

Comunicación humano-a-humano para la cooperación vial

Edisson Montoya Urrego

Profesora

Claudia L. Flórez Castiblanco

Institución Universitaria pascual Bravo

Facultad de Producción y Diseño

Especiailización en Diseño de Experiencias Digitales

2025

1. Glosario

BLE (Bluetooth Low Energy): Protocolo de comunicación inalámbrica de bajo consumo energético utilizado para conectar la aplicación móvil con el Panel Migo, permitiendo una transmisión de datos eficiente sin agotar la batería del dispositivo móvil.

Buyer Personas (User Personas): Representaciones semificticias de los usuarios ideales del sistema (ej. "Andrés" y "Laura"), construidas a partir de datos demográficos y psicográficos reales para guiar las decisiones de diseño y funcionalidad.

Canal Manos Libres: Modalidad de interacción que permite al conductor operar el sistema mediante comandos de voz, sin necesidad de utilizar las manos ni desviar la mirada de la vía, priorizando la seguridad vial.

Card Sorting: Técnica de investigación UX utilizada para estructurar la arquitectura de información de la aplicación, donde los usuarios agrupan y nombran los contenidos (menús) de manera lógica según su modelo mental.

Comunicación V2V (Vehicle-to-Vehicle): Tecnología que permite el intercambio de datos entre vehículos. En el contexto de Grazie, se refiere a la visión a largo plazo donde el sistema facilita la interacción social directa entre automóviles.

Dark Mode (Modo Oscuro): Esquema de diseño de interfaz (UI) que utiliza fondos oscuros y textos claros para reducir la luminancia de la pantalla, minimizando el deslumbramiento (*glare*) y la fatiga visual durante la conducción nocturna o en túneles.

Grazie: Ecosistema digital y físico de comunicación vial empática desarrollado en este proyecto, compuesto por una aplicación móvil y un dispositivo de visualización exterior.

Hotword (Palabra de Activación): Comando de voz específico (en este caso, la palabra "Grazie") que activa el micrófono del sistema, permitiendo que la aplicación pase de un estado pasivo a uno de escucha activa.

Interacción Multimodal: Modelo de diseño que ofrece múltiples formas de interactuar con el sistema (voz, tacto, sonido, vibración) de manera simultánea o alterna, garantizando la usabilidad en entornos con ruido donde la voz podría fallar.

ITS (Sistemas Inteligentes de Transporte): Conjunto de tecnologías avanzadas de electrónica, informática y telecomunicaciones aplicadas a la movilidad para mejorar la seguridad y eficiencia del transporte.

MVP (Producto Mínimo Viable): Versión del producto con las características fundamentales suficientes (catálogo limitado, conexión BLE, voz) para ser desplegado y validado por los primeros usuarios.

Nudge (Empujón): Concepto de la economía conductual aplicado al diseño que consiste en pequeños refuerzos positivos o indirectos (como un mensaje de "Gracias") para influir en el comportamiento de las personas y fomentar la cooperación.

One-Shot Interaction: Estilo de interacción por voz que permite al usuario completar una tarea con un único comando fluido (ej. "Grazie, derecha"), sin necesidad de conversaciones de múltiples pasos o confirmaciones verbales largas.

Panel Migo: Dispositivo de *hardware* externo basado en tecnología LED, parte del ecosistema Grazie, encargado de proyectar los mensajes y emoticones hacia el entorno vial.

PMV (Paneles de Mensaje Variable): Dispositivos de señalización electrónica situados en la vía que muestran información cambiante sobre el tráfico. Grazie propone una evolución de este concepto a una escala vehicular y personalizada.

Sonido y Vibración Háptica: Mecanismos de retroalimentación no visual que confirman al usuario que una acción se ha realizado con éxito (ej. una vibración al enviar un mensaje), permitiéndole mantener la vista en la carretera.

Task Flow: Diagrama que representa la secuencia lineal de acciones que un usuario realiza para completar una tarea específica dentro de la aplicación, como "Emparejar Panel".

User Flow: Representación visual del recorrido completo del usuario a través de la aplicación, incluyendo las diferentes rutas, tomas de decisiones y puntos de entrada o salida.

Versión Alfa: Primera versión completa del software y hardware que es funcional pero aún está en fase de pruebas internas o limitadas, previa a la versión Beta o comercial.

Voice First: Principio de diseño de interfaces donde la voz es el método principal y preferente de entrada de información, relegando la pantalla a un rol secundario de soporte visual.

Voice-Only: Interfaces que dependen exclusivamente de la voz y el audio, sin soporte visual (como un altavoz inteligente sin pantalla). Grazie se diferencia de esto al ser multimodal.

WCAG (Web Content Accessibility Guidelines): Estándares internacionales de accesibilidad web. El proyecto adopta sus criterios de contraste (ratio 4.5:1 o superior) para garantizar la legibilidad de la interfaz.

Wireframes: Bocetos o esquemas visuales de baja fidelidad que representan la estructura básica y la disposición de los elementos en la interfaz de la aplicación, sin incluir diseño gráfico detallado.

2. Resumen

La crisis de movilidad en el Valle de Aburrá ha trascendido las limitaciones de infraestructura para consolidarse como un problema de salud pública y convivencia, donde la siniestralidad vial se equipara a la violencia homicida. Esta investigación aborda la desindividuación del conductor como fenómeno psicológico central: el aislamiento físico de la cabina y la insuficiencia semiótica de los códigos viales tradicionales (luces y bocinas) anulan la empatía, transformando a los otros actores viales en obstáculos y fomentando la agresividad.

Ante este escenario, el proyecto Grazie propone una intervención desde el diseño de comportamiento y la tecnología persuasiva. Se plantea el desarrollo de un ecosistema de comunicación vial compuesto principalmente por una aplicación móvil y un dispositivo de visualización exterior (panel LED Migo), diseñado para restituir la función fática del lenguaje mediante la proyección de mensajes empáticos (“Gracias”, “Por favor”, “Adelante”).

Metodológicamente, el estudio adopta un enfoque de Investigación-Creación articulado con la metodología Design Thinking. A través de instrumentos cualitativos (observación videográfica, entrevistas, encuestas y métodos como el *card sorting*), se diagnosticaron las barreras de interacción en entornos de alta densidad. Como hallazgo principal, se refutó la viabilidad de una interfaz exclusivamente vocal debido al ruido ambiental local, evolucionando hacia un modelo de interacción multimodal (voz + táctil) que prioriza la seguridad bajo estándares ergonómicos (ISO 15008).

El resultado es un prototipo funcional de alta fidelidad que valida la hipótesis de que la tecnología, cuando se diseña situadamente, puede actuar como un *nudge* eficaz para re-humanizar la negociación vial, transformando la señalización técnica en un acto de cooperación social.

3. Problematicación

3.1. Identificación del problema

La crisis de movilidad en el Valle de Aburrá ha trascendido las dificultades de infraestructura para convertirse en un problema estructural de salud pública y convivencia. Las estadísticas recientes revelan una ruptura en el tejido social de la vía: durante periodos de 2024, las muertes por siniestros viales en Medellín han llegado a superar a las muertes por homicidio, evidenciando un cambio drástico en la percepción del riesgo urbano (Caracol Radio, 2024).

Sin embargo, el núcleo del problema no radica únicamente en el irrespeto a la norma, sino en una falla sistémica en la comunicación interfase. Al ingresar al vehículo, el conductor experimenta un proceso de aislamiento sensorial y desindividuación. La arquitectura actual del automóvil y el casco del motociclista actúan como barreras que filtran la dimensión humana del "otro", reduciendo a los demás actores viales a meros obstáculos mecánicos. Esta desconexión fomenta conductas competitivas y agresivas, alimentadas por factores como la prisa y el estrés, creando un ciclo de violencia vial que afecta desproporcionadamente a los usuarios vulnerables (Ruiz-Pérez et al., 2014).

El lenguaje disponible para el conductor es, en este contexto, tecnológicamente insuficiente. Los códigos viales tradicionales (luces direccionales, bocinas, semáforos) son binarios, imperativos y carentes de matices emocionales. Una señal de tránsito estática o una luz direccional comunican una instrucción técnica, pero son incapaces de transmitir cortesía, solicitar un favor o expresar gratitud. Como resultado, la interacción vial se deshumaniza; la "alteridad" — el reconocimiento del otro como un legítimo otro — se pierde allí dentro.

Esta carencia instrumental genera un vacío funcional: el conductor, aunque desee cooperar, carece de las herramientas tecnológicas para exteriorizar esa intención de manera segura y comprensible. La infraestructura actual y los dispositivos estándar del vehículo no habilitan un canal de comunicación humano-a-humano, dejando la negociación de maniobras complejas (como cambios de carril o cruces) a merced de la interpretación subjetiva y, a menudo, hostil.

Por tanto, el problema central no es solo que las señales "no hablen", sino que el conductor no tiene voz. Existe una ausencia de dispositivos de interfaz que permitan inyectar empatía en la comunicación vial sin comprometer la seguridad, perpetuando un modelo de movilidad basado en la fricción en lugar de la cooperación.

3.2. Pregunta de investigación

Considerando la insuficiencia instrumental identificada en la cabina del conductor y la necesidad de humanizar la interacción vial, se plantea la siguiente interrogante que guía el desarrollo del ecosistema Grazie:

¿Cómo adaptar dispositivos tecnológicos, nuevos o intervenidos, como complemento a los códigos viales establecidos, mediante la incorporación de palabras e íconos empáticos de lenguaje humano-a-humano, para facilitar la interacción entre conductores de automóviles y motociclistas en el Valle de Aburrá?

4. Hipótesis

La adaptación de dispositivos tecnológicos que habiliten la proyección de lenguaje empático “humano-a-humano”, funcionará como un complemento eficaz a los códigos viales normativos. Al permitir a los actores viales exteriorizar intenciones sociales más allá de las señales

binarias, aumentará la disposición a la cooperación en el ecosistema de movilidad del Valle de Aburrá, superando la rigidez de la interacción técnica actual.

5. Marco de Referencia

5.1. Marco Contextual

5.1.2. *Panorama de la siniestralidad vial en Colombia y el Valle de Aburrá*

La justificación operativa del proyecto Grazie nace de una realidad estadística alarmante: la siniestralidad vial se ha consolidado como un problema de salud pública de primer orden en Medellín y su área metropolitana. Los informes de la Agencia Nacional de Seguridad Vial (ANSV) y la Secretaría de Movilidad de Medellín revelan una tendencia donde las muertes por incidentes de tránsito han llegado a superar, en periodos específicos del año 2024, a las muertes por homicidio, lo que indica un cambio drástico en la percepción del riesgo urbano (Caracol Radio, 2024).

El análisis de los datos disponibles para el periodo 2023-2024 muestra una distribución desigual del riesgo, afectando desproporcionadamente a los **usuarios vulnerables de la vía**. Los motociclistas representan aproximadamente el 54% de la siniestralidad, seguidos por los peatones con un 37% (ANSV, 2024). Esta configuración del conflicto vial sugiere que la infraestructura actual, diseñada bajo paradigmas de control vehicular rígido, no está logrando proteger a los actores más frágiles. A pesar de la adopción de la estrategia "**Visión Cero**", la persistencia de comportamientos de riesgo, como el exceso de velocidad y el irrespeto a las señales de tránsito, evidencia una desconexión entre la norma técnica y la conducta humana (ANSV, 2023).

Ubicándonos en lo local, la cultura vial en Medellín se caracteriza por una tensión constante entre la "viveza" individual y la necesidad de orden colectivo. Estudios sobre el

comportamiento de los conductores en la región indican que factores como la prisa, el estrés y una percepción de impunidad frente a las infracciones menores alimentan un ciclo de agresividad (Ruiz-Pérez et al., 2014). En este contexto, la señal de tránsito tradicional se ha convertido en parte del "paisaje invisible": existe físicamente, pero ha perdido su autoridad semiótica frente a la urgencia subjetiva del conductor.

