

**ECOBIKE: UN APLICATIVO QUE CONTRIBUYE A LA REDUCCIÓN DE LA
CONTAMINACIÓN DEL AIRE Y AUDITIVA EN LA CIUDAD DE SAN JUAN DE
PASTO
(Resumen Analítico)**

***ECOBIKE: AN APPLICATION THAT CONTRIBUTES TO THE REDUCTION OF
AIR AND NOISE POLLUTION IN THE CITY OF SAN JUAN DE PASTO.
(Analytical Summary)***

Autores (*Authors*): AYALA Donato, BENAVIDES Juan, PINCHAO Mario

Facultad (*Faculty*): de INGENIERIA

Programa (*Program*): INGENIERIA DE SISTEMAS

Asesor (*Support*): MGTR. GIOVANNI ALBEIRO

Fecha de terminación del estudio (*End of the research*): NOVIEMBRE 2023

Modalidad de Investigación (*Kind of research*): Trabajo de Grado

PALABRAS CLAVE

MOVILIDAD SOSTENIBLE.
PARQUE AUTOMOTOR.
CONTAMINACIÓN DEL AIRE.
CONTAMINACIÓN AUDITIVA.
SAN JUAN DE PASTO.
APLICACIÓN MÓVIL.
BICICLETA COMO MEDIO DE TRANSPORTE.
MAPEO SISTEMÁTICO.
INCENTIVOS.
CALIDAD DEL AIRE.
NIVELES DE RUIDO.
EVALUACIÓN DE IMPACTO.
ALIANZAS ESTRATÉGICAS.
CONCIENCIA AMBIENTAL.
PARTICIPACIÓN COMUNITARIA.
ESCALABILIDAD.
REPLICABILIDAD.
CALIDAD DE VIDA URBANA.
DESARROLLO TECNOLÓGICO.

KEY WORDS

SUSTAINABLE MOBILITY

*VEHICLE FLEET
AIR POLLUTION
NOISE POLLUTION
SAN JUAN DE PASTO
MOBILE APPLICATION
BICYCLE AS A MEANS OF TRANSPORTATION
SYSTEMATIC MAPPING
INCENTIVES
AIR QUALITY
NOISE LEVELS
IMPACT EVALUATION
STRATEGIC ALLIANCES
ENVIRONMENTAL AWARENESS
COMMUNITY PARTICIPATION
SCALABILITY
REPLICABILITY
URBAN QUALITY OF LIFE
TECHNOLOGICAL DEVELOPMENT*

RESUMEN: El parque automotor en Colombia ha experimentado un crecimiento exponencial, con altos niveles de contaminación del aire y auditiva. A pesar de los esfuerzos gubernamentales, una parte significativa de los vehículos evade las revisiones técnicas, generando un panorama desalentador.

En San Juan de Pasto, el aumento del parque automotor ha llevado a una preocupante contaminación del aire, afectando la calidad de este y aumentando los niveles de partículas contaminantes. Además, la contaminación auditiva, especialmente en zonas céntricas, ha superado los niveles recomendados, afectando la salud y bienestar de los habitantes.

Ante este problema, surge la pregunta de cómo contribuir a la reducción de la contaminación del aire y auditiva en San Juan de Pasto desde una perspectiva tecnológica. En respuesta, se plantea el proyecto EcoBike, una aplicación móvil que busca motivar el uso de la bicicleta como medio de transporte.

EcoBike se presenta como una solución integral para abordar el crecimiento exponencial del parque automotor, la contaminación del aire y la contaminación auditiva en San Juan de Pasto. En la primera fase, se llevará a cabo un mapeo sistemático para identificar iniciativas existentes de movilidad sostenible, colaborando estrechamente con organizaciones locales y empresas comprometidas con la bicicleta como medio de transporte.

La pieza central del proyecto es el desarrollo de la aplicación móvil EcoBike, diseñada para motivar el uso de la bicicleta como medio de transporte. La aplicación

ofrecerá funciones prácticas, como la planificación de rutas seguras y la información en tiempo real sobre la calidad del aire y niveles de ruido en diversas áreas de la ciudad.

