



**Universidad
Indoamérica**

Instituto de Investigación, Desarrollo e Innovación

Facultad de Ingeniería, Industria y producción

Carrera de Ingeniería Industrial

TITULO:

**"Interfaz Vibrotáctil para Mejorar la Seguridad en la
Conducción de Bicicletas"**

RESPONSABLE

Blanca Liliana Topón Visarrea

Sede Quito

2024

 Universidad Indoamérica	PROYECTO DE INVESTIGACIÓN		
Código Formato: FOR-PYI-2.0- 0496	Versión: 2.0	Fecha de vigencia: 23.02.2023	Pág. 1 / 22

A. DATOS GENERALES DEL PROYECTO

A.1. Título del Proyecto: “Interfaz Vibrotáctil para Mejorar la Seguridad en la Conducción de Bicicletas”.

Centro o Grupo de investigación / Facultad: **Facultad de Ingeniería, Industria y Producción**

Duración del proyecto: **1 año**

Presupuesto financiado por Universidad Indoamérica: **10110\$**

Presupuesto financiado con fondos externos: **\$0.00**

Presupuesto total del proyecto: **10110\$**

Investigador acreditado SENESCYT: **No**

A.6. Equipo de trabajo:

Nº	Nombre del participante	Documento de identidad	Rol en el proyecto	Afiliación institucional
1	Blanca Liliana Topón Visarrea	1721114187	Coordinador del proyecto	Facultad de Ingeniería, Industria y Producción - UTI
2	Byron Paul Remache Vinueza	1721088837	Docente de apoyo	Escuela de Ingenierías - Universidad de Málaga Facultad de Ingeniería, Industria y Producción - UTI
2	Fabian Alberto Sarmiento Ortiz	0104393913	Docente de apoyo	Facultad de Ingeniería, Industria y Producción - UTI
3	Emilio Gabriel Muñoz Del Salto	1754505194	estudiante	Facultad de Ingeniería, Industria y Producción - UTI
4	Mateo Saul Pazos Andagama	1722022165	estudiante	Facultad de Ingeniería, Industria y Producción - UTI

 Universidad Indoamérica	PROYECTO DE INVESTIGACIÓN		
Código Formato: FOR-PYI-2.0- 0496	Versión: 2.0	Fecha de vigencia: 23.02.2023	Pág. 2 / 22

A.2. Áreas de conocimiento UNESCO (campo amplio)

Educación

Artes y humanidades

Ciencias sociales, periodismo, información y derecho

Administración

Ciencias naturales, matemáticas y estadísticas

Tecnologías de la información y la comunicación (TIC)

Ingeniería, industria y construcción

Agricultura, silvicultura, pesca y veterinaria

Salud y bienestar

Servicios

X

A.3. Líneas de investigación

Automatización y redes.

B. DESARROLLO DE LA PROPUESTA

B.1. RESUMEN

El objetivo principal de este proyecto de investigación es explorar el potencial de las señales vibro táctiles como una herramienta para mejorar la movilidad urbana y enriquecer la experiencia del desplazamiento en entornos urbanos, especialmente para usuarios de bicicletas u otros medios de movilidad alternativos. Actualmente existen accesorios tecnológicos que permiten aumentar el nivel de visibilidad y seguridad vial de los ciclistas. También existen dispositivos audibles para indicar la aproximación al giro o alertar a transeúntes del paso del vehículo. Sin embargo, las alertas visuales o auditivas pueden distraer al conductor y desembocar en accidentes. La háptica, por otro lado, se enfoca en la comunicación a través del sentido del tacto, lo que representa una carga cognitiva menor al conductor. Además, al presentar información a través de la piel el usuario puede mantener la vista y el oído concentrados en la conducción y alertas ante cambios en el entorno.

En la primera etapa, realizaremos pruebas psicofísicas con usuarios para caracterizar los estímulos vibrotáctiles en el contexto de la movilidad urbana. Con base en estos

 Universidad Indoamérica	PROYECTO DE INVESTIGACIÓN		
Código Formato: FOR-PYI-2.0- 0496	Versión: 2.0	Fecha de vigencia: 23.02.2023	Pág. 3 / 22

hallazgos, desarrollaremos una interfaz que proporcionará retroalimentación vibrotáctil durante el desplazamiento de las personas.

En la segunda etapa, se evaluará la respuesta de los usuarios en un entorno real para medir el rendimiento del sistema, así como su experiencia durante la conducción. Los resultados obtenidos de esta investigación serán presentados en dos artículos científicos, que contribuirán al campo de la háptica y la movilidad urbana, ofreciendo información relevante para futuras investigaciones en este ámbito.

Además, como resultado del proyecto, se diseñará una interfaz eficiente y de bajo costo que se pueda replicar con facilidad. Este aporte para la movilidad alternativa podría abrir nuevas perspectivas para la accesibilidad y la eficiencia en la movilidad urbana del futuro.

B.2. PALABRAS CLAVES

Háptica, Movilidad urbana, retroalimentación vibrotáctil

B.3. ESTADO DEL ARTE

La estimulación vibrotáctil se emplea como un método de retroalimentación de información. Esto se logra mediante el uso de actuadores vibrotáctiles que entran en contacto directo con la piel (S. Kim et al., 2009) (Seo & Choi, 2013), o actuadores que generan campos ultrasónicos que son percibidos por el individuo a través del aire (Jemin Lee & Jeon, 2019) (Kalantari et al., 2018).