5.1.3. Lenguaje técnico vs. Lenguaje humano

El proyecto Grazie se fundamenta en la identificación de una falla estructural en la comunicación vial: el uso exclusivo de un **lenguaje imperativo y técnico** que no logra resonar con la dimensión emocional ni los códigos culturales del conductor. Este vacío genera una desconexión que contribuye a la agresividad y la falta de cooperación en la vía.

La señalización convencional, regida por principios de uniformidad global (como los de la Convención de Viena), presenta tres limitaciones estructurales en el contexto del Valle de Aburrá:

Ceguera por inatención y habitualidad: En entornos urbanos saturados de estímulos, la señal estática y predecible sufre de ceguera por inatención. El cerebro del conductor opera en el “**piloto automático**” (Sistema 1), filtrando la señal como ruido de fondo a menos que perciba una amenaza física inmediata.

Déficit de Empatía y Reciprocidad: Una instrucción técnica (“PARE”) comunica una norma impuesta por la autoridad, pero carece de la **función fática** (mantener el canal de comunicación abierto y verificar la conexión emocional). Esto es insuficiente para apelar a la cortesía, la empatía o la reciprocidad humana, lo que se traduce en la persistencia de conductas agresivas o distraídas.

Resulta fundamental precisar que la problemática se articula en el proyecto mediante un relato conceptual de la señal de PARE, la cual, en el desarrollo narrativo de sensibilización, es personificada con voz y emociones para representar el conflicto. Es crucial comprender que este recurso (la señal que “habla” o se metamorfosea en “**PARCE**”) constituye una metáfora conceptual y una herramienta ilustrativa empleada con el propósito de entender de una forma didáctica el punto de vista de objetos que a pesar de ser inertes, constituyen todo un universo que interactúa con los “actores viales humanos”:

“Parce... Pare”: una ciudad donde las señales quieren hablar con nosotros

Soy la Señal de PARE del cruce de siempre, en el Valle de Aburrá. Llevo años plantada en la esquina, roja, solemne, dizque “reglamentaria”. Desde que me crearon me enseñaron un idioma perfecto: geometría, color, tipografía correcta y altura reglamentada. Un idioma pensado para máquinas que obedecen y humanos que interpretan. Pero hoy tengo que confesarte algo: no siempre me entienden.

Mis vecinas, las direccionales, viven quejándose: —“Hacemos todo bien: parpadeamos a tiempo, a la derecha, a la izquierda, y aun así ellos aceleran para no dejarnos entrar”.

El semáforo interviene con paciencia de viejo, diciendo: —“Entiendan, hijas; son escenas de negociación. Nuestra gramática es impecable, pero suena lejana cuando hay afán”.

Nosotras hablamos Gratziliano: el idioma de los octágonos y triángulos, de las fases exactas y los pictogramas. El Gratziliano es lógico, preciso y universal... y, sin embargo, a veces no toca el corazón. En cambio, los humanos hablan otro idioma menos geométrico: el de los gestos, los “por favor”, los “gracias”, las miradas que ceden y los silencios que autorizan.

Por eso, cuando nuestros mundos chocan a la hora pico, el ruido se nutre de bocinas, frenazos y rabias que se heredan carro a carro, moto a moto.

Fue así como una noche, cuando los buses ya dormían y solo quedaban taxis cazando la última carrera, hicimos una asamblea. El semáforo bajó el brillo para que nadie

sospechara. La cebra trajo historias de peatones y la velocidad máxima contó sus tristezas.

Yo, el PARE, levanté la voz y dije: —“¿Y qué tal si aprendemos palabras humanas?”.

Hubo un silencio incómodo... Pero luego, las direccionales dijeron parpadeando: —

“¿Palabras? ¿Algo como... por favor?”.

—“¡Eso! —respondí—. Y también gracias, o disculpa. No propongo reemplazar la ley, sino acercarnos a ellos”.

Fue así como decidimos tener clases nocturnas de “humano básico”. Ensayamos en voz baja: “Parce... Pare”, “Adelante”... y hasta nos animamos a invitar a familiares de la nueva onda, como nuestro primo “el panel LED Migo” que puede decir “Por favor” y luego “Gracias”, con la ayuda de su hermana, una aplicación de voz que traduce el susurro del conductor humano en un mensaje breve para los de atrás.

No traicionaremos nuestra lengua materna; solo aprenderemos algunas palabras de humano para llegarles al corazón.

Porque nosotras vemos cosas que ustedes, en su vehículo, a veces olvidan: como el susto del que llega tarde al trabajo o el orgullo del que no quiere perder su lugar en el carril. Pero también vemos cómo un gesto amable cambia la ira por sonrisas, o que nadie quiere chocar; solo quieren llegar a su destino.

No sabemos si funcionará. Tal vez aprendamos que en algunos cruces basta con el Gratziliano de siempre y una pintura nueva. Está bien... Intentar también es aprender. Mientras tanto, aquí sigo, firme en mi esquina. Cuando amanezca y el valle se encienda, volveré a hacer lo mío: pedirte que levantes la vista y quizá escuches mi acento recién aprendido:

—“Parce... Pare”.

Y quizá me respondas en humano, con un gesto breve: —“Gracias, mijo”.

*Traducido del **Gratzilano***

El proyecto Grazie aborda la desconexión crítica en el entorno vial de Medellín entre la norma técnica y la conducta humana. Esta crisis no es solo de infraestructura, sino de fallas en la

comunicación e interacción humana en la vía. Los códigos viales tradicionales son insuficientes por carecer de la dimensión emocional necesaria para fomentar la cooperación en un contexto cultural de prisa. Por lo tanto, Grazie se justifica como una intervención de diseño de comportamiento que utiliza lenguaje humano-a-humano, apoyado en tecnología, para re-humanizar la interacción vial.

5.2. Marco Teórico

Para validar la hipótesis del ecosistema Grazie, la propuesta trasciende la intuición gráfica para fundamentarse en tres ejes teóricos: la economía conductual (para motivar la acción), la semiótica (para construir el mensaje) y la ergonomía cognitiva (para garantizar la seguridad de la interfaz tecnológica).

5.2.1. *Teoría del Nudge y Arquitectura de la Decisión*

El proyecto se fundamenta en los principios de la economía conductual, específicamente en la Teoría del Nudge (“pequeños empujones” Thaler y Sunstein (2008) definen un nudge como cualquier aspecto de la arquitectura de la decisión que altera el comportamiento de las personas de manera predecible, sin prohibir ninguna opción ni cambiar significativamente sus incentivos económicos.

En el contexto del ecosistema Grazie, la intervención tecnológica (App y Panel LED) actúa como un nudge digital diseñado para interrumpir el automatismo cognitivo del conductor. Según Kahneman (2011), la conducción experimentada es una actividad dominada por el “Sistema 1” de pensamiento: rápido, intuitivo y automático. Este estado de flujo, aunque eficiente, reduce la atención consciente hacia la interacción social.

La aparición de un mensaje empático inusual en el campo visual (como un “Gracias” o un icono gestual proyectado en el panel) rompe la expectativa habitual de la señalización estática. Esta disrupción visual obliga al conductor a transitar momentáneamente al “Sistema 2” (reflexivo y lento), aumentando su nivel de atención hacia el otro actor vial. Investigaciones recientes sobre señalización vial, como el estudio del “efecto del dígito izquierdo”, demuestran que la información que se desvía levemente de los patrones numéricos o visuales estándar logra

captar la atención de manera más efectiva que las señales normativas a las que el cerebro ya se ha habituado (Penolazzi et al., 2022).

Por lo tanto, Grazie no solo transmite un mensaje de cortesía, sino que modifica la arquitectura de la decisión en tiempo real: convierte el acto de ceder el paso o agradecer —que suele ser invisible u olvidado— en una opción explícita y socialmente gratificante.

5.2.2. Antropomorfismo y confianza en sistemas automatizados

Un pilar teórico distintivo del ecosistema Grazie es el uso del antropomorfismo tecnológico, definido como la tendencia psicológica a atribuir características, intenciones o emociones humanas a agentes no humanos. El proyecto no busca simplemente “decorar” la señalización, sino dotar a la infraestructura vial (a través del Panel LED y la App) de una “personalidad social” capaz de interactuar bajo códigos de lenguaje humano-a-humano.

La literatura científica sobre interfaces humano-máquina (HMI) y vehículos autónomos respalda la eficacia de este enfoque para modular el comportamiento. Estudios recientes indican que cuando un sistema automatizado exhibe rasgos antropomórficos, ya sea mediante una voz con entonación emocional o mensajes visuales que simulan cortesía, los usuarios humanos muestran niveles significativamente mayores de confianza y cooperación (Li et al., 2023).

Esta estrategia activa la norma social de la reciprocidad. En la interacción vial tradicional, el conductor percibe los objetos (semáforos, señales) como entidades pasivas que pueden ser ignoradas con bajo costo psicológico. Sin embargo, al humanizar el mensaje mediante el panel LED (que dice “Por favor” o “Gracias”), se transforma la percepción del objeto: el conductor siente que interactúa con un “otro” legítimo. La investigación sugiere que las interfaces antropomórficas inducen comportamientos más seguros al generar una sensación

de presencia social o de “ser observado” por un ente consciente, lo que disuade las conductas transgresoras típicas del anonimato vial.

5.2.3. Psicología del Tráfico: Desindividuación y Regulación Emocional

La intervención de Grazie se sustenta en la comprensión de los mecanismos psicológicos que detonan la agresividad en la vía. El fenómeno central a abordar es la desindividuación, un estado en el que el conductor, aislado dentro de la cabina y oculto tras el chasis, experimenta una pérdida de autoconsciencia y responsabilidad social. Al no tener contacto visual ni auditivo directo con los demás, el conductor tiende a percibir a los otros actores viales no como personas, sino como obstáculos mecánicos, facilitando conductas hostiles que no ocurrirían en una interacción cara a cara (Ruiz-Pérez et al., 2014).

Ante este escenario, la **empatía** se perfila como el principal factor protector. Investigaciones en psicología vial, como las desarrolladas por el programa *Attitudes* y la Universidad Autónoma de Barcelona, han demostrado una correlación inversa significativa: los conductores con mayores niveles de empatía presentan tasas de accidentalidad más bajas y un mayor respeto por las normas, ya que son capaces de anticipar y validar las intenciones del otro (Fernández-Castro, 2019).

El ecosistema Grazie actúa, por tanto, como una herramienta de **regulación emocional exógena**. Mientras que la señalización tradicional se limita a imponer restricciones, los mensajes empáticos proyectados por el Panel LED (Migo) buscan inducir estados emocionales positivos (sorpresa, gratitud, validación). La evidencia sugiere que las apelaciones emocionales positivas en seguridad vial pueden ser más efectivas que las tácticas basadas en el miedo o la sanción, ya que reducen la actitud defensiva del conductor y favorecen la internalización del mensaje de cooperación (Lewis et al., 2008).

5.2.4. Semiótica: De la Función Reguladora a la Función Fática

Desde la perspectiva semiótica, la señalización vial tradicional (como el pare o el semáforo) opera bajo una función exclusivamente reguladora y directiva. Según la clasificación de Peirce, estas señales actúan como “símbolos” (convenciones arbitrarias) e “índices” (indicadores de ley) que comunican una orden unilateral, pero carecen de capacidad para establecer un diálogo (Osnaya, 2021).

La innovación semántica de Grazie radica en la incorporación de la función fática del lenguaje. Siguiendo el modelo de comunicación de Jakobson, esta función no busca transmitir información técnica, sino abrir, mantener y verificar el canal de comunicación social entre los interlocutores. Cuando el dispositivo proyecta un mensaje como “Por favor + ícono de flecha” o un gesto de agradecimiento “Gracias + ícono”, el sistema valida la conexión emocional entre los actores viales, transformando un acto mecánico en un acto social.