EcoBike establecerá alianzas estratégicas con empresas locales para ofrecer incentivos a los usuarios, tales como descuentos, bonos o productos. Se implementará un sistema de reconocimiento para usuarios destacados, fomentando así una competencia saludable y motivando a más personas a adoptar la bicicleta como medio de transporte.

La evaluación del impacto será una parte fundamental del proyecto, utilizando métricas y encuestas para medir el cambio en el comportamiento de movilidad. Este proceso incluirá un seguimiento continuo y ajuste de estrategias según los resultados obtenidos.

ABSTRACT: *The motor vehicle fleet in Colombia has experienced exponential growth, leading to high levels of air and noise pollution. Despite government efforts, a significant portion of vehicles evades technical inspections, painting a disheartening picture.*

In San Juan de Pasto, the surge in the motor vehicle fleet has resulted in concerning air pollution, impacting air quality and escalating particle contamination levels. Additionally, noise pollution, particularly in central areas, has surpassed recommended levels, affecting the health and well-being of residents.

Facing this issue, the question arises: how to contribute to the reduction of air and noise pollution in San Juan de Pasto from a technological perspective? In response, the EcoBike project is proposed as a mobile application aiming to promote bicycle usage as a means of transportation.

EcoBike presents itself as a comprehensive solution to address the exponential growth of the motor vehicle fleet, air pollution, and noise pollution in San Juan de Pasto. In the initial phase, a systematic mapping will be conducted to identify existing sustainable mobility initiatives, closely collaborating with local organizations and businesses committed to bicycles as a means of transportation.

The focal point of the project is the development of the EcoBike mobile application, designed to encourage bicycle usage. The application will offer practical features such as safe route planning and real-time information on air quality and noise levels in different areas of the city.

EcoBike will establish strategic alliances with local businesses to provide incentives to users, such as discounts, bonuses, or products. A recognition system for outstanding users will be implemented, fostering healthy competition and motivating

more individuals to adopt bicycles as their mode of transportation.

Impact evaluation will be a fundamental aspect of the project, utilizing metrics and surveys to measure changes in mobility behavior. This process will involve

continuous monitoring and adjustment of strategies based on the obtained results.

CONCLUSIONES: El mapeo sistemático dirigido a la identificación de iniciativas destinadas a promover el uso de la bicicleta como medio de transporte involucró el análisis de 417 artículos. Tras la aplicación de criterios de selección y calidad se identifican 14 artículos, de los que se destacan igual número de proyectos, que buscan impulsar la adopción de la bicicleta como una opción de transporte. Estos proyectos se apoyan principalmente en tecnologías como *Firebase Realtime Database* y el *API* de mapeo de *Google Maps*. Sin embargo, hay una carencia de integración de tecnologías móviles en estas iniciativas, ya que solo tres de ellas desarrollaron aplicaciones móviles, de las cuales, JavaScript es el lenguaje de programación predominante.

El desarrollo y aplicación de una encuesta realizada a 187 habitantes de la ciudad de Pasto fue fundamental para identificar las necesidades de los usuarios. Los resultados de la encuesta permiten concluir que la estrategia óptima (en comparación a otros incentivos inicialmente planteados y que fueron descartados por la poca aceptación por los *stakeholders*) para motivar al uso de la bicicleta, consiste en el desarrollo de una aplicación móvil que incorpore un sistema de recompensas en forma de puntos acumulables según la distancia recorrida, los cuales son canjeables por vales de compra. A su vez, la aplicación aborda dos obstáculos relacionados con el uso de la bicicleta como medio de transporte, también referidos por la población de estudio: en respuesta al desconocimiento de rutas, la aplicación móvil permite a los usuarios planificar viajes por rutas menos contaminadas, y en cuanto a la sensación de inseguridad al momento de dar paseos en bicicleta, se creó la herramienta que permite a los usuarios agregar amigos para posteriormente, crear grupos para realizar paseos en bicicleta.