En el contexto de las ciudades en constante crecimiento, la movilidad urbana se ha convertido en un desafío fundamental para mejorar la calidad de vida de los ciudadanos y garantizar una ciudad más sostenible y accesible (Caballero et al., 2014; de Guerre et al., 2020; Yang et al., 2021). En respuesta a este desafío, el desarrollo de soluciones hápticas ha emergido como un área de investigación para enriquecer la experiencia del desplazamiento en entornos urbanos.

Un área destacada de investigación es la navegación peatonal, donde la retroalimentación háptica se ha utilizado para guiar a los usuarios a través de entornos urbanos complejos y desconocidos. La percepción del entorno es un aspecto crítico de la movilidad urbana, especialmente para personas con discapacidad visual. Obrist et al. (2013) han demostrado que la retroalimentación háptica puede mejorar la conciencia situacional y la detección de obstáculos, lo que contribuye a una mayor seguridad durante el desplazamiento.

El diseño y desarrollo de soluciones hápticas para la movilidad urbana se basa en modelos y teorías que fundamentan la interacción entre los usuarios y el entorno.

 Universidad Indoamérica	PROYECTO DE INVESTIGACIÓN		
Código Formato: FOR-PYI-2.0- 0496	Versión: 2.0	Fecha de vigencia: 23.02.2023	Pág. 4 / 22

Modelos cognitivos, como el modelo de percepción-acción de Gibson (1979), han sido aplicados para entender cómo los usuarios perciben y responden al entorno urbano a través de la retroalimentación vibrotáctil. Además, la teoría de la señal-detección ha sido utilizada para optimizar la percepción y discriminación de señales táctiles relevantes durante el desplazamiento (Obrist et al., 2014). Recientemente, se ha demostrado que las estímulos vibrotáctiles nos permiten sentir estos estímulos en forma de movimiento o dirección (Remache et al., 2022). La validación de un sistema de retroalimentación vibrotáctil por lo general implica enfoques experimentales y pruebas psicofísicas para evaluar la eficacia y eficiencia de la háptica en la movilidad urbana. Se realizan experimentos con participantes que simulan situaciones reales de desplazamiento en entornos urbanos y se miden variables como la precisión de la navegación, la detección de señales táctiles y la percepción del entorno. (Dávila Cárdenas, K., 2023)

Los resultados obtenidos por investigaciones previas muestran que la háptica puede mejorar significativamente la experiencia del desplazamiento en entornos urbanos. La retroalimentación vibrotáctil es efectiva para guiar a los usuarios, proporcionar información relevante sobre el entorno y mejorar la percepción situacional durante el desplazamiento y contribuyendo a una mayor seguridad durante el desplazamiento (Brewster et al., 2007; Obrist et al., 2013, Sungjae Hwang, & Jung-hee Ryu., 2010)

Así como se puede obtener una interfaz háptica portable de bajo costo de fabricación, donde se realizó pruebas para demostrar la funcionalidad, donde se tuvo como resultado la percepción de direccionalidad en cada ilusión y teniendo que la ilusión funneling es la que se logra percibir mejor en el dispositivo (B. T. Visarrea, 2022).

Se han realizado investigaciones sobre el diseño y construcción de un prototipo de interfaz háptica para la retroalimentación vibrotáctil, (Dávila Cárdenas, K. 2023) donde se valida el prototipo por medio del uso de estímulos vibrotáctiles tales como, Phantom Motion, Funneling y Cutaneous Rabbit) como algoritmos sugeridos por (Remache et al., 2022) para identificar cuál funciona mejor en este tipo de aplicación.

Sin embargo, existen aún áreas que requieren mayor atención e investigación; se necesitan más estudios que exploren la eficacia de diferentes tipos de estímulos vibrotáctiles y cómo se pueden adaptar a las necesidades específicas de los usuarios.

La háptica ofrece una oportunidad para mejorar la interacción entre los usuarios y el entorno urbano, lo que puede tener un impacto positivo en la movilidad urbana y en la seguridad vial para mejorar la calidad de vida de los ciudadanos.

 Universidad Indoamérica	PROYECTO DE INVESTIGACIÓN		
Código Formato: FOR-PYI-2.0- 0496	Versión: 2.0	Fecha de vigencia: 23.02.2023	Pág. 5 / 22

B.4. PROBLEMÁTICA

En un escenario donde el crecimiento urbano acelerado, la congestión vial y la preocupación por la sostenibilidad ambiental son temas centrales, el uso de bicicletas como alternativa de movilidad sostenible ha ganado relevancia. A pesar de este aumento en la adopción de la bicicleta, las ciudades enfrentan desafíos significativos en términos de proporcionar vías adecuadas y medidas de seguridad para los ciclistas.

Esta problemática se manifiesta en la creciente frecuencia de colisiones entre bicicletas y vehículos y la carencia de una infraestructura vial para bicicletas. Las distracciones de los conductores y la falta de conciencia sobre la presencia de ciclistas agravan aún más la situación, exponiendo a los ciclistas a más riesgos.

El objetivo fundamental de este proyecto es desarrollar una interfaz que permita la comunicación con el ciclista utilizando estímulos vibrotáctiles para mejorar la movilidad de los ciclistas. La retroalimentación vibrotáctil podría alertar a los ciclistas sobre situaciones de riesgo, permitiéndoles tomar decisiones más informadas y anticipar peligros potenciales en la vía. También, la interfaz podría enviar información de navegación para que el ciclista no tenga que revisar el celular al movilizarse.