Esta intervención genera una resemantización del espacio vial. La intersección deja de ser percibida únicamente como un punto de conflicto regulado por la autoridad, para convertirse en un lugar de negociación regulado por la comunidad. Este enfoque se alinea con las tendencias de diseño urbano contemporáneo que buscan crear “calles que hablan”, donde la infraestructura comunica valores cívicos y fomenta comportamientos cooperativos mediante un lenguaje visual accesible y humanizado.

5.2.5. Ergonomía digital y Diseño de Interfaces Automotrices (Car UI)

La validación funcional del ecosistema Grazie depende estrictamente de su comportamiento en escenarios de alta carga cognitiva. El diseño de la interfaz (UI) se rige por principios de ergonomía cognitiva orientados a minimizar la distracción, cruzando la normativa internacional con los hallazgos de la investigación de usuarios realizada en el Valle de Aburrá.

A. La Regla de los 2 segundos y carga cognitiva: El criterio rector es la "**Regla de los 2 segundos**" de la *National Highway Traffic Safety Administration* (NHTSA). Cualquier tarea secundaria que desvíe la vista por más de este tiempo incrementa exponencialmente el riesgo de accidente (NHTSA, 2012). Este principio teórico se validó en la fase de entrevistas con conductores locales, quienes enfatizaron que la seguridad depende de la inmediatez: los mensajes deben ser "ultra cortos" y de "latencia baja" para no perder valor ni generar distracción. Por consiguiente, la interfaz de Grazie se diseña bajo el concepto de **micro-interacciones**, limitando el catálogo a 6-8 palabras predefinidas (como "Gracias", "Pasa") para evitar la carga cognitiva que implicaría el texto libre.

B. Legibilidad y Estándares Visuales (ISO 15008): Para garantizar la lectura en movimiento, el sistema adopta la norma **ISO 15008**. Esta normativa exige altos contrastes y tamaños mínimos de carácter para condiciones de vibración (ISO, 2017). La investigación de campo reforzó este requerimiento técnico: los usuarios identificaron el "alto contraste", el "modo oscuro" y la ausencia de animaciones complejas como requisitos indispensables para la aceptación del dispositivo, evitando así el deslumbramiento nocturno o la fatiga visual.

C. Paradigma "Voice First" y Multimodalidad: La interacción prioritaria se estructura bajo el paradigma "**Voice First**" (Primero la Voz), respaldado por *Nielsen Norman Group* (2018) como el canal más seguro para reducir la interferencia manual. Sin embargo, los hallazgos empíricos del proyecto evidenciaron una limitación crítica en el contexto local: la interferencia sonora (ruido de motos y tráfico) puede afectar la precisión del comando de voz. Por tanto, evolucionando la teoría pura, Grazie se define no como *Voice-Only*, sino como un sistema **Multimodal (Voz + Botón)**. Se incorpora una alternativa física (botón Bluetooth o en

volante) para asegurar la accesibilidad y seguridad cuando la voz no es viable, respondiendo a la necesidad real del usuario de tener control total sin latencia.

5.2.6. *Diseño "Voice First" (Primero la Voz)*

El diseño de interacción de la aplicación Grazie se enmarca en el paradigma "**Voice First**", el cual prioriza la voz como el método principal de entrada y salida de información, relegando la pantalla a un rol de soporte visual secundario. Según *Nielsen Norman Group*, en contextos de atención dividida como la conducción, la interfaz de voz es superior a la táctil porque reduce la carga biomecánica (manos en el volante) y visual (ojos en la vía) (Nielsen Norman Group, 2018).

Sin embargo, la investigación de campo realizada con conductores en el Valle de Aburrá reveló limitaciones críticas en la aplicación pura de este modelo. Las pruebas de usuario evidenciaron que el **ruido ambiente** (frecuente en motocicletas o vehículos con ventanas abiertas) y la latencia del reconocimiento de voz pueden generar frustración o errores en momentos críticos de negociación vial.

Para mitigar estos riesgos, el sistema Grazie evoluciona hacia un modelo de interacción multimodal:

Economía del lenguaje: Aplicando las máximas conversacionales de Grice (cantidad y relevancia), el catálogo de comandos se restringió intencionalmente a 6-8 palabras clave: Derecha, Izquierda, Gracias, Adelante, Emergencia y Disculpa. Esto elimina la complejidad del procesamiento de lenguaje natural (NLP) extenso, garantizando una baja latencia de respuesta, vital para que el mensaje aparezca en el panel justo cuando la maniobra ocurre.

Redundancia táctil (voz + botón): Respondiendo a los hallazgos del *Card Sorting* y las entrevistas, la interfaz incorpora controles táctiles de gran tamaño (*XL Tap Targets*) y soporte

para botones físicos Bluetooth (en volante o manillar). Esto ofrece al usuario un "plan B" inmediato: si la voz falla por ruido, el conductor puede activar el mensaje con un solo toque sin desviar la mirada, manteniendo la sensación de control (Google Developers, 2023).

Feedback no visual: Dado que el usuario no debe mirar la pantalla para confirmar si el sistema entendió, Grazie implementa "earcons" (iconos sonoros) y vibración háptica. Estos estímulos confirman la ejecución del comando (ej. sonido de éxito al proyectar "Gracias"), cerrando el ciclo de comunicación sin necesidad de atención visual.

5.2.7. Psicología del color y legibilidad

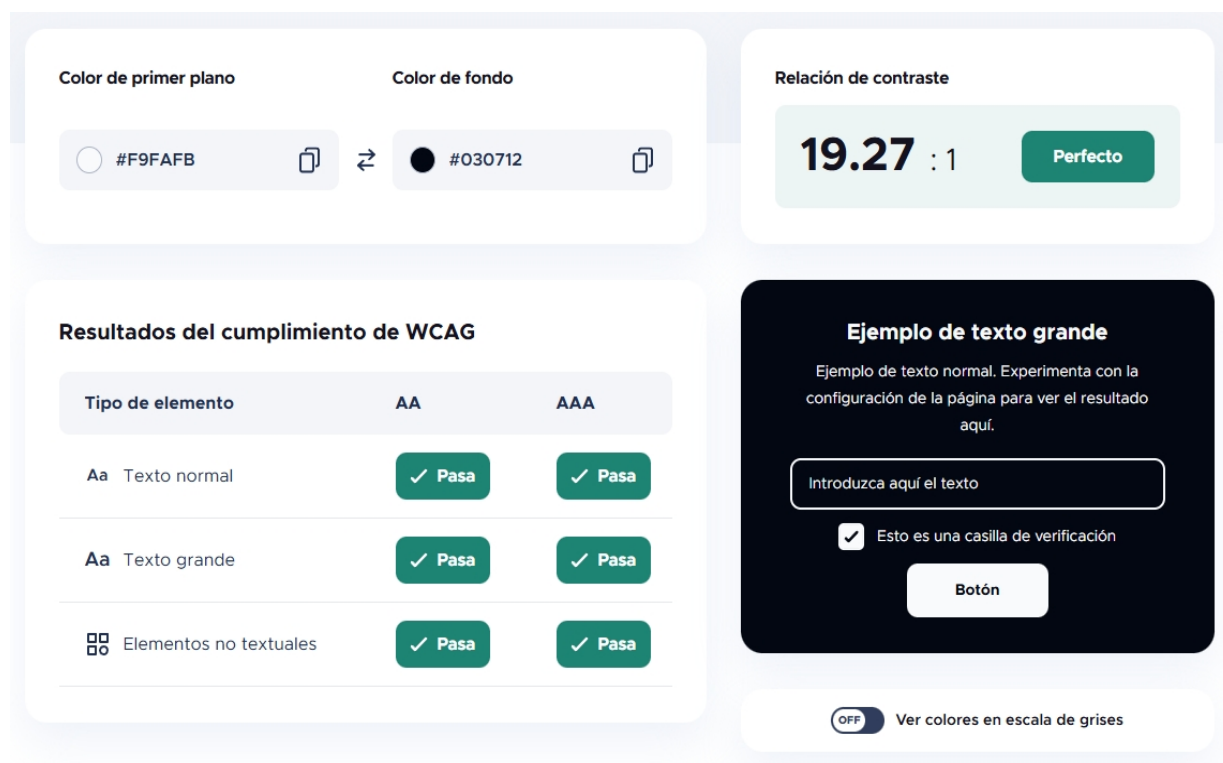
La legibilidad de los mensajes proyectados en el Panel Migo y visualizados en la App se rige por el concepto de **ergonomía cromática**, la cual asegura que la información crítica pueda ser percibida en diversas condiciones de luz, desde sol intenso hasta la oscuridad total de la noche.

Este principio se formaliza mediante el **ratio de contraste**, un indicador clave para la seguridad:

Contraste para legibilidad (WCAG 2.1): Los estándares internacionales de accesibilidad web (WCAG 2.1) establecen un requisito mínimo de contraste de 4.5:1 para el texto normal. Sin embargo, para la información crítica o de seguridad vial, las guías de diseño de interfaces de conducción (como Apple CarPlay) sugieren apuntar a un ratio de 7:1 o superior. La medición del diseño cromático para el Panel Migo, como se ilustra en la Figura 1, confirma que el sistema de colores seleccionado cumple y excede consistentemente este requisito de seguridad visual (W3C, 2018). Esto garantiza que los mensajes sean percibidos rápidamente, incluso por conductores con visión reducida o bajo fatiga.

Figura 1

Validación del Ratio de Contraste Cromático para la Interfaz Grazie.



Nota. El gráfico muestra la medición del contraste (generalmente superior a 7:1) de la paleta de colores del ecosistema Grazie (texto blanco/amarillo sobre fondo negro), asegurando que se excede el requisito mínimo de 4.5:1 exigido por WCAG 2.1 e ISO 15008 para la legibilidad de información crítica en entornos viales.

Modo Oscuro y Deslumbramiento (Glare): La implementación de un **modo oscuro** no es una opción estética, sino una medida obligatoria de seguridad. El uso de fondos oscuros reduce drásticamente el **deslumbramiento** (*glare*), evitando la ceguera momentánea que ocurre cuando el ojo se adapta bruscamente de una pantalla brillante a un entorno externo oscuro. Este principio es adoptado por las guías de diseño automotriz (Google Developers, 2023), y es un requerimiento explícito en la literatura sobre factores humanos en la conducción (NHTSA, 2012). Por tanto, tanto la aplicación móvil como el Panel Migo operan bajo una paleta de alto contraste optimizada para fondos oscuros.

Psicología semántica del color principal y diseño situado:

La selección del color verde como color principal (primary color) de la marca y la interfaz no fue exactamente una decisión estética, sino una conclusión estratégica derivada del diseño situado.

Una encuesta preliminar, donde se mostró a usuarios la palabra "Por favor" con textos de color Rojo, Amarillo y Verde, sobre fondo negro, reveló que el verde fue percibido como el color más empático y con mayor intención de cooperación. Esta validación empírica se alinea con la Semiótica Vial: en el contexto de la conducción, el verde está universalmente asociado a la permisividad, la acción positiva y el avance, mientras que el rojo se asocia a la restricción y el amarillo a la prevención. Por lo tanto, el uso del verde garantiza que, incluso antes de leer el mensaje completo, el cerebro del receptor lo clasifique automáticamente como un estímulo no agresivo y cooperativo, potenciando el *nudge* conductual del sistema.

Figura 2

Percepción de Empatía y Cooperación Vial según el Color.

De las siguientes combinaciones de color y palabra, cual percibe usted como “**más amable**”



Pregunta para proyecto académico.
Edisson Montoya Urrego

5.3. Estado del arte

El proyecto Grazie no surge en el vacío, sino que se inscribe en una tendencia global hacia la humanización de la movilidad y se justifica por el vacío de interacción social que dejan las tecnologías actuales. El Estado del Arte se estructura en la revisión de referentes conceptuales y el benchmarking de soluciones tecnológicas para validar la originalidad del ecosistema propuesto.