De igual forma, se destaca la importancia de aplicar las metodologías ágiles en el desarrollo de la aplicación móvil EcoBike, en donde se usó *SCRUM* como método para la gestión del proceso de software, desarrollando seis *Sprints*. La metodología *SCRUM* ha resultado ser altamente efectiva en el desarrollo de la aplicación móvil, pues durante el desarrollo, se logra mantener un ritmo de trabajo constante implementando 17 historias de usuario en un periodo de 3 meses, facilitando así la entrega de un software de alta calidad de manera oportuna. Esto permitió construir una aplicación móvil que motive a las personas al uso de la bicicleta como medio de transporte, y que este proyecto entregue una aplicación con los elementos por los cuales los *stakeholders* mostraron preferencia.

La evaluación de usabilidad a través del instrumento *System Usability Scale (SUS)*

muestran que, EcoBike es una aplicación móvil que presenta por parte de la población de usuarios un alto índice de promoción, de aceptación y es valorada como excelente. Estos resultados confirman que, EcoBike proporciona un avance importante a la implementación de estrategias que busquen incentivar el uso de la bicicleta como medio de transporte.

El uso de soluciones como EcoBike pueden desempeñar un papel crucial en la promoción de cambios en el comportamiento de las personas, alentando al uso de la bicicleta y contribuyendo a la reducción de la contaminación y la mejora de la movilidad urbana. EcoBike se proyecta como un aporte significativo hacia un futuro más sostenible y saludable, al proporcionar a las personas una herramienta con un alto nivel de usabilidad para promover la bicicleta como un medio de transporte alternativo.

Este proyecto muestra que la innovación y la tecnología pueden ser aliados poderosos en los esfuerzos por reducir la contaminación del aire y acústica, pero también recuerda que la verdadera transformación requiere una visión compartida y un esfuerzo colectivo de personas dispuestas a apoyar estas iniciativas, pues la ejecución de EcoBike depende en gran parte de las alianzas comerciales con empresas que decidan apostar por una movilidad sostenible, dispuestas a ofrecer recompensas a los usuarios.

La bicicleta puede ser una herramienta valiosa para lograr ciudades más limpias y habitables, y la tecnología puede ayudar a hacer que esta transición sea más accesible y atractiva. Cada elección de movilidad sostenible puede contribuir al bienestar del planeta y de las generaciones futuras. Este estudio y su aplicación son un testimonio de cómo la innovación y la tecnología pueden allanar el camino hacia un futuro más verde.

CONCLUSIONS: *The systematic mapping aimed at identifying initiatives to promote the use of bicycles as a means of transportation involved the analysis of 417 articles. After applying selection and quality criteria, 14 articles were identified, highlighting an equal number of projects that seek to encourage the adoption of bicycles as a transportation option. These projects primarily rely on technologies such as Firebase Realtime Database and the Google Maps mapping API. However, there is a lack of mobile technology integration in these initiatives, as only three of them developed mobile applications, of which JavaScript is the predominant programming language.*

The development and application of a survey conducted with 187 residents of the city of Pasto were essential to identify user needs. Survey results lead to the conclusion that the optimal strategy (compared to other initially proposed incentives discarded due to low acceptance by stakeholders) to encourage bicycle use is the development of a mobile application incorporating a reward system in the form of accumulable points based on distance traveled, redeemable for purchase vouchers.

Additionally, the application addresses two obstacles related to bicycle use as a means of transportation, as identified by the study population: addressing route unfamiliarity, the mobile application allows users to plan trips on less-polluted routes; and addressing the feeling of insecurity during bike rides, the tool allows users to add friends and subsequently create groups for cycling outings.

Similarly, the importance of applying agile methodologies in the development of the EcoBike mobile application is emphasized, using SCRUM as the method for software process management, with the development of six sprints. The SCRUM methodology has proven highly effective in the development of the mobile application, maintaining a consistent work pace by implementing 17 user stories within a period of 3 months, facilitating the timely delivery of high-quality software. This allowed the construction of a mobile application that motivates people to use bicycles as a means of transportation, meeting the preferences of stakeholders.