El enfoque metodológico se centra en la caracterización de los estímulos vibrotáctiles a través de pruebas psicofísicas en usuarios. El objetivo es establecer los límites y posibilidades de estos estímulos como recurso para mejorar la seguridad de los ciclistas en contextos urbanos. Esta caracterización servirá de base para el diseño de una interfaz háptica cuya implementación y replicabilidad sea técnica y económicamente viable.

Se espera que esta solución no solo contribuya a la reducción de colisiones y la mejora de la percepción del entorno por parte de los ciclistas, sino que también incremente la confianza en su experiencia de movilidad urbana. A través de los resultados obtenidos en este proyecto, se generarán nuevos conocimientos en la aplicación de tecnologías hápticas en el ámbito de la movilidad urbana. En última instancia, este proyecto aspira a establecer una nueva perspectiva en la relación entre la tecnología háptica y la seguridad de los ciclistas en el entorno urbano actual.

B.5. JUSTIFICACIÓN

Los ciclistas enfrentan crecientes riesgos en las vías urbanas debido a la congestión vehicular, la insuficiente infraestructura y la interacción con vehículos. En este contexto la investigación es de relevancia al proponer una solución innovadora basado en tecnología háptica para abordar la seguridad del ciclista. La investigación busca

 Universidad Indoamérica	PROYECTO DE INVESTIGACIÓN		
Código Formato: FOR-PYI-2.0- 0496	Versión: 2.0	Fecha de vigencia: 23.02.2023	Pág. 6 / 22

contribuir al conocimiento existente al explorar los estímulos vibrotáctiles como recurso para abordar esta problemática. Mediante pruebas psicofísicas en usuarios, se pretende establecer los límites y posibilidades de estos estímulos en el contexto de la movilidad urbana. La implementación de una interfaz háptica que brinde retroalimentación vibrotáctil durante el desplazamiento en bicicleta no solo representa una innovación tecnológica, sino que también se postula como una solución concreta a una problemática actual y en aumento.

B.6. MARCO CONCEPTUAL

- **Vibrotáctil:** hace referencia a la estimulación táctil a través de vibraciones controladas, transmitidas a través de dispositivos para interactuar con el sentido del tacto.
- **Háptica:** La háptica se refiere a la percepción y comunicación a través del sentido del tacto, involucrando la transmisión de sensaciones táctiles, presiones y vibraciones para mejorar la interacción entre los seres humanos y las máquinas
- **Ilusión Táctil:** se refiere a una percepción engañosa o distorsionada del sentido del tacto, donde las señales táctiles son interpretadas de manera incorrecta por el cerebro, generando una experiencia que puede diferir de la realidad física.
- **Interfaz:** se refiere al punto de interacción entre dos sistemas o entidades distintas, donde se facilita el intercambio de información, comunicación o control
- **Movilidad Urbana:** se refiere al movimiento de personas y bienes dentro de entornos urbanos, abarcando diversos modos de transporte, infraestructuras viales, sistemas de tránsito público y planificación urbana para asegurar desplazamientos eficientes y sostenibles en áreas metropolitanas
- **Retroalimentación Vibrotáctil:** se refiere al uso de vibraciones controladas para proporcionar información sensorial a través del sentido del tacto, con el propósito de mejorar la interacción entre los usuarios y sistemas electrónicos, así como en aplicaciones de realidad virtual y aumentada
- **Seguridad vial:** se refiere a las estrategias, medidas y acciones implementadas para prevenir accidentes de tráfico y reducir al mínimo las lesiones y muertes en las carreteras.
- **Movilidad sostenible:** La "movilidad sostenible" se refiere a un enfoque de planificación y gestión del transporte que busca satisfacer las necesidades actuales de movilidad sin comprometer la capacidad de las generaciones futuras para satisfacer sus propias necesidades.

 Universidad Indoamérica	PROYECTO DE INVESTIGACIÓN		
Código Formato: FOR-PYI-2.0- 0496	Versión: 2.0	Fecha de vigencia: 23.02.2023	Pág. 7 / 22

- **Estímulos:** se refiere a señales, eventos o condiciones que activan o desencadenan respuestas en los sistemas biológicos o en el comportamiento humano.
- **Actuador vibrotáctil:** es un dispositivo diseñado para generar vibraciones controladas que pueden ser percibidas a través del sentido del tacto. Estos actuadores se utilizan en diversas aplicaciones para proporcionar retroalimentación háptica, transmitiendo información táctil a los usuarios.
- **Frecuencia:** se refiere al número de repeticiones de un evento o fenómeno en un período de tiempo específico. En el contexto de ondas y vibraciones, la frecuencia se refiere a la cantidad de ciclos completos que ocurren en una unidad de tiempo y se mide en Hertz (Hz).
- **Intensidad:** se refiere a la cantidad de energía o fuerza que se transmite a través de una unidad de área, volumen o tiempo. En diferentes contextos, puede referirse a la fuerza de una señal, el nivel de iluminación, el poder de un fenómeno físico, entre otros.
- **Phantom Motion:** es un fenómeno perceptual en el cual se percibe la sensación de movimiento en una parte del cuerpo, incluso cuando no hay movimiento físico real ocurriendo.
- **Funneling:** La ilusión de funneling es un fenómeno en el cual, cuando se aplican dos o más puntos de estimulación táctil en la piel en proximidad cercana, la percepción resultante es la de un único punto de estimulación que parece estar localizado en algún punto intermedio entre los puntos de estimulación reales.
- **Cutaneous Rabbit:** es un fenómeno perceptual que implica la percepción errónea de la sensación táctil cuando una serie de toques breves se aplican en diferentes lugares de la piel en rápida sucesión. A pesar de que los toques se aplican en puntos distintos, el cerebro a menudo los percibe como un movimiento continuo y secuencial, creando la ilusión de que un conejo está saltando por la piel.