5.3.1. Referentes de Señalización Empática y Diseño de Comportamiento

A nivel global, la investigación en diseño de comportamiento valida la eficacia de las señales que apelan a la emoción sobre las que solo dictan la ley. El caso más referenciado es

"**The Dancing Traffic Light**" (Smart, 2014), un semáforo que logró aumentar el respeto a la luz roja en un 81% mediante la mimesis lúdica de los movimientos humanos. Este referente demuestra que la inclusión de la dimensión social y lúdica en la infraestructura vial es un *nudge* poderoso para modificar conductas. De manera similar, la experimentación con "señalización emocionalmente inteligente" ha probado ser más efectiva para reducir la velocidad en ciertas zonas que las señales numéricas estándar, al apelar directamente a la empatía del conductor (Pink, 2009).

Estos antecedentes confirman la premisa de Grazie: la **intervención semiótica** sobre la señalización es un camino viable para la seguridad vial, pero el proyecto avanza al trasladar este principio del plano estático (pintura o instalación fija) al plano **dinámico y digital** (Panel Migo).

5.3.2. Urbanismo Táctico y Sistemas de Transporte (ITS)

En el contexto local, el **Urbanismo Táctico** en el Valle de Aburrá representa la intención de generar cambios rápidos en la conducta vial (pacificación, reducción de velocidad) mediante intervenciones de bajo costo. Sin embargo, su limitación es su naturaleza estática. En el ámbito de la tecnología, los **Sistemas Inteligentes de Transporte (ITS)** y los Paneles de Mensaje Variable (PMV) de la ciudad están subutilizados; su función es casi exclusivamente **informativa** (tráfico, accidentes) o **institucional** (campanas genéricas), careciendo de la capacidad de ser **instrumentos bidireccionales** de comunicación entre actores viales.

Aquí se detecta la primera brecha: no existe una solución que combine la eficacia emocional del diseño de comportamiento con la flexibilidad y el dinamismo de los PMVs existentes o un nuevo *hardware* de bajo costo.

5.3.3. Benchmarking de interfaces digitales

El ejercicio de **Benchmarking** realizado sobre aplicaciones de navegación (Waze, Google Maps) y asistentes de voz (Siri, Alexa) estableció la **brecha funcional** que Grazie busca llenar:

Foco Instrumental: Los referentes tecnológicos son altamente eficientes en la navegación y la optimización de rutas. Sin embargo, carecen totalmente de funciones específicas para la **interacción social directa, fática y empática** entre conductores (App App Store, 2023). No existe un comando de voz nativo que le permita a un conductor agradecer, disculparse o solicitar prioridad con lenguaje humano.

A pesar de que aplicaciones como Waze promueven la creación de comunidades digitales, el diseño de estas interfaces se concibe bajo el supuesto de que el conductor interactúa solo con la plataforma, no con los demás usuarios viales en el espacio físico.

El estado del arte concluye que, si bien existen soluciones que humanizan la señalización (5.3.1) y otras que optimizan el *flujo de usuario* (5.3.3), **a la fecha no se ha logrado encontrar ningún ecosistema que tenga la intención de combinar la ergonomía de una interfaz *voice-first* con la semántica emocional para crear un canal de comunicación social instrumentalizado** para la cooperación vial. Esto define el espacio de innovación de Grazie.

5.4. Marco legal y normativo:

Se El desarrollo e implementación del ecosistema Grazie está enmarcado por la normativa colombiana de tránsito y la regulación técnica de dispositivos vehiculares. Este marco tiene como objetivo demostrar que Grazie opera como un dispositivo **complementario** de comunicación social y no como un sustituto o modificador de la señalización vial oficial, asegurando su legalidad y funcionalidad.

5.4.1. La Complementariedad con la Señalización Vial Oficial

La operación semántica de Grazie se distancia del **Manual de Señalización Vial de Colombia** (ANSV, 2024), cuyo propósito es la uniformidad y el carácter imperativo de los dispositivos (Señales Reglamentarias (R), Preventivas (P) e Informativas (I)).

No Sustitución: El proyecto se adhiere a la **estrategia de Visión Cero** (ANSV, 2023), que prioriza la seguridad y la protección de la vida. Grazie no reemplaza en ningún caso las señales regulatorias existentes (PARE, CEDA EL PASO, etc.).

Definición Legal del Contenido: Los mensajes proyectados (“Gracias”, “Adelante”, “Por favor”) son considerados **comunicación social o función fática**. Su objetivo es facilitar la interacción entre pares y no dictar una norma de tránsito. Dado que la ley no restringe la comunicación no reglamentaria entre conductores, Grazie se justifica como un dispositivo de información y cortesía.

5.4.2. Regulación del Hardware (panel, migo y luminosidad)

La legalidad del Panel Migo (el *hardware* LED) se rige principalmente por el **Código Nacional de Tránsito Terrestre (Ley 769 de 2002)**, específicamente en sus artículos referentes a los dispositivos de iluminación y elementos de seguridad.

Prohibición de Mimetismo: El Artículo 86 de la Ley 769/2002 establece que los vehículos deben utilizar sistemas de iluminación que no induzcan a error o confusión. El diseño de Grazie cumple con este requisito de la siguiente manera:

Colorimetría Segura: La selección del color **verde** como *primary color* (ver 5.2.7) evita la confusión con los colores reservados para vehículos de emergencia (rojo intermitente, azul) o vehículos oficiales y de servicio (ámbar, blanco).

Contenido no oficial: Al proyectar solo mensajes de cortesía, el Panel Migo no puede confundirse con un **Panel de Mensaje Variable (PMV)** institucional usado por la autoridad de tránsito para informar sobre accidentes o desvíos.

Estándares de diseño técnico: La implementación de la norma **ISO 15008** y las guías **WCAG 2.1** (ver 5.2.7) garantiza que el brillo del dispositivo LED se ajuste automáticamente para evitar el **deslumbramiento** (*glare*) y la distracción, cumpliendo con la exigencia legal de no poner en peligro la seguridad vial por exceso de luminosidad. Por lo tanto, el Panel Migo opera legalmente como un **dispositivo de información personalizada adicional**.

5.4.3. Viabilidad regulatoria y marco de innovación

La regulación vial en Colombia, aunque estricta en su señalización, permite la inclusión de tecnologías que promuevan la seguridad y la convivencia. Al enmarcar Grazie como una herramienta de **Educación y Comportamiento Vial** (ANSV, 2023), el proyecto se alinea con la tendencia actual de buscar soluciones innovadoras que trasciendan la mera imposición de sanciones. Implementar naturaleza de código abierto en la aplicación permitiría que el sistema pueda ser auditado y potencialmente integrado o reconocido por futuras normativas de **Sistemas Inteligentes de Transporte (ITS)**.

5.5. Aspectos ambientales y éticos

La materialización del ecosistema Grazie, tanto en su *hardware* (Panel Migo) como en su estrategia de *nudge* (diseño persuasivo), conlleva responsabilidades que deben ser abordadas desde la sostenibilidad y la ética de la intervención.

5.5.1. Impacto Ambiental y Contaminación Lumínica

La implementación de dispositivos lumínicos en el entorno vial genera dos desafíos ambientales principales: la eficiencia energética y la prevención de la contaminación lumínica.

Control de Luminancia (RETILAP): El Panel Migo debe cumplir estrictamente con el **Reglamento Técnico de Iluminación y Alumbrado Público (RETILAP)**, actualizado mediante la Resolución 40150 de 2024. Esta normativa establece los límites máximos de luminancia (medidos en *nits*) permitidos para pantallas y avisos luminosos en espacio público y semi-público. La adhesión a RETILAP es indispensable para evitar el **deslumbramiento** (*glare*) de otros conductores y la **intrusión lumínica** en zonas residenciales. El diseño se apoya en los principios de **Modo Oscuro** y **Alto Contraste** (ver 5.2.7) para modular el brillo en tiempo real.

Eficiencia Energética y Sostenibilidad: Para reducir la huella de carbono y simplificar la viabilidad del prototipo, se recomienda que el Panel Migo, en su fase de producción, integre o al menos considere sistemas de alimentación basados en **energía solar fotovoltaica**. Esta decisión no solo se alinea con las metas de sostenibilidad de Medellín (Área Metropolitana, 2023), sino que ofrece una solución de bajo consumo eléctrico que facilita la instalación y mantenimiento en la infraestructura vial y vehicular.

5.5.2. Consideraciones Éticas del Diseño Persuasivo

El proyecto Grazie, al buscar influir en el comportamiento del conductor, se somete a un riguroso análisis ético en tres dimensiones:

La Ética del Nudging y el Paternalismo Libertario: La aplicación de la Teoría del Nudge genera debate sobre si el diseño persuasivo es intrínsecamente manipulador, ya que busca eludir la decisión racional. No obstante, en el contexto de la seguridad vial —donde las decisiones impulsivas y agresivas (Sistema 1) ponen en riesgo la vida—, el *nudge* se considera éticamente justificado bajo el principio de **beneficencia**. Esta intervención se enmarca en el

Paternalismo Libertario (Thaler & Sunstein, 2008), donde se busca influir en las elecciones del usuario para mejorar su bienestar (reducir accidentes), pero manteniendo siempre la libertad de elección (el conductor es libre de ignorar o no instalar el dispositivo). La mitigación ética se garantiza mediante la **transparencia**: el conductor sabe que está interactuando con un mensaje emocional, no siendo engañado por una autoridad.

La Paradoja de la Distracción (Riesgo de Seguridad): El riesgo ético más significativo es que el dispositivo se convierta en una fuente de distracción, anulando su propósito de seguridad. Esta es la **Paradoja de la Distracción** (NHTSA, 2012). Para mitigarla, el diseño del ecosistema se ciñe a directrices estrictas (ver 5.2.5 y 5.2.6):

- **Regla de los 2 segundos:** La visualización de los mensajes es temporal y legible en menos de dos segundos.
- **Activación Controlada:** La activación principal mediante Voice First y la activación secundaria mediante el botón físico están diseñadas para mantener la vista del conductor en la vía.
- **No Mimetismo:** El Panel Migo nunca debe transformarse de una manera que oculte o interfiera con las señales reglamentarias (luz de freno o direccionales).

Inclusión Cultural y Diseño Situado: La elección de palabras con alta resonancia local, como "**Parce**", responde a una estrategia de **diseño situado** para potenciar la empatía y la apropiación cultural. Si bien el uso de regionalismos puede plantear retos en la universalidad del mensaje (turistas, adultos mayores), el contexto urbano de Medellín y la ubicuidad de la expresión minimizan el riesgo de rechazo cultural, al tiempo que maximizan la resonancia emocional necesaria para el *nudge*. La validación de la legibilidad se enfoca en el mensaje y en la semiótica del color verde como universalmente permisivo.

5.6. Marco Conceptual:

El **Marco Conceptual** establece las definiciones operacionales de los términos clave, explicando su rol y su relación dentro del proyecto de Investigación-Creación, lo cual sirve de puente entre la teoría y la materialización del artefacto.

Ecosistema Grazie: Conjunto de artefactos digitales y físicos interconectados (Aplicación móvil, interfaz de voz y **Panel Migo**) diseñado para operar como un canal instrumental para la **comunicación empática** entre actores viales. Su esencia reside en ser una solución sistémica que media la interacción social.

Nudge: Estrategia de **diseño de comportamiento** (Thaler & Sunstein, 2008) que utiliza estímulos sutiles y transparentes. En el contexto de Grazie, el **Panel Migo** funciona como un *nudge* visual que interrumpe el automatismo del conductor (Sistema 1), impulsándolo hacia una respuesta cooperativa (Sistema 2), lo cual se considera éticamente justificado bajo el principio de beneficencia para la seguridad vial.

Función Fática: Componente del lenguaje (Jakobson) cuyo propósito es abrir, mantener y verificar el canal de comunicación y la conexión social. En Grazie, esta función se materializa a través del **lenguaje humano-a-humano** (mensajes como “Gracias” o “Por favor”), transformando una señal técnica en un acto de contacto social que fomenta la reciprocidad.

