra internalizar el contexto temporal plurianual o si, por el contrario, termina sobreestimando el riesgo y su disposición a pagar.

- **Uso de diferentes niveles de riesgo base:** El estudio actual utilizó un nivel de riesgo promedio basado en estadísticas históricas. La investigación futura podría explorar si definir y presentar distintos niveles de riesgo base (por ejemplo, un riesgo medio para calzadas simples y otro distinto para dobles calzadas) conduce a valoraciones diferentes por parte de los usuarios, comprobando si el valor que asignan a la seguridad es verdaderamente relativo a las condiciones de su entorno.
- **Comportamiento ante números inferiores a 15:** En el piloto se obtuvieron resultados contraintuitivos (mayor sensibilidad al riesgo en niveles bajos de accidentes) cuando se presentaban cifras menores a 10 fallecidos. Aunque existe respaldo en la psicología cognitiva sobre cómo el cerebro procesa de forma diferente las cifras pequeñas, sería de gran interés verificar en estudios futuros si este efecto se replica bajo otras aplicaciones o diseños.