B.7. OBJETIVOS

Objetivo General	Resultado
Desarrollar una interfaz vibrotáctil con una aplicación para mejorar la seguridad en la conducción de bicicleta.	Prototipo de interfaz vibrotáctil con una aplicación para mejorar la seguridad en la conducción de bicicleta.

N°	Objetivo Específico	Resultado	Porcentaje
----	---------------------	-----------	------------

 Universidad Indoamérica	PROYECTO DE INVESTIGACIÓN		
Código Formato: FOR-PYI-2.0- 0496	Versión: 2.0	Fecha de vigencia: 23.02.2023	Pág. 8 / 22

1	Realizar una revisión bibliográfica con el fin de establecer el estado del arte y definir las especificaciones técnicas del prototipo.	Identificación de componentes	15%
2	Establecer una estructura óptima del prototipo utilizando diseño paramétrico para garantizar la manufactura y el ensamble.	Diseño del prototipo, planos de manufactura y ensamble.	20%
3	Construir una interfaz vibro táctil mediante elementos de bajo costo para facilitar la replicabilidad.	Interfaz vibro táctil para mejorar la conducción de bicicleta.	25%
4	Diseñar la aplicación mediante metodologías de diseño centrado en el humano para facilitar la interacción con el usuario	Aplicación y librería de señales	20 %
5	Evaluar el funcionamiento de la interfaz mediante pruebas psicofísicas para validar el prototipo.	Artículo científico.	20%
TOTAL			100%

B.8. METODOLOGÍA

Diseño del trabajo:

El diseño de esta investigación se enmarca en un enfoque mixto, combinando elementos cualitativos y cuantitativos para obtener una comprensión completa de la problemática y para validar las soluciones propuestas. El trabajo se sitúa en el área de estudio de la seguridad vial y la movilidad urbana, específicamente enfocado en mejorar la seguridad de los ciclistas en entornos urbanos mediante tecnologías hápticas.

Tipo de Investigación:

 Universidad Indoamérica	PROYECTO DE INVESTIGACIÓN		
Código Formato: FOR-PYI-2.0- 0496	Versión: 2.0	Fecha de vigencia: 23.02.2023	Pág. 9 / 22

Esta investigación se clasifica como aplicada, ya que busca desarrollar soluciones prácticas para un problema real en un contexto específico. Además, tiene un enfoque experimental, ya que se implementa una interfaz de retroalimentación vibro táctil que será validada a través de pruebas comprobando su eficacia.

Técnicas e Instrumentos:

Se emplearán técnicas mixtas, incluyendo encuestas, pruebas psicofísicas y análisis de datos. Para la caracterización de los estímulos vibrotáctiles, se realizarán pruebas psicofísicas en usuarios para definir sus límites y posibilidades. Para evaluar la respuesta de los usuarios en entornos reales, se implementará una interfaz háptica en bicicletas y se recopilarán datos de percepción y experiencia mediante encuestas y análisis de registros de retroalimentación táctil.

Población y Muestra:

Población Objetivo:

La población objetivo de este estudio está compuesta por ciclistas urbanos en una ciudad específica. Se define a los ciclistas urbanos como personas que utilizan la bicicleta como medio de transporte en entornos urbanos de la Ciudad de Quito, Ecuador.

Estratificación de la Población:

Edad: Se estratificará la población en tres grupos de edad: jóvenes (18-30 años), adultos (31-50 años) y personas mayores (más de 50 años).

Género: Se estratificará por género, dividiendo a los ciclistas en hombres y mujeres.

Experiencia en Ciclismo: Se estratificará por nivel de experiencia en ciclismo, incluyendo a ciclistas principiantes e intermedios.

Selección de la Muestra:

Una vez estratificada la población, se utilizará el muestreo aleatorio estratificado para seleccionar la muestra.

Tamaño de la Muestra: Determinar el tamaño de la muestra en función de la representatividad que se desea lograr y los recursos disponibles.

 Universidad Indoamérica	PROYECTO DE INVESTIGACIÓN		
Código Formato: FOR-PYI-2.0- 0496	Versión: 2.0	Fecha de vigencia: 23.02.2023	Pág. 10 /

Selección Aleatoria: Para cada estrato, se utilizará un método de selección aleatoria, como generación de números aleatorios, para identificar a los participantes de la muestra. Esto garantizará la aleatoriedad y representatividad en cada grupo.

Contacto y Consentimiento: Una vez seleccionados, se contactará a los ciclistas y se les explicará el propósito del estudio. Se solicitará su consentimiento para participar en el estudio.

Recopilación de Datos: Se llevará a cabo entrevistas y encuestas para obtener información sobre la experiencia de los ciclistas con la interfaz háptica y su percepción de la seguridad al manejar bicicletas en áreas urbanas.

Hipótesis:

"La retroalimentación háptica en bicicletas mejora la percepción del entorno urbano y la seguridad de los ciclistas".