Voice First: Paradigma de diseño que establece la voz como el método primario de entrada de comandos, minimizando la distracción visual. Dentro del ecosistema, este principio se adapta a un modelo **Multimodal** (Voz + Táctil) para incorporar una redundancia física, necesaria para mitigar los fallos de reconocimiento de voz causados por el ruido ambiental (diseño

validado por entrevistas).

Diseño situado: Estrategia que ancla las decisiones de diseño a las características culturales y contextuales específicas del Valle de Aburrá. Esta perspectiva justifica la elección de la palabra “Gracias” y el color verde, basándose en la **resonancia cultural** y la semiótica vial local, haciendo la solución altamente pertinente y aceptable.

Desindividuación: Estado mental experimentado por el conductor donde el aislamiento y el anonimato reducen la empatía y la responsabilidad social. La meta de Grazie es contrarrestar esta desindividuación inyectando interacción social y conciencia del “otro” en el momento crítico de la negociación vial.

Panel Migo: Dispositivo de *hardware* (pantalla LED) que se instala en el vehículo. Es el elemento de salida que proyecta los mensajes empáticos. Su diseño se rige por estándares de **legibilidad y seguridad** (ISO 15008 y WCAG 2.1), asegurando el cumplimiento legal (RETILAP) y la eficacia visual.

6. Objetivos

6.1. Objetivo General

Prototipar un ecosistema de interacción vial (aplicación móvil y dispositivo de visualización), basado en lenguaje empático “humano-a-humano”, para validar su viabilidad funcional y su potencial como herramienta de cooperación entre los actores viales del Valle de Aburrá.

6.2. Objetivos específicos

- Caracterizar los patrones de interacción y las brechas comunicativas de los actores viales en el Valle de Aburrá, para definir los requerimientos de experiencia (UX) y los escenarios de uso del sistema.
- Configurar el diseño de interfaz (UI) y la arquitectura de información de la aplicación móvil bajo principios “Voice First”, asegurando su integración ergonómica con los dispositivos de visualización exterior.
- Materializar el ecosistema Grazie en un prototipo funcional (Nivel Alfa), integrando los componentes digitales y análogos necesarios para permitir la proyección de mensajes en un entorno controlado o simulado.
- Validar la propuesta mediante pruebas de usuario, evaluando la legibilidad, la usabilidad y la respuesta emocional de los conductores frente al lenguaje empático proyectado.

7. Metodología

7.1. Enfoque Metodológico

El presente proyecto se enmarca en el paradigma de la **Investigación-Creación**, un modelo de generación de conocimiento propio de las disciplinas proyectuales donde la indagación teórica y la práctica de diseño convergen para producir un artefacto tecnológico (el Ecosistema Grazie).

El proceso metodológico adopta el enfoque de **Diseño Centrado en el Usuario (HCD)**, utilizando el modelo de **Design Thinking** (Empatizar, Definir, Idear, Prototipar y Testear) como estructura rectora. Este enfoque permite iterar entre la comprensión profunda del comportamiento del conductor en el Valle de Aburrá y la validación técnica de la solución *voice-first*, asegurando que el producto final no solo sea funcional, sino culturalmente pertinente y ergonómicamente seguro.

7.2. Fases de la Investigación

La ruta metodológica se desplegó en tres fases consecutivas, cada una con instrumentos específicos de recolección y análisis de información:

Fase 1: Inmersión y diagnóstico (Empatizar)

El objetivo de esta fase fue validar la existencia del problema (la falta de cooperación) y comprender los modelos mentales de los conductores locales.

- **Observación (registro videográfico):** Se realizó un levantamiento visual en puntos críticos de congestión en Medellín durante horas pico. El análisis de estas

grabaciones permitió evidenciar patrones de comportamiento no cooperativo, “cierres” agresivos y la ineficacia de la comunicación gestual actual.

- **Entrevistas semiestructuradas:** Se aplicaron cuestionarios cualitativos a conductores activos para identificar sus frustraciones ("dolores") y su apertura hacia nuevas tecnologías de asistencia.
- **Benchmarking tecnológico:** Se realizó un análisis comparativo funcional de aplicaciones líderes (Waze, Google Maps, sistemas OEM), identificando la brecha existente en funciones de interacción social.

Fase 2: Estructuración y Arquitectura (Definir e idear)

En esta etapa se sintetizaron los hallazgos para construir los requerimientos del sistema.

- **Modelado de arquetipos (User personas):** Se crearon perfiles ficticios basados en datos reales ("Andrés" y "Laura") para guiar las decisiones de diseño según necesidades específicas de seguridad y rapidez.
- **Card sorting:** Se utilizó esta técnica para validar la arquitectura de información de la aplicación, asegurando que la estructura de menús fuera intuitiva y mínima para reducir la carga cognitiva.
- **Storyboard:** Se desarrollaron guiones gráficos para visualizar el POV del usuario en situaciones de negociación vial real.

Fase 3: Prototipado y materialización

Construcción del artefacto tangible.

Diseño de Interfaz (UI) y Sistema Voice-First: Desarrollo de prototipos de alta fidelidad aplicando las guías de Android Auto/CarPlay y los principios de ergonomía visual.

7.3. Instrumentos de recolección y análisis

A continuación, se detallan los instrumentos específicos aplicados y su contribución al desarrollo del proyecto:

7.3.1. *Observación videográfica*

Como instrumento primario de validación del problema, se capturaron y analizaron secuencias de video en intersecciones de alta densidad vehicular en Medellín.

Hallazgo: Los videos evidenciaron que el uso de direccionales es frecuentemente ignorado por otros conductores, quienes aceleran para bloquear el paso. Esto corroboró la premisa de que la señal lumínica estándar ha perdido su poder de negociación, validando la necesidad de una señal que pueda realmente establecer comunicación humano-a-humano.

7.3.2. *Entrevistas semiestructuradas*

Se diseñó un guion de entrevista aplicado a una muestra de conductores (rango 23-46 años) del Valle de Aburrá. El instrumento indagó sobre hábitos de comunicación, estrés vial y reacción ante prototipos conceptuales.

Validación de la multimodalidad: Un hallazgo crítico derivado de este instrumento fue que, aunque la voz es deseable, el ruido ambiente de Medellín (motos, tráfico) genera desconfianza en la precisión del sistema. Esto obligó a pasar el diseño de *Voice-Only* a **multimodal (voz + botón físico)**, una decisión clave para la viabilidad del proyecto.

7.3.3. *Benchmarking de soluciones similares*

Se aplicó una matriz de análisis comparativo sobre tres referentes directos: Android Auto, Apple CarPlay y Waze.

Resultado: Se identificó que, si bien estas aplicaciones resuelven la *navegación* (llegar del punto A al B), ignoran la *interacción social* (cómo me relaciono con otros en el camino). Este vacío funcional definió la propuesta de valor única de Grazie.

7.3.4. Card sorting (validación de arquitectura de información)

Para definir la estructura de navegación de la App, se realizó un ejercicio de *Card Sorting* (abierto y cerrado) con usuarios potenciales. Se les pidió agrupar funciones como “Conectar Panel” y “Editar perfil”.

Los resultados (ver Figura 3) mostraron que los usuarios no distinguían entre “Configuración” y “Cuenta”. Basado en esto, se simplificó la interfaz, fusionando ambas secciones en un único menú de “Ajustes”, con el fin de cumplir con el principio de minimalismo extremo para seguridad vial.

Figura 3.

Matriz de resultados del Card Sorting

Cards	Configuración	Gestionar Cuenta
Emparejar panel	89%	11%
Configurar pantalla inicial	89%	11%
Elegir idioma	89%	11%
Habilitar orden de las palabras	78%	22%
Activar / desactivar por voz	56%	44%
Cerrar sesión	11%	89%
Ayuda	22%	78%
Editar usuario y contraseña	22%	78%

Nota. El ejercicio permitió reducir la profundidad de navegación de la aplicación, optimizando el acceso a funciones críticas.

7.3.5. Arquetipos de usuario (*buyer personas*)

Con base en la información demográfica y psicográfica recolectada, se construyeron dos arquetipos de usuario para testear conceptualmente las funciones:

- **Andrés (Conductor urbano):** Valora la cortesía pero requiere inmediatez.
- **Laura (conductora):** Prioriza la seguridad personal y necesita confirmación visual rápida. Estos perfiles permitieron filtrar características innecesarias y centrar el MVP en la seguridad.

7.3.6. Estudio de caso y validación de interferencia (*análisis de Waze*)

Para sustentar la decisión de diseñar bajo el principio *Voice First*, se realizó una investigación mixta (Cualitativa-Cuantitativa) centrada en las limitaciones de la interacción táctil

en aplicaciones de navegación líderes (Waze). El objetivo fue medir la relación entre la complejidad de la interfaz y la intención de uso durante la conducción.

A. Análisis documental de feedback (Desk Research): Se procesaron y analizaron **196 comentarios de usuarios** en tiendas de aplicaciones entre agosto y septiembre de 2025.

- **Hallazgo principal:** Se identificó una demanda explícita no satisfecha por funciones de confirmación por voz. Los usuarios manifestaron frustración ante la eliminación de comandos de voz personalizados y señalaron que la obligación de confirmar alertas tocando la pantalla (“¿Sigue ahí?”) genera distracción y riesgo de accidente.
- **Implicación para el proyecto:** Esto validó que la interacción por voz no es una característica accesorio, sino un requerimiento crítico de seguridad y conexión emocional para el conductor.

B. Encuesta de complejidad percibida y desistimiento Se aplicó un cuestionario estructurado a una muestra de conductores activos para evaluar la fricción en el reporte de incidentes.

- **Datos Clave:**

El **54% de los encuestados** admitió haber desistido de reportar un incidente relevante porque el proceso implicaba distraerse conduciendo.

El **46%** no reportó nada en el último mes debido a la dificultad percibida ("demasiados pasos").

- **Conclusión:** Existe una correlación directa entre la carga cognitiva (número de toques) y el desistimiento. Esto fundamenta la regla de diseño de Grazie: **"One-Shot**

Interaction" (un solo comando de voz), eliminando los flujos de múltiples pasos que causan el abandono de la tarea en Waze.

C. Entrevista focalizada sobre barreras de interacción Se realizaron entrevistas en profundidad específicas sobre el flujo de reporte manual **(Anexo F)**.

- **Insight:** Los participantes (ej. Vladimir M., Nelson Q.) confirmaron que la manipulación táctil se percibe como “insegura” a altas velocidades o en tráfico denso.
- **Validación de hipótesis:** Todos los entrevistados expresaron una alta intención de uso hacia un sistema de **canal manos libres**. Perciben que la voz elimina la barrera física del teléfono, permitiendo la interacción social (reportar/agradecer) sin comprometer el control del vehículo.

7.4. Población y muestra

La investigación se centró en la población de conductores de vehículos particulares (automóviles) y motocicletas que circulan diariamente por el Área Metropolitana del Valle de Aburrá, expuestos a condiciones de tráfico de alta densidad.

Muestra cualitativa: Se seleccionó una muestra por conveniencia de conductores con experiencia mínima de 2 años, usuarios habituales de *smartphones* y aplicaciones de navegación, garantizando familiaridad tecnológica para la evaluación del prototipo *Voice First*.

8. Resultados e impactos esperados

El desarrollo del ecosistema Grazie materializa la investigación en un artefacto tecnológico funcional y una serie de proyecciones estratégicas. A continuación, se describen los tangibles del proyecto, su matriz de riesgos y su categorización como producto de generación de conocimiento.

8.1. Prototipo y manual de implementación

El resultado central de esta investigación-creación es un **Prototipo funcional de alta fidelidad de aplicación Versión Alfa**, compuesto por una aplicación móvil desarrollada en *React Native* y con simulación de envío a panel en pantalla. Este prototipo valida la interacción *Voice First* y la arquitectura de la información centrada en la seguridad vial.

