

# Sistema de Parqueo de Bicicletas Bistander

Castaño, Nicolás. y Jordan, Gabriel.  
{gajordy,ncastano}@javerianacali.edu.co  
Pontificia Universidad Javeriana Cali

*Resumen*—En el presente trabajo de grado se expone el desarrollo del parqueadero para bicicletas Bistander, explicando paso a paso el diseño, componentes y código que se requirieron para llegar a un prototipo, en el cual encontramos un sistema que integra un factor de seguridad física, así como seguridad informática, a partir de la incorporación de diferentes componentes que conforman una estructura que asegura dos partes vitales de una bicicleta, el marco y la rueda, e incluye alertas en forma de notificaciones que surgen de la aplicación y van dirigidas a los usuarios.

*Índice de Términos*—Parqueadero de bicicletas, Internet of Things (IoT), sistemas embebidos, infraestructura urbana.

## I. INTRODUCCIÓN

Existen tecnologías, métodos y objetos que no cambian a través del tiempo, debido a que cumplen con su función de manera excepcional, así como hay otros que están en constante cambio y cada vez tienen una mayor efectividad; los parqueaderos de bicicleta, por un largo tiempo, han tenido una funcionalidad similar, a pesar de tener diferentes formas, pero recientemente se han desarrollado sistemas más avanzados, capaces y seguros para dar una mayor confianza a su usuario, así como cierto nivel de monitoreo a este, por medio del uso de tecnologías tales como el RFID (Radio Frequency Identification o identificación por radiofrecuencia), las conexiones inalámbricas a internet, las matrices programables y sensores de cada vez menor tamaño.

Al observar estas tecnologías, es posible inferir que no son precisamente nuevas, pero están cada vez más presentes en diferentes proyectos, impulsado principalmente por el auge de los proyectos individuales, los startups, y la facilidad de acceso al conocimiento que otorgan las redes, así

como la constante disminución de dos factores vitales: el costo y su eficiencia. Esto ha dado como resultado proyectos más inteligentes y automatizados.

Otro aspecto cuya revisión es indispensable para verificar la validez de estos parqueaderos radica en la necesidad de la seguridad adicional que brinda un parqueadero inteligente sobre uno tradicional. Examinando un país como Colombia, podemos notar que no hay una gran cantidad de parqueaderos, y también se cuenta con altas tasas de hurtos de bicicletas.

Con este proyecto se busca solucionar o, en su defecto, mejorar los problemas encontrados con el uso de un parqueadero tradicional, brindando una forma efectiva de asegurar el marco y ruedas de la bicicleta, así como un método fácil de identificación para poder retirar el vehículo sin necesidad de elementos adicionales (tarjetas, llaves, etc.), todo con el uso de tecnologías clave, sensores, y una aplicación que permite el manejo remoto del sistema, así como alertas oportunas, disminuyendo así la incidencia del hurto y perfeccionando los parqueaderos de este estilo. También se busca tener más documentación de parqueaderos de bicicleta con el desarrollo de este, ya que es bastante escasa y no se le presta la atención debida, aun cuando la gran mayoría del tiempo, las bicicletas se encuentran parqueadas.

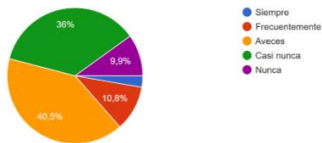
## II. ETAPAS Y PROCEDIMIENTO

### A. Requisitos y encuesta

Para el enfoque de satisfacción del cliente, se realizó una encuesta a 111 usuarios potenciales. En la encuesta pudimos ver comportamientos y deseos de los usuarios:

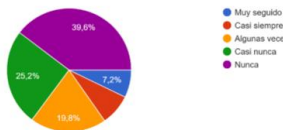
¿Con qué frecuencia encuentra parqueaderos para bicicletas en lugares públicos?

111 respuestas



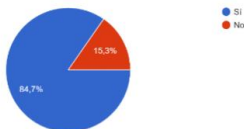
¿Qué tan seguido deja su bicicleta sin ningún tipo de seguro por no llevar elementos propios de seguridad?

111 respuestas



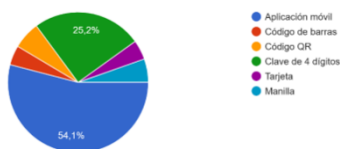
¿Alguna vez ha tenido que buscar otro medio de transporte por temor a no encontrar dónde parquear su bicicleta?

111 respuestas



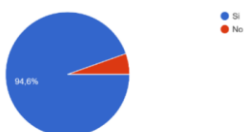
¿Cómo le gustaría desbloquear el sistema de parqueo para retirar su bicicleta?

111 respuestas



¿Usaría más la bicicleta como medio de transporte si los lugares públicos tuvieran parqueaderos inteligentes?