Procedimiento:

- *Caracterización de estímulos táctiles:* Realización de pruebas psicofísicas para definir los límites y posibilidades de los estímulos vibrotáctiles. Se genera una librería de señales que generan estímulos vibrotáctiles.
- *Diseño de la aplicación para el procesamiento de las señales:* la aplicación será desarrollada en la plataforma BelaIDE la misma que es una interfaz de programación a la que se accede desde el navegador.
- *Desarrollo de la Interfaz Háptica:* Diseño e implementación de la interfaz háptica en bicicletas utilizando el dispositivo Bela.io <https://bela.io/>
- *Evaluación en Entorno Controlado:* Pruebas en un entorno controlado para medir la respuesta de los usuarios a la retroalimentación vibrotáctil.
- *Evaluación en Entorno Real:* Implementación de la interfaz en entornos urbanos reales para recopilar datos sobre la percepción y experiencia de los ciclistas.
- *Análisis de Datos:* Análisis estadístico de datos recopilados mediante encuestas y registros de retroalimentación táctil.
- *Interpretación de Resultados:* Interpretación de resultados para validar la eficacia de las soluciones propuestas.

Justificación de Métodos:

 Universidad Indoamérica	PROYECTO DE INVESTIGACIÓN		
Código Formato: FOR-PYI-2.0- 0496	Versión: 2.0	Fecha de vigencia: 23.02.2023	Pág. 11 /

La elección de métodos mixtos en esta investigación se justifica por la necesidad de abordar tanto la comprensión en profundidad de los estímulos vibrotáctiles como la evaluación cuantitativa de la eficacia de la interfaz háptica en situaciones reales. Los métodos cuantitativos proporcionarán datos objetivos y medibles sobre aspectos como la velocidad, la distancia a obstáculos y otros parámetros clave relacionados con la seguridad de los ciclistas. Al mismo tiempo, los métodos cualitativos, como entrevistas en profundidad, permitirán explorar las experiencias subjetivas de los ciclistas que han utilizado la interfaz. Esto es crucial para comprender no solo si la tecnología es efectiva en términos de números, sino también cómo se siente y percibe el usuario al interactuar con ella en su entorno cotidiano.

Esta combinación de métodos mixtos permite obtener una visión completa y rigurosa de la problemática y las soluciones propuestas. Los resultados sólidos y aplicables derivados de esta investigación tienen el potencial de impulsar mejoras significativas en la seguridad de los ciclistas en entornos urbanos, lo que a su vez contribuirá a la promoción de la movilidad sostenible y segura en las ciudades. La investigación mixta asegura una comprensión holística y detallada de la interacción entre la haptica y la seguridad en la movilidad en bicicleta, proporcionando una base sólida para la toma de decisiones informadas y la mejora de la tecnología y las políticas relacionadas

C. RESULTADOS ESPERADOS E IMPACTO

C.1. ALCANCE

Ámbito geográfico o institucional en el cual se desarrollará y aplicará el proyecto.

Internacional	
Nacional	x
Provincial	
Cantonal	
Parroquial	
Institucional	

C.2. IMPACTO SOCIAL

En el contexto del impacto social, este proyecto responde a datos críticos revelados por el estudio de Alvarado N. (2015), que muestra que un 41,7% de los usuarios del ciclopaseo en Quito prefiere el bus y un 39,7% el transporte privado. Al abordar las barreras identificadas, como la falta de hábito en un 21,5% de los encuestados y las

 Universidad Indoamérica	PROYECTO DE INVESTIGACIÓN		
Código Formato: FOR-PYI-2.0- 0496	Versión: 2.0	Fecha de vigencia: 23.02.2023	Pág. 12 /

preocupaciones de seguridad en un 13,2%, el proyecto tiene el potencial de transformar la cultura de movilidad en la ciudad. Al mejorar la seguridad de los ciclistas, se busca reducir los riesgos de accidentes y, en consecuencia, fomentar una mayor adopción de la bicicleta como una opción de transporte tanto segura como sostenible.

C.3. IMPACTO CIENTÍFICO

La exploración y caracterización de los estímulos vibrotáctiles como herramienta de retroalimentación para ciclistas no solo aumentará el conocimiento sobre cómo el sentido del tacto puede influir en la percepción y seguridad del usuario, sino que también puede abrir nuevas líneas de investigación en el ámbito de la interacción humano-máquina y la percepción multisensorial, los resultados que se obtengan serán de utilidad para la comunidad científica que trabaja en este campo.

C.4. IMPACTO ECONÓMICO

Desde una perspectiva económica, este proyecto tiene el potencial de generar oportunidades en la industria de la tecnología y la movilidad. La implementación exitosa de una interfaz háptica para mejorar la seguridad de los ciclistas puede resultar en la creación de productos y soluciones comerciales. Las tecnologías y dispositivos desarrollados pueden tener aplicaciones más amplias en el mercado de la seguridad vial y la movilidad urbana. La adopción de soluciones tecnológicas innovadoras puede también contribuir a la creación de empleos en áreas relacionadas con la investigación, el diseño y la producción.

C.5. IMPACTO POLÍTICO

El impacto político de este proyecto radica en su capacidad para influir en la agenda política en términos de seguridad vial y movilidad sostenible. Al proporcionar evidencia y soluciones basadas en tecnología para abordar los desafíos de seguridad de los ciclistas en entornos urbanos, el proyecto puede contribuir al diseño y la implementación de políticas más seguras y eficientes para promover la movilidad en bicicleta y mejorar la experiencia del desplazamiento en las ciudades. En consonancia con el ODS 13 "Acción por el Clima", se está tomando medidas concretas para mitigar los efectos del cambio climático, mientras se mejora la seguridad y el bienestar de los ciclistas y de toda la comunidad urbana, fomentando una forma de transporte con baja huella de carbono.