8.1.1. Definición del MVP (*Producto Mínimo Viable*)

El MVP se centra exclusivamente en la función de "comunicación cortés" bajo condiciones de seguridad. Sus características técnicas validadas son:

Interacción One-Shot: Activación por comando de voz único ("Grazie, [mensaje]") sin diálogos conversacionales complejos.

Catálogo cerrado de seguridad: Restricción a 6 mensajes predefinidos (Derecha, Izquierda, Gracias, Adelante, Emergencia, Disculpa) para evitar el mal uso semántico.

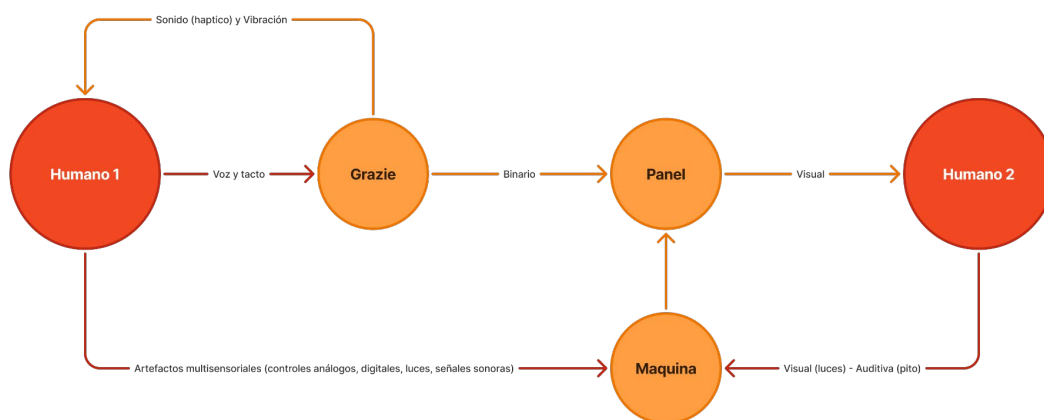
Modo multimodal: Implementación de botones XL (72px de altura) como redundancia táctil ante fallos por ruido ambiente.

Simulación de hardware: Integración de lógica BLE (*Bluetooth Low Energy*) simulada para la conexión con el panel exterior.

8.1.2. Arquitectura y flujo de usuario

Figura 4

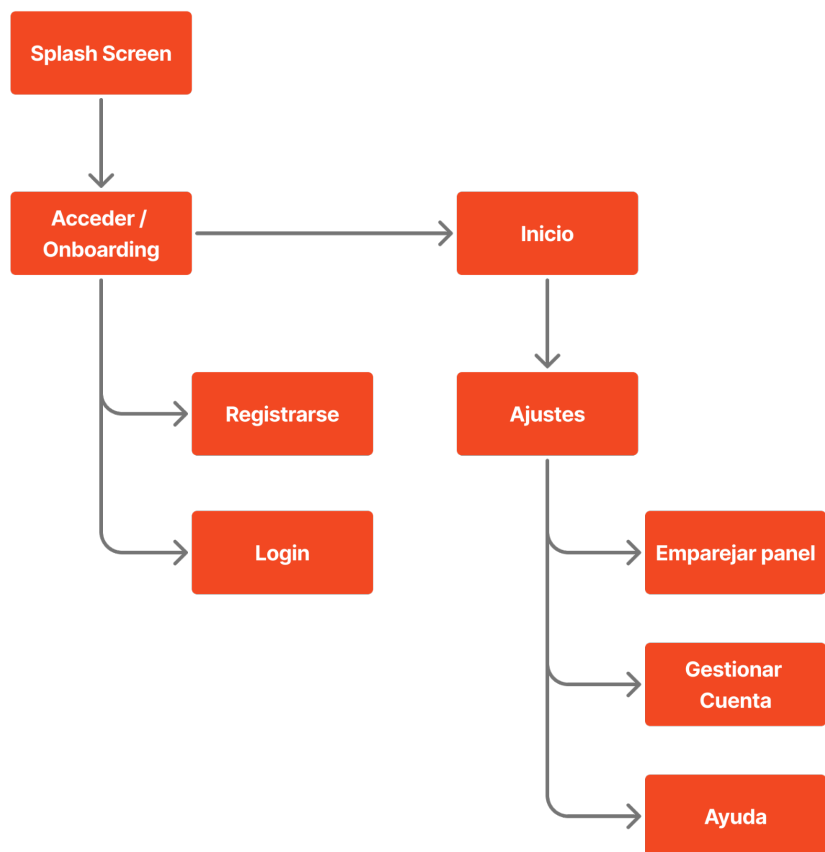
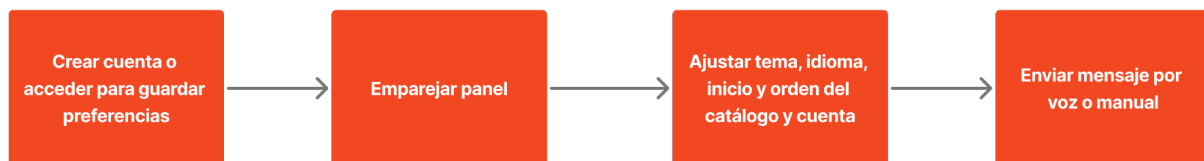
Interfaces, interfases, interficies

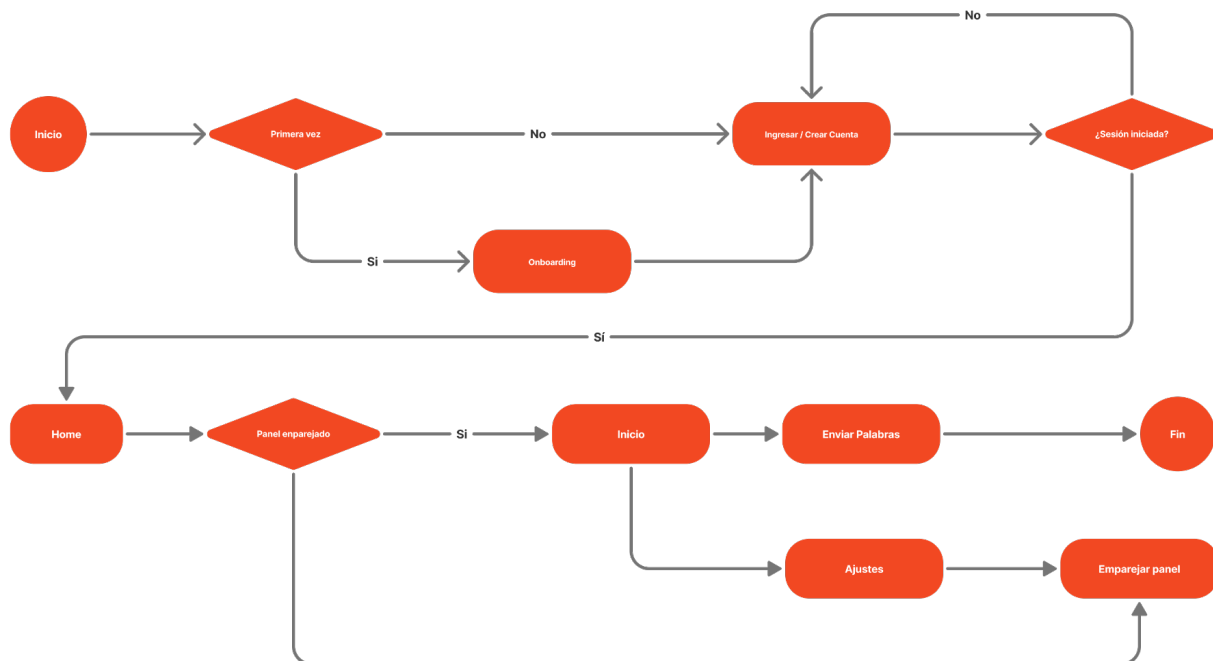


La prueba de card sorting (**Figura 3**), validó que las dos categorías ("Configuración" y "Gestionar Cuenta") eran intuitivas para los usuarios. Sin embargo, para minimizar la interfaz al máximo (un principio clave del proyecto) y reducir la navegación a un solo nivel de profundidad, se tomó la siguiente decisión de diseño:

- Se renombra "Configuración" a "Ajustes".
- Se fusiona "Gestionar Cuenta" (con todas sus funciones, incluyendo "Ayuda" y "Cerrar Sesión") dentro de la nueva sección "Ajustes".

Este ajuste simplificó drásticamente la navegación principal, dejando solo "Inicio" y "Ajustes" como accesos, lo cual es vital en un entorno de conducción.

Figura 5*Arquitectura de la información ajustada***Figura 6***Task Flow***Figura 7***User Flow*



8.1.3. Diseño de interfaz (UI)

El diseño de la interfaz gráfica de Grazie es el resultado de un proceso iterativo de refinamiento, donde se transitó desde la exploración estructural de bajo nivel hasta la definición de un sistema visual de alta fidelidad, estrictamente regido por los estándares de ergonomía cognitiva y seguridad vial (ISO 15008) definidos en el marco teórico.

Este proceso se desarrolló en dos etapas:

Etapas de bocetación en bajo Nivel: Se inició con trazos rápidos para priorizar la **arquitectura de Información** sobre la estética. En esta fase, el objetivo fue distribuir los elementos de interacción (botones, micrófono) para garantizar su ubicación estratégica y eliminar cualquier elemento decorativo que generara ruido visual.

Etapas de dibujo de alta fidelidad y sistema de diseño: Tras validar la estructura, y se aplicó la capa de estilo visual centrada en la seguridad. Se adoptó un esquema de “**Dark Mode**” **por defecto** (fondo #000000 o gris oscuro) para eliminar el deslumbramiento nocturno.

Asimismo, luego de analizar variables cromáticas y de validarlas con usuarios, se implementó el color **verde** como identificador semántico de “cortesía y amabilidad” y se escalaron los objetivos táctiles a tamaños XL (>72px) para cumplir con el requisito de interacción multimodal sin precisión.

A continuación, se presenta la trazabilidad visual de esta evolución:

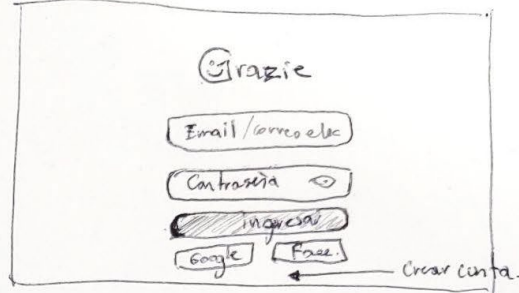
Figura 8

Bocetos de bajo nivel o wireframes:

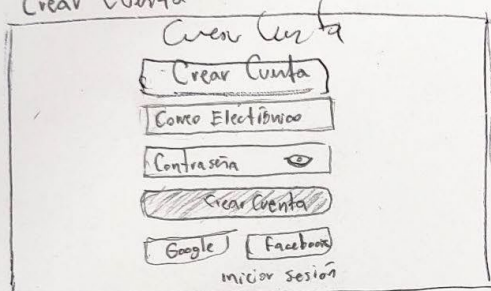
Pantallas → Grazie app



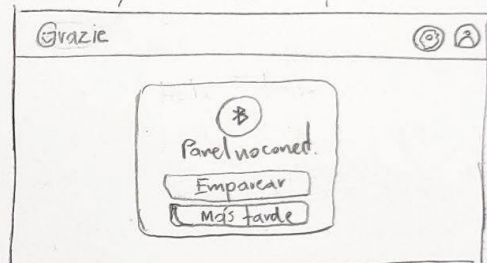
Ingresar / Iniciar Sesión



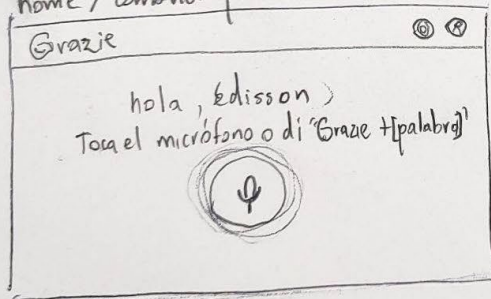
Crear Cuenta



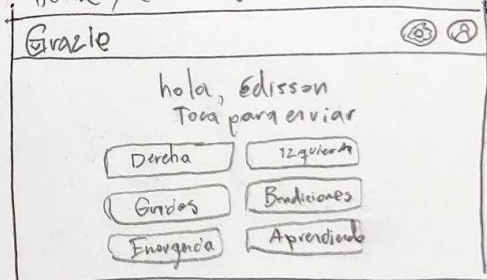
home / modal Panel no conectado



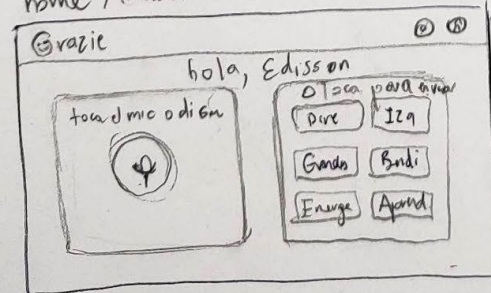
home / comando por voz



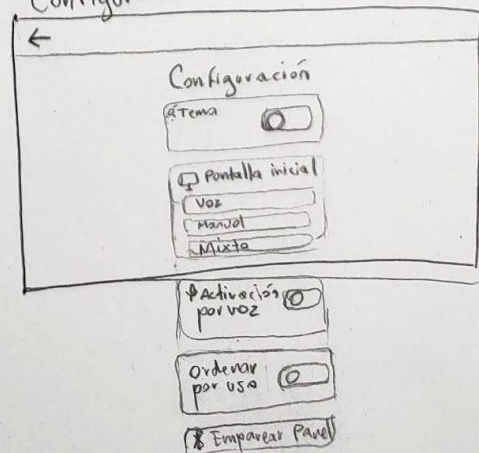
home / comandos manuales



home / Modo mixto



Configuración



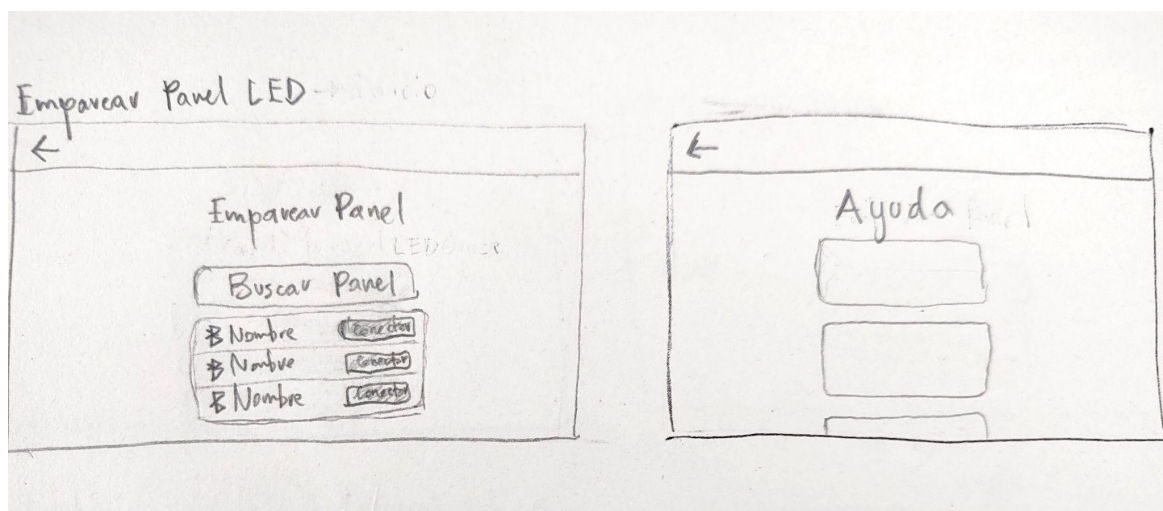
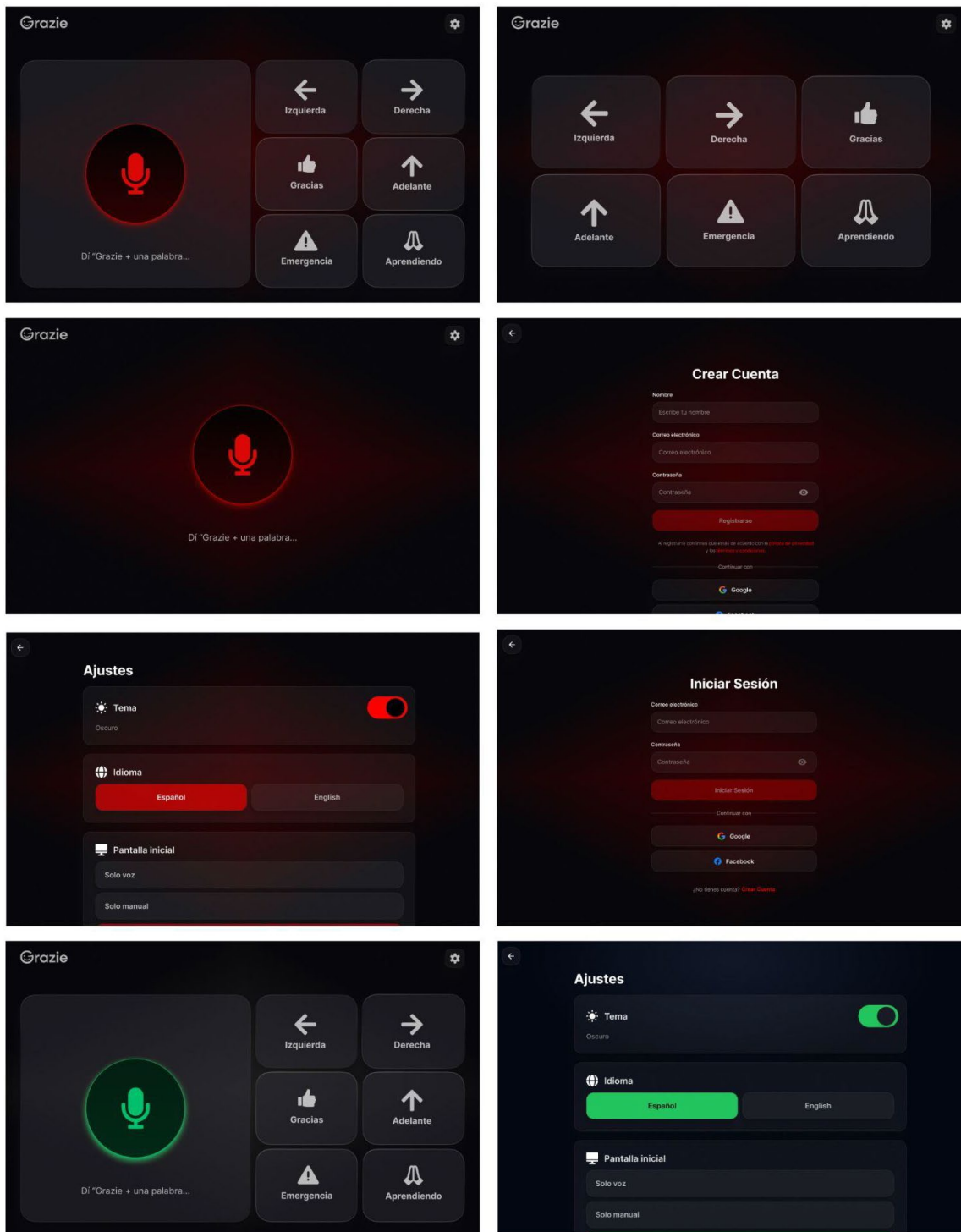


Figura 9*Bocetos de alto nivel*

8.1.4. Prototipo interactivo

El prototipo funcional, que permite simular la conexión y la activación por voz, se encuentra alojado en la siguiente dirección para su validación técnica:

- Enlace: <https://app.universograzie.com/>

8.2. Matriz de riesgos del proyecto

La implementación de Grazie en un entorno real conlleva desafíos que se clasifican en dos dimensiones:

Tabla 1

Riesgos identificados del proyecto

Tipo de Riesgo	Descripción del Riesgo	Estrategia de mitigación
JURÍDICO / NORMATIVO	Interpretación de	Defensa técnica:
	Distracción: Posibilidad de que autoridades de tránsito interpreten el Panel Migo como un elemento distractor bajo artículos genéricos del Código Nacional de Tránsito, a pesar de no ser publicidad.	Documentación del cumplimiento de luminancia (RETILAP) y limitación de tiempo de exposición (10 segundos máximo. El dispositivo se clasifica como "Luz de cortesía auxiliar" y no como modificación estructural.

JURÍDICO / ÉTICO	Mal uso del lenguaje (hacking): Riesgo de que usuarios intenten modificar el <i>firmware</i> o la App para proyectar textos libres (insultos o publicidad).	Seguridad de software: El MVP no permite entrada de texto libre. El protocolo de comunicación App - Panel solo envía códigos de mensajes pre-aprobados, no cadenas de texto arbitrarias.
TÉCNICO	Falsos positivos de voz: Activación involuntaria del micrófono ("Hotword") por conversaciones de los pasajeros o la radio, enviando mensajes erróneos.	Validación de Doble Paso: Implementación de un <i>tiempo fuera</i> de 5 segundos y feedback auditivo previo al envío. Ajuste de sensibilidad del motor de reconocimiento de voz.
TÉCNICO	Latencia y conectividad: Pérdida de conexión Bluetooth en entornos de alta interferencia electromagnética, impidiendo que el mensaje salga a tiempo.	Feedback de error: Si la latencia supera los 200 ms o hay desconexión, la App notifica mediante vibración háptica negativa para que el usuario no asuma que el mensaje se envió.

8.3. Productos de generación de nuevo conocimiento (MinCiencias)

De acuerdo con el documento **Anexo 1 de la Convocatoria Nacional 2024 de MinCiencias**, y el proyecto Grazie genera productos susceptibles de reconocimiento en dos categorías: **Productos Tecnológicos** y **Productos de Investigación-Creación (Artes, Arquitectura y Diseño)**.

A continuación, se identifican los productos aplicables:

Producto 1: Software (SF)

Este producto corresponde al desarrollo de la aplicación móvil y sus algoritmos de interacción por voz.

- **Categoría:** Productos resultados de actividades de Desarrollo Tecnológico e Innovación.
- **Subtipo:** Software (SF).
- **Requisitos de Existencia:**
 - Manuales de uso y de operación.
 - Certificado de registro del soporte lógico (software) ante la Dirección Nacional de Derechos de Autor (DNDA).
 - Documentación del código fuente y arquitectura.
- **Requisitos de Calidad:**
 - Certificación de validación funcional emitida por una entidad o usuario competente (en este caso, los resultados de las pruebas de usuario y la validación de la institución universitaria).
 - Evidencia de nivel de madurez tecnológica (TRL) superior a 4.

Producto 2: Prototipo Industrial (PI)

Corresponde al artefacto físico-digital integrado (App + Simulación de Panel LED) probado en entorno controlado.

- **Categoría:** Productos resultados de actividades de Desarrollo Tecnológico e Innovación.
- **Subtipo:** Prototipo Industrial (PI).
- **Requisitos de Existencia:**
 - Ficha técnica del prototipo (planos, diagramas de conexión, materiales).
 - Manual de operación del prototipo.
 - Fotografías o videos del prototipo en funcionamiento.
- **Requisitos de Calidad:**
 - Concepto técnico de funcionalidad y calidad emitido por un par evaluador o experto en el área.
 - Evidencia de pruebas de desempeño (validación de latencia, contraste y usabilidad).

Producto 3: Obra o Producto de Investigación-Creación (AAD)

Dado que el proyecto es de Diseño, este es el producto más relevante para validar el aporte estético y simbólico.