Usability evaluation through the System Usability Scale (SUS) instrument shows that EcoBike is a mobile application that exhibits a high promotion index, acceptance, and is valued as excellent by the user population. These results confirm that EcoBike represents a significant step forward in the implementation of strategies aiming to incentivize bicycle use as a means of transportation.

The use of solutions like EcoBike can play a crucial role in promoting changes in people's behavior, encouraging bicycle use, and contributing to the reduction of pollution and improvement of urban mobility. EcoBike is envisioned as a significant contribution to a more sustainable and healthy future by providing people with a highly usable tool to promote the bicycle as an alternative means of transportation.

This project demonstrates that innovation and technology can be powerful allies in efforts to reduce air and noise pollution, but it also emphasizes that true transformation requires a shared vision and collective effort from individuals willing to support these initiatives. The implementation of EcoBike depends largely on commercial partnerships with companies willing to invest in sustainable mobility and offer rewards to users.

The bicycle can be a valuable tool in achieving cleaner and more livable cities, and technology can help make this transition more accessible and appealing. Every choice of sustainable mobility can contribute to the well-being of the planet and future generations. This study and its application are a testimony to how innovation and technology can pave the way towards a greener future.

RECOMENDACIONES: El proyecto EcoBike ofrece lecciones sobre cómo promover la movilidad sostenible a través de soluciones tecnológicas y alianzas estratégicas. Las recomendaciones presentadas a continuación buscan inspirar

futuras investigaciones y proyectos que contribuyan a la creación de un entorno más limpio, saludable y sostenible para todos.

Para empezar, existe una clara oportunidad para la investigación y el desarrollo continuo de aplicaciones móviles que aborden obstáculos específicos relacionados con la movilidad sostenible. Estas soluciones pueden abordar desafíos como la planificación de rutas, la seguridad de los ciclistas y la promoción de viajes

compartidos en bicicleta. Se anima a investigadores, desarrolladores y emprendedores a explorar estas áreas y crear soluciones innovadoras que contribuyan a la adopción de la bicicleta como medio de transporte.

Con respecto al mapeo sistemático realizado, se recomienda incluir nuevos repositorios como *Science Direct* o *Scopus*, y replicar el proceso de identificación, evaluación y selección de artículos mediante la cadena de búsqueda planteada en este proyecto, incluyendo nuevas iniciativas publicadas hasta la fecha actual.

La implementación exitosa de la metodología *SCRUM* en el desarrollo de EcoBike destaca la importancia de utilizar enfoques ágiles en proyectos de desarrollo de software. Esta metodología puede mejorar la eficiencia, la colaboración y la usabilidad del producto final. Por lo tanto, se sugiere considerar la implementación de métodos ágiles en proyectos similares relacionados con la movilidad sostenible. La aplicación del *System Usability Scale (SUS)* demostró ser útil para evaluar la usabilidad de EcoBike. Por lo tanto, se recomienda que las aplicaciones móviles diseñadas para fomentar la movilidad sostenible se sometan a este sistema de evaluación de usabilidad. Los resultados de esta evaluación pueden guiar mejoras y actualizaciones por hacer de las aplicaciones móviles para garantizar que sigan siendo efectivas y atractivas para los usuarios.

En el caso de EcoBike, la evaluación de usabilidad presenta por parte de la población de usuarios un alto índice de promoción y aceptación, y es valorada como excelente. Se sugiere desarrollar un proyecto que mida el impacto en la salud de los usuarios y en la disminución de la contaminación como resultado del uso de EcoBike.