 Universidad Indoamérica	PROYECTO DE INVESTIGACIÓN		
Código Formato: FOR-PYI-2.0- 0496	Versión: 2.0	Fecha de vigencia: 23.02.2023	Pág. 13 /

C.6. DESCRIPCIÓN ACTIVIDAD I+D

Caracterización de estímulos vibrotáctiles: Realizar pruebas psicofísicas en usuarios para explorar y caracterizar diferentes tipos de estímulos vibro táctiles que puedan ser aplicadas en el contexto de la seguridad de los ciclistas. Estas pruebas ayudarán a definir los límites y posibilidades de estos estímulos vibrotáctiles en términos de mejora de la percepción y la toma de decisiones de los ciclistas.

Desarrollo de Prototipos: Construir prototipos funcionales de la interfaz háptica desarrollada. Estos prototipos permitirán realizar pruebas y evaluaciones iniciales para asegurarse de que la retroalimentación táctil cumpla con los objetivos de mejora de la seguridad y la experiencia del ciclista.

Diseño y Desarrollo de la Interfaz Háptica: Basándose en los resultados de la caracterización de estímulos vibrotáctiles táctiles, diseñar y desarrollar una interfaz háptica que proporcione retroalimentación táctil a los ciclistas en tiempo real. Esto implica la selección de tecnologías hápticas adecuadas, el diseño de la interfaz de usuario y la integración de sensores y actuadores.

C.7. VINCULACIÓN CON LA COMUNIDAD

La presente investigación representa una derivación del proyecto de vinculación con la sociedad denominado "Desarrollo de Tecnología de Asistencia Vibro Táctil para Personas con Discapacidad Auditiva", llevado a cabo por la Facultad de Ingeniería, Industria y Producción. Si bien este proyecto original estaba centrado en abordar las necesidades de las personas con discapacidad auditiva, su éxito y enfoque tecnológico se han convertido en un punto de partida sólido y enriquecedor para la presente investigación.

La convergencia entre el proyecto original y el actual, que se centra en una "Interfaz Vibrotáctil para Mejorar la Seguridad en la Conducción de Bicicletas ", se encuentra en la utilización de retroalimentación táctil para abordar problemáticas específicas. La experiencia acumulada en el desarrollo de tecnología vibrotáctil para personas con discapacidad auditiva ha brindado a este proyecto un enfoque altamente innovador y prometedor para mejorar la seguridad de los usuarios de bicicletas en entornos urbanos.

C.8. CONSIDERACIONES ETICAS

En el proyecto de investigación se realiza el compromiso en la implementación de procedimientos que reflejen responsabilidad y respeto, salvaguardando los principios éticos y los derechos fundamentales de las personas involucradas. Se reconoce la importancia de abordar este proyecto con integridad y consideración hacia el bienestar de cada individuo y comunidad afectada por nuestras acciones.

 Universidad Indoamérica	PROYECTO DE INVESTIGACIÓN		
Código Formato: FOR-PYI-2.0- 0496	Versión: 2.0	Fecha de vigencia: 23.02.2023	Pág. 14 /

Asegurando obtener el consentimiento informado y voluntario de cada participante antes de su involucramiento, garantizando una comprensión completa de su papel y los objetivos del proyecto. Se respeta su derecho a retirarse en cualquier momento sin consecuencias adversas.

La confidencialidad de los datos es esencial. Toda la información recopilada se manejará con la máxima protección y se utilizará únicamente con fines relacionados al proyecto, preservando la privacidad y la dignidad de cada individuo.

Se realiza el compromiso de actuar sin discriminación y a promover la equidad en todos los aspectos. Se aborda cada individuo con imparcialidad, independientemente de su género, edad, raza, religión, orientación sexual o discapacidad. La transparencia guiará la divulgación de resultados. Se presentarán hallazgos con honestidad, atribuyendo adecuadamente la contribución de todos los involucrados, así como los ensayos experimentales de estimulación vibrotáctil desarrollados en la investigación, no generan dolor, no son invasivos. Se comunicará los impactos potenciales, positivos y negativos, de manera clara y responsable.

C.9. PRODUCTOS DE INVESTIGACIÓN

Productos Directos	Productos indirectos
3 publicaciones SCOPUS Q4	Docentes y estudiantes se capacitarán en programación y modelado 3D
1 prototipo de interfaz vibro táctil para aplicaciones de movilidad urbana	Se formará a los estudiantes como investigadores

C.10. PLAN DE PUBLICACIONES

Nombre de la publicación	Revista / Congreso	Tipo de publicación	Base de datos	Cuartil / Decil
Vibrovibrotactile feedback in urban mobility: a preliminary study for the implementation of vibrotactile illusions as support in navigation	HCI	CONGRESO	SCOPUS	Q4

 Universidad Indoamérica	PROYECTO DE INVESTIGACIÓN		
Código Formato: FOR-PYI-2.0- 0496	Versión: 2.0	Fecha de vigencia: 23.02.2023	Pág. 15 /

Diseño de actuadores para retroalimentación vibro táctil aplicado en bicicletas	HCI	CONGRESO	SCOPUS	Q4
Diseño de una interfaz con retroalimentación vibro táctil para aplicaciones en seguridad en la movilidad urbana.	IEEE	CONGRESO	SCOPUS	Q4

C.11. CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES

Actividad	Fecha Inicio	Fecha Fin	Descripción del gasto
Estado del arte	Marzo 2024	Abril 2024	Recurso humano
Definir la estructura de la interfaz vibro táctil para aplicaciones de movilidad	Mayo 2024	Agosto 2024	Insumos, recurso humano
Fabricación de componentes	Julio 2024	Octubre 2024	Insumos, equipos, recurso humano
Desarrollo de experimentos para identificar la ilusión vibro táctil en aplicaciones de movilidad	Septiembre 2024	Octubre 2024	Insumos, equipos, recurso humano
Desarrollo de experimentos en entornos reales	Octubre 2024	Diciembre 2024	Insumos, equipos, recurso humano, gastos de movilización
Validación del prototipo	Octubre 2024	Febrero 2025	Recurso humano