- **Categoría:** Productos resultados de actividades de Generación de Nuevo Conocimiento (GNC).
- **Subtipo:** Obras o productos de investigación-creación en Artes, Arquitectura y Diseño.

- **Clase específica:** Diseño Industrial / Diseño de Interfaz.
- **Requisitos de Existencia:**
 - Soporte material o digital de la obra (el prototipo y su memoria visual).
 - Registro de la obra en una plataforma reconocida o catálogo.
- **Requisitos de Calidad:**
 - Reconocimiento mediante **validación de pares**: Participación en eventos de difusión, exposiciones académicas de diseño o premios de innovación donde el proyecto haya sido curado o seleccionado.

9. Recomendaciones y conclusiones

Este capítulo sintetiza los hallazgos de la investigación-creación, proyecta el impacto social y tecnológico de la solución en el tiempo y detalla la ruta técnica necesaria para escalar el actual MVP hacia una versión Alfa implementable en la App y prototipo de panel LED.

9.2. Análisis del impacto proyectado

El impacto de Grazie se evalúa cronológicamente tras la finalización de la fase académica:

Corto Plazo (0 - 1 año):

- Validación técnica: Consolidación de un grupo piloto de 10 usuarios en Medellín para iterar la precisión del reconocimiento de voz.
- Impacto académico: Publicación de los hallazgos sobre *Voice First* en entornos ruidosos en revistas de diseño o interacción (HCI).

Mediano plazo (2 - 4 años):

- Cambio conductual: Reducción cualitativa de la agresividad en el grupo de estudio. Se espera que el uso del dispositivo genere un efecto de "contagioso positivo" en otros conductores que visualizan los mensajes de agradecimiento.
- Adopción de nicho: Implementación en flotas de servicio público (taxis o apps de transporte) como diferenciador de calidad de servicio y cortesía.

Largo Plazo (5 años o más):

- Incidencia en política pública: Inclusión de la "comunicación V2V" (Vehicle to Vehicle) empática en los manuales de pedagogía vial de las Secretarías de Movilidad.

- Estándar de industria: Evolución hacia una integración nativa en los sistemas de entretenimiento de los vehículos (Android Automotive OS), eliminando la necesidad de hardware externo.
- Integración Simbiótica con Sistemas ADAS y Automatización: Evolución de la plataforma hacia una capa semántica automatizada mediante la conexión directa con las unidades electrónicas de los vehículos.
- Automatización de la empatía: El sistema dejará de depender exclusivamente del comando de voz para activarse mediante gatillos de telemetría. Por ejemplo, si el sistema de frenos ABS o el Frenado autónomo de emergencia se activan bruscamente, Grazie proyectará automáticamente “EMERGENCIA” o “DISCULPA” en el panel exterior sin intervención del conductor.
- Conducción autónoma social: Dotar a los vehículos autónomos de una interfaz de comunicación externa. Mientras el algoritmo se encarga de la maniobra física, el ecosistema Grazie se encarga de comunicación externa, indicando a peatones y otros conductores humanos las intenciones del carro robot (ej. “Te estoy viendo, pasa”).

9.3. Recursos requeridos para el prototipo Alfa (versión de implementación)

Según la asesoría técnica del Ingeniero electrónico V. Martínez Zúñiga (comunicación personal, 25 de noviembre de 2025), para transitar del actual MVP (simulado) a un **Prototipo Alfa** que consiste en el *hardware* real instalado y funcional en vehículos de prueba, se requiere la siguiente estructura de recursos:

9.3.1. Recursos técnicos (hardware y componentes)

- El dispositivo físico (Panel Migo) requiere una arquitectura electrónica que soporte vibración, calor y conectividad estable:
- **Microcontrolador con Bluetooth/WiFi:** Módulo ESP32 o nRF52840, seleccionados por su bajo consumo energético y capacidad de gestión de BLE (*Bluetooth Low Energy*) de baja latencia.
- **Matriz de Visualización LED:** Paneles LED P4 o P5 de alta luminosidad (>5000 nits) para exteriores, con capacidad de regulación automática de brillo (sensor de luz ambiental LDR).
- **Gestión de Energía:** Conversor DC-DC (12V a 5V) con protección contra picos de voltaje, diseñado para conectarse al sistema eléctrico del automóvil o a una batería Li-Po independiente con carga solar.
- **Carcasa):** Estructura impresa en 3D con resistencia térmica.

9.3.2. Recursos humanos

El escalado requiere un equipo multidisciplinario:

- **1 Desarrollador de sistemas embebidos:** Encargado de programar el microcontrolador (C/C++) para recibir las señales de la App y traducirlas en gráficos en la matriz LED sin latencia.
- **1 Desarrollador full stack:** Para migrar la App de entorno de pruebas a producción, optimizar el motor de voz y gestionar la seguridad de los datos.

C. Equipos y Herramientas

- Impresora 3D para prototipado de carcasa.

- Estación de soldadura electrónica y multímetros para ensamblaje de PCBs.
- Vehículo de pruebas instrumentado para mediciones de campo (vibración y visibilidad).

9.4. Recomendaciones

A partir de la experiencia investigativa, se sugieren las siguientes líneas de acción para la continuidad del proyecto:

- Se recomienda establecer un acercamiento con la Secretaría de Movilidad de Medellín o de otro municipio del Valle de Aburrá para postular el proyecto dentro de un entorno controlado y supervisado. Esto permitiría probar el dispositivo en vías públicas con aval institucional, recolectando datos oficiales sobre su impacto en la reducción de incidentes menores.
- **Expansión controlada del catálogo de palabras:** Si bien el MVP se restringió a 6 mensajes por seguridad, se sugiere investigar la inclusión de nuevos términos validados por la comunidad, manteniendo siempre el bloqueo a la escritura libre para evitar el mal uso.
- Antes del lanzamiento masivo, es imperativo realizar una auditoría de ciberseguridad sobre el protocolo Bluetooth para evitar el posible secuestro del panel por terceros, garantizando que solo el conductor propietario pueda proyectar mensajes.

10. Referencias bibliográficas

- Agencia Nacional de Seguridad Vial. (2023). Investigación de modelos y buenas prácticas efectivas en la reducción de conductas riesgosas en la vía.
https://ansv.gov.co/sites/default/files/2023/Repositorio_Conocimiento/Modelos_y_Buenas_Practicas_en_la_Reducccion_de_Conductas_Riesgosas_en_la_Via/Investigacion.pdf
- Agencia Nacional de Seguridad Vial. (2024). Manual de Señalización Vial de Colombia. Dispositivos uniformes en la infraestructura vial para la regulación del tránsito y la seguridad vial. <https://www.ansv.gov.co/es/publicaciones/manual-de-senalizacion-vial>
- App App Store. (2023). Benchmarking: Análisis funcional de aplicaciones de navegación y asistencia de voz. [Documento interno de investigación].
- Área Metropolitana del Valle de Aburrá. (2024). Plan de Gestión Ambiental de la Autoridad Ambiental Metropolitana.
<https://www.metropol.gov.co/Transparencia/06%20Participa/03%20Consulta%20Ciudadana/CajaHerramientas/INFORME%20DE%20GESTI%C3%93N%202024.pdf>
- Caracol Radio. (2024, 27 de agosto). Durante 2024, en Medellín han muerto más personas por accidentes viales que por homicidios.
- Congreso de la República de Colombia. (2002). Ley 769 de 2002: Por la cual se expide el Código Nacional de Tránsito Terrestre y se dictan otras disposiciones.
- Fernández-Castro, J., & Doval-Diéguez, E. (2012). La empatía y su influencia en la conducción. Universidad Autónoma de Barcelona / Attitudes.
https://www.researchgate.net/publication/335723888_La_empatia_y_su_influencia_en_la_conduccion

Google. (2025). Gemini (versión del 25 de noviembre) [Modelo de lenguaje grande].

<https://gemini.google.com/>

Google Developers. (2023). Color in Android Auto Design System.

<https://developers.google.com/cars/design/android-auto/design-system/color>

Google Developers. (2023). Design for Driving: Principles to design apps for Android Auto and

Android Automotive OS. <https://developer.android.com/training/cars?hl=es-419>

Grice, H. P. (1975). Logic and conversation. En P. Cole & J. L. Morgan (Eds.), *Syntax and*

semantics: Vol. 3. Speech acts (pp. 41–58). Academic Press.

International Organization for Standardization. (2017). Road vehicles — Ergonomic aspects of transport information and control systems — Specifications and test procedures for in-vehicle visual presentation (ISO Standard No. 15008:2017).

<https://cdn.standards.iteh.ai/samples/62784/ac1daa21f49545c69dc9a5b33259a059/ISO-15008-2017.pdf>

Jakobson, R. (1981). *Lingüística y poética* (A. M. Gutiérrez Cabello, trad.). Cátedra.

Kahneman, D. (2011). *Thinking, fast and slow*. Farrar, Straus and Giroux.

Lewis, I., Watson, B., & White, K. M. (2008). Predicting future speeding behavior: The appeal of positive emotional appeals for high risk road users. *Health Education Research*.

https://www.researchgate.net/publication/27474471_Predicting_future_speeding_behavior_r_The_appeal_of_positive_emotions_appeals_for_high_risk_road_users

Li, S., Zhang, T., & Wang, Y. (2023). How to improve pedestrians' trust in automated vehicles: New road infrastructure, external human–machine interface with anthropomorphism, or conventional road signaling? *Frontiers in Psychology*, 14, 1129341.

<https://doi.org/10.3389/fpsyg.2023.1129341>

Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación. (2024). Anexo 1: Convocatoria nacional para el reconocimiento y medición de grupos de investigación, desarrollo tecnológico o de innovación y para el reconocimiento de investigadores del Sistema Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación - 2024 [Documento PDF]. MinCiencias.

<https://minciencias.gov.co/convocatorias/fortalecimiento-capacidades-para-la-generacion-conocimiento/convocatoria-nacional-3>

Ministerio de Minas y Energía de Colombia. (2024). Resolución 40150 de 2024: Por la cual se adopta el Reglamento Técnico de Iluminación y Alumbrado Público (RETILAP).

https://www.minenergia.gov.co/documents/11684/Resoluci%C3%B3n_40150_de_2024_compilada_con_los_cuatro_libros.pdf

Ministerio de Transporte de Colombia. (2015). Manual de Señalización Vial.

<https://web.mintransporte.gov.co/jspui/handle/001/10486>

National Highway Traffic Safety Administration (NHTSA). (2012). Visual-Manual NHTSA Driver Distraction Guidelines for In-Vehicle Electronic Devices. U.S. Department of Transportation.

https://www.nhtsa.gov/sites/nhtsa.gov/files/documents/812360_humanfactorsdesignguidance.pdf

Nielsen Norman Group. (2018). Usability Heuristics for Voice Interaction.

<https://www.nngroup.com/articles/voice-interaction-ux/>

Penolazzi, B., Stocco, P., & Russo, P. (2022). How to nudge drivers to reduce speed: The case of the left-digit effect. *Accident Analysis & Prevention*, 166, 106543.

<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0001457521005741>

Pink, D. H. (2009). *Emotionally intelligent signage keeps on trucking*. Daniel Pink.

Ruiz Pérez, J. I., Gómez, I. A., Beltrán, I. T., Lamus, D. A., & Leal Salazar, L. J. (2014).

Representaciones sociales de normas de tránsito, agresividad, facilidad percibida en la conducción, accidentes y multas en conductores de Bogotá, D.C. *Revista Criminalidad*, 56(2), 291-307. http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1794-31082014000200008&lng=en&tlng=es

Smart. (2014). *The Dancing Traffic Light* [Campaña publicitaria]. BBDO Germany.

Thaler, R. H., & Sunstein, C. R. (2008). *Nudge: Improving decisions about health, wealth, and happiness*. Yale University Press.

World Wide Web Consortium (W3C). (2018). *Web Content Accessibility Guidelines (WCAG)*

2.1. <https://www.w3.org/TR/WCAG21/#contrast-minimum>