La promoción exitosa de la movilidad sostenible por medio de la aplicación EcoBike requiere una colaboración efectiva con empresas del sector privado encargadas de proveer las recompensas de los puntos canjeables acumulados por distancia recorrida, sin embargo, el sector público es un gran escenario por explorar. Por lo tanto, se sugiere que, en futuras intervenciones, se tenga en cuenta a organismos públicos u organizaciones sin fines de lucro para trabajar en la promoción de soluciones de movilidad sostenible. La colaboración puede aprovechar la experiencia y los recursos de ambas partes, lo que contribuirá a acelerar la creación e implementación de soluciones de movilidad sostenible.

La recompensa de puntos acumulables por distancia recorrida, canjeables por vales de compra, demostró ser un incentivo efectivo en el caso de EcoBike, según la encuesta de preferencias de *skateholders*. Sería interesante explorar la posibilidad de ampliar estos programas de recompensas y personalizarlos según las necesidades de los usuarios. La flexibilidad en la elección de recompensas puede aumentar la motivación de los usuarios para elegir la bicicleta como medio de transporte.

Es recomendable que en un proceso de lanzamiento de EcoBike o aplicaciones similares, se haga el debido acompañamiento con campañas de concienciación, eventos promocionales en instituciones educativas y publicidad segmentada a distintos grupos de interés para informar a la población sobre las ventajas de utilizar la bicicleta, las implicaciones positivas para la salud y el medio ambiente, y sobre todo, hacer énfasis en las recompensas que se obtendrá si hace uso frecuente de la aplicación EcoBike.

RECOMMENDATIONS: *The EcoBike project offers lessons on how to promote sustainable mobility through technological solutions and strategic partnerships. The recommendations presented below aim to inspire future research and projects that contribute to creating a cleaner, healthier, and more sustainable environment for all.*

To begin, there is a clear opportunity for the research and continuous development of mobile applications addressing specific obstacles related to sustainable mobility. These solutions can tackle challenges such as route planning, cyclist safety, and the promotion of bike-sharing. Researchers, developers, and entrepreneurs are encouraged to explore these areas and create innovative solutions that contribute to the adoption of biking as a means of transportation.

Regarding the systematic mapping conducted, it is recommended to include new repositories such as Science Direct or Scopus and replicate the process of article identification, evaluation, and selection using the search chain outlined in this project, including new initiatives published up to the current date.

The successful implementation of the SCRUM methodology in the development of EcoBike highlights the importance of using agile approaches in software development projects. This methodology can enhance efficiency, collaboration, and the usability of the final product. Therefore, it is suggested to consider implementing agile methods in similar projects related to sustainable mobility.

The application of the System Usability Scale (SUS) proved useful in evaluating the usability of EcoBike. Therefore, it is recommended that mobile applications designed to promote sustainable mobility undergo this usability evaluation system. The results of this assessment can guide improvements and updates to ensure that mobile applications remain effective and appealing to users.

In the case of EcoBike, the usability evaluation by the user population shows a high promotion and acceptance index, being rated as excellent. It is suggested to develop a project that measures the impact on users' health and the reduction of pollution as a result of using EcoBike.

The successful promotion of sustainable mobility through the EcoBike app requires effective collaboration with private sector companies responsible for providing redeemable rewards for accumulated distance. However, the public sector is a

significant area to explore. Therefore, it is suggested that, in future interventions, consideration be given to public agencies or non-profit organizations to work on promoting sustainable mobility solutions. Collaboration can leverage the experience and resources of both parties, contributing to accelerating the creation and implementation of sustainable mobility solutions.

The reward of redeemable points for distance traveled, exchangeable for purchase vouchers, proved to be an effective incentive in the case of EcoBike, according to the stakeholder preference survey. It would be interesting to explore the possibility of expanding these reward programs and customizing them according to user needs. Flexibility in reward choices can increase user motivation to choose the bike as a means of transportation.

It is advisable that, in the launch process of EcoBike or similar applications, proper support be provided with awareness campaigns, promotional events in educational institutions, and targeted advertising to different interest groups to inform the population about the advantages of using the bike, positive implications for health and the environment, and above all, emphasize the rewards that will be obtained through frequent use of the EcoBike application.