 Universidad Indoamérica	PROYECTO DE INVESTIGACIÓN		
Código Formato: FOR-PYI-2.0- 0496	Versión: 2.0	Fecha de vigencia: 23.02.2023	Pág. 16 /

C.12. MATRIZ DE MARCO LÓGICO

Objetivo específico	Actividad	Resultado de la actividad	Resultado del objetivo específico
1. Realizar una revisión bibliográfica con el fin de establecer el estado del arte y definir las especificaciones técnicas del prototipo.	1.1 Revisión del estado del arte	Revisión bibliográfica	Identificación de componentes
	1.2 Establecer punto de partida para el estudio	Identificación de las tendencias actuales y generación de lista de componentes	
2. Establecer una estructura óptima del prototipo utilizando diseño paramétrico con el fin de ejecutar la construcción.	2.1 Establecer especificaciones técnicas de los componentes	Especificaciones técnicas de los componentes	Planos de ensamble y manufactura del prototipo en software CAD
	2.2 Diseñar el prototipo en 3D identificando insumos en el mercado	Diseño CAD	
3. Construir una interfaz vibro táctil mediante elementos de bajo costo para aplicaciones de movilidad urbana.	3.1 Identificar las partes de origen nacional o de importación	Listado de componentes	Procedimiento del proceso de manufactura y ensamble
	3.2 Adquisición de las parte y piezas	Adquisición de componentes	Interfaz de retroalimentación vibrotáctil construida
	3.3 Desarrollo de programación para funcionamiento	Aplicación para la interfaz	

	automático de la interfaz		
	3.4 Ensamble de partes y piezas	Interfaz de retroalimentación vibro táctil	
4. Diseño de la aplicación mediante metodologías de diseño centrado en el humano para facilitar la interacción con el usuario	4.1 Diseñar la aplicación	Aplicación	Aplicación y librería de señales
	4.2 Generar una librería de señales.	Señales	
5. Evaluar el nivel de respuesta de usuarios en un entorno real para medir el rendimiento de la ilusión táctil, así como la percepción y experiencias durante la movilidad urbana.	5.1 Verificación del funcionamiento de la interfaz en movilidad	Generación de modelo de experimento para movilidad urbana	Interfaz verificada Resultados de los ensayos en un entorno real.
	5.2 Realizar un muestreo aleatorio estratificado para seleccionar los participantes para el experimento	Identificación de participantes	
	5.3 Ejecutar el experimento en un entorno real	Resultados del experimento	

C.13. LITERATURA CITADA

ASVN: Agencia Nacional de Seguridad Vial,
<https://www.mintransporte.gov.co/publicaciones/7414/agencia-nacional-de-seguridad-vial-advierte-a-los-ciclistas-sobre-la-importancia-de-hacerse-visibles-en-las-vias-para-reducir-siniestralidad/>

Caballero R., Franco P., Mustaca A., and Jakovcevic A., "Uso de la Bicicleta como Medio de Transporte: Influencia de los Factores Psicológicos. Una Revisión de la Literatura," *Psico*, no. 3, pp. 316–324, 2014.

 Universidad Indoamérica	PROYECTO DE INVESTIGACIÓN		
Código Formato: FOR-PYI-2.0- 0496	Versión: 2.0	Fecha de vigencia: 23.02.2023	Pág. 18 /

Kim, S., Park, G., Yim, S., Choi, S., Choi, S., Jeon, S., & Han, G. (2009). Gesture-recognizing hand-held interface with vibrotactile feedback for 3D interaction. *IEEE Transactions on Consumer Electronics*, 55(3), 1169–1177. <https://doi.org/10.1109/TCE.2009.5277972>

Kalantari, F., Gueorguiev, D., Lank, E., Bremard, N., & Grisoni, L. (2018). Exploring fingers' limitation of texture density perception on ultrasonic haptic displays. *Lecture Notes in Computer Science (Including Subseries Lecture Notes in Artificial Intelligence and Lecture Notes in Bioinformatics)*, 10893 LNCS, 354–365. https://doi.org/10.1007/978-3-319-93445-7_31

Martínez, H., Solaz, J. (2010) “Tecnologías hápticas para mejorar la seguridad en la conducción”

Lee, Jemin, & Jeon, S. (2019). Gravity Ball: A Virtual Trackball with Ultrasonic Haptic Feedback. *Lecture Notes in Electrical Engineering*, 535, 300–303. https://doi.org/10.1007/978-981-13-3194-7_66

Obrist, M. (2013). Talking about Vibrotactile Experiences. *Conference on Human Factors in Computing Systems*. DOI:[10.1145/2470654.2466220](https://doi.org/10.1145/2470654.2466220)

Pinto Alvaro N., Fuentes F., Alcivar D. (2015). La situación de la bicicleta en Ecuador: avances, retos y perspectivas.

Remache B., Trujillo A., Clim A., Sarmiento F., and Topón L., “Mapping Monophonic MIDI Tracks to vibrotactile Stimuli Using Vibrotactile Illusions,” in *Haptic and Audio Interaction Design*, 2022.