111 respuestas



Con esto se definen los requisitos:

- Poseer un parqueadero con mayor seguridad que los parqueaderos de bicicletas comunes.
- Contar con una aplicación para monitorear la bicicleta parqueada en tiempo real.

- Recibir notificaciones sobre el estado de la bicicleta a partir de la aplicación.

### B. Software

El software es una parte importante del proyecto y comprende toda la parte de la comunicación entre usuario y parqueadero. Esta está compuesta por distintas secciones, ya que la comunicación con el usuario se hace a partir de una aplicación, más se debe acceder a una base de datos para guardar la información única del usuario y debe haber un método de comunicación para poder enviarle notificaciones en caso de detectarse anomalías en el parqueadero.

Para la base de datos se trabaja con Firebase debido a la facilidad de prototipado y las actualizaciones en tiempo real necesarias para el tipo de aplicación, así como la inclusión de APIs OAuth que facilitan la implementación de funcionalidades de inicio de sesión.

Para el Front-Ende se utiliza Node.js para la configuración del entorno de desarrollo. Para la parte interactiva (front-end) de la aplicación, se utiliza React Native junto con Typescript y Expo, un marco de referencia para aplicaciones de React que agiliza su creación que se instala a través de comandos de forma global en el sistema. Para la autenticación del usuario y almacenamiento de información generada por el parqueadero se utilizan las capacidades adicionales de Firebase, instalando las librerías de compatibilidad directamente desde npm (de manera local). Para la funcionalidad del mapa se utiliza React Native maps, siendo compatible con el aplicativo y pudiéndose mostrar de forma rápida

Para el lado del servidor, se utilizó como herramienta principal FireBase. Se debe asignar un nombre al proyecto y una plataforma de trabajo, que en este caso será Expo. Expo trabaja como aplicación web, así que se selecciona la opción Web y se selecciona adicionalmente la opción de Android para poder manejar la parte de las notificaciones en dicho sistema operativo. Una vez seleccionado, se dan las credenciales del nuevo proyecto, las cuales deben ponerse en la aplicación, en un archivo de configuración. Con el fin de construir el back-end se utiliza next.js,

que cuenta con la opción de crear APIs (Application Programming interface; Sistema que permite intercambiar información entre dispositivos o aplicaciones) a pesar de enfocarse en el front-end

Firestore Authentication provee servicios de back-end, SDKs fáciles de utilizar, y librerías de UI finalizadas. Soporta la autenticación utilizando claves, números de celular e identificadores de proveedores federados como Google, Facebook y Twitter, entre otros. Esta función se integra con facilidad con otros servicios de Firestore, y aprovecha estándares tales como OAuth 2.0 y OpenID

Connect, así que puede ser fácilmente integrado con un back-end personalizado.

### C. Hardware

Se muestran las selecciones de sensores como el procesador requerido por el proyecto, elegido con matriz de selección.

El ESP32-WROOM-32 es el módulo WiFi, escalable, económico y útil para pruebas.

El ADXL345 es un acelerómetro de tres ejes pequeño, delgado, de consumo muy bajo ( $23 \mu A$  en modo de medición y  $0.1 \mu A$  en modo de standby) y con alta resolución (resolución fija de

10-bit y resolución completa de hasta 13 bits, midiendo hasta  $\pm 16g$ ).

El sensor VL6180 es un sensor de proximidad que funciona a pesar de la reflectancia del objeto a detectar.

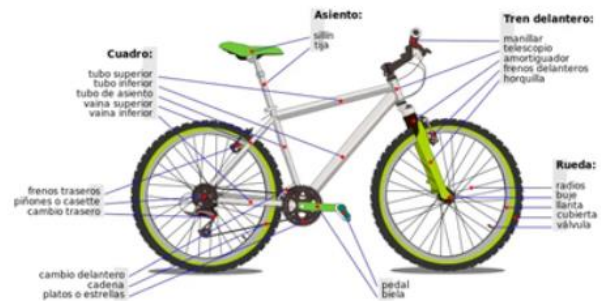
Aparte se utilizan un pad numérico y una cerradura solenoide como parte de la estructura de seguridad.

## III. RESULTADOS Y DISEÑO

Se trabajó el diseño con lluvias de ideas y considerando temas como costos y facilidad de implementación. El primer diseño realizado se puede apreciar en la figura siguiente y cuenta con las dos barras metálicas que se iban a utilizar para asegurar la bicicleta.



Las medidas de la bicicleta que importan para el diseño del parqueadero son la altura del marco o cuadro de la bicicleta, particularmente el espacio entre el tubo del asiento y las vainas superiores e inferiores, el ancho de la manzana donde se ubican los piñones en la parte trasera de la bicicleta, así como la distancia entre radios en la llanta trasera.



Para la altura del espacio del marco y distancia entre radios se toma