Remache B, Trujillo A, Zapata M., Sarmiento F., and Vidal-Verdú F., “Audio-vibrotactile rendering: A review on technology and methods to convey musical information through the sense of touch,” *Sensors*, vol. 21, no. 19, 2021, DOI: 10.3390/s21196575.

Seo, J., & Choi, S. (2013). Perceptual analysis of vibrovibrotactile flows on a mobile device. *IEEE Transactions on Haptics*, 6(4), 522–527. <https://doi.org/10.1109/TOH.2013.24>

Topon B., Iza C., and Arteaga G., “Design of a portable interface for vibrotactile feedback applications,” pp. 2–7, 2022.

 Universidad Indoamérica	PROYECTO DE INVESTIGACIÓN		
Código Formato: FOR-PYI-2.0- 0496	Versión: 2.0	Fecha de vigencia: 23.02.2023	Pág. 19 /

D. PRESUPUESTO

D.1. PRESUPUESTO VALORADO

Descripción	Nombre del Docente	N° horas	Valor Hora	Monto Total
Coordinador del proyecto	Liliana Topón	10 horas semanales * 4 semanas * 12 meses (480)	1500 / 160 = 9.375	Valor Hora * N° horas = 9.375*480 = 4500
Docente de apoyo	Fabián Sarmiento	4 horas semanales * 4 semanas * 12 meses (192)	1300 / 160 = 8.125	Valor Hora * N° horas = 8.125*192 = 1560
Investigador asociado	Paul Remache	2 horas semanales * 4 semanas * 12 meses (96)	1500 / 160 = 9.375	Valor Hora * N° horas = 9.375*96 = 900
Total				6960

D.2. PRESUPUESTO SOLICITADO

(ver Anexo 1)

Cuenta de gasto	Descripción del gasto	Mes de ejecución	Monto Institución	Monto Externo	Monto Total
INSUMOS Y MATERIALES DE INVESTIGACIÓN	Placa amplificadora de audio	Marzo 2024	150	0	150
INSUMOS Y MATERIALES DE INVESTIGACIÓN	Impresión de placas de circuito con elementos electrónica	Marzo 2024	400	0	250
INSUMOS Y MATERIALES DE INVESTIGACIÓN	Sensor para placa de caracterización de actuadores vibrotáctiles	Marzo 2024	1000	0	100

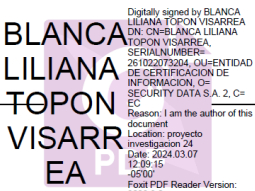
 Universidad Indoamérica	PROYECTO DE INVESTIGACIÓN			
Código Formato: FOR-PYI-2.0- 0496	Versión: 2.0	Fecha de vigencia: 23.02.2023	Pág. 20 /	

INSUMOS Y MATERIALES DE INVESTIGACIÓN	<i>batería de litio de alta corriente para aplicaciones portátiles</i>	Marzo 2024	400	0	400
CONGRESOS Y PONENCIAS	<i>Publicaciones en revistas indexadas</i>	Octubre 2024	2000	0	2000
TRANSPORTE Y MOVILIZACION INVESTIGACIÓN	<i>Gastos de movilización pruebas de campo</i>	Marzo 2024	250	0	250
Total					3150

D.3. PRESUPUESTO DEL PROYECTO

Descripción	Monto Total
Presupuesto Valorado	6960
Presupuesto Solicitado	3150
Fondos Externos	0.0
Presupuesto Total	10110

D. FIRMAS DE RESPONSABILIDAD Y AVAL

VALIDACIÓN DEL DOCUMENTO				
	NOMBRE	CARGO	FIRMA	FECHA
ELABORADO POR	Ing. Blanca Topón	Docente Investigador de Facultad		06/03/2024
REVISADO POR	Ing. Blanca Topón	Coordinadora de Investigación de Facultad		06/03/2024

 Universidad Indoamérica	PROYECTO DE INVESTIGACIÓN		
Código Formato: FOR-PYI-2.0- 0496	Versión: 2.0	Fecha de vigencia: 23.02.2023	Pág. 21 /

VALIDADO POR	Ing. Fernando Saá	Decano	 Firmado electrónicamente por: FERNANDO DAVID SAA TAPIA	06/03/2024
APROBADO POR	Dr. Ignacio Ayala	Director Institucional de Investigación	 Firmado electrónicamente por: MANUEL IGNACIO AYALA CHAUVIN	06/03/2024

Anexo 1

Cuenta de gasto	Descripción
HONORARIOS DE INVESTIGACIÓN	Consultoría especializada (asistentes de investigación y campo) (no aplica para proyectos en facultades)
TRANSPORTE Y MOVILIZACIÓN INVESTIGACIÓN	Salidas de campo, combustible, peajes, alquiler de vehículos.
GASTOS DE VIAJE INVESTIGACIÓN	Alimentación y tickets aéreos.
HOSPEDAJE Y ATENCIONES SOCIALES INVESTIGACIÓN	Hospedaje nacional e internacional.
INSUMOS Y MATERIALES DE INVESTIGACIÓN	Reactivos, materiales de laboratorio, insumos de oficina / campo, impresiones, copias.
BASE DE DATOS ESPECIALIZADAS	Renovación de licencia de software.
OTROS SERVICIOS DE INVESTIGACIÓN	Servicios de análisis de muestras, mantenimiento de equipos.
CONGRESOS Y PONENCIAS	Registro en eventos científicos con publicación indexada a Scopus / WoS.
PUBLICACIONES EN INVESTIGACIÓN	Edición de artículos, traducciones, rubros de publicación en revistas.

Tabla 1. Descripción detallada de las cuentas relacionadas con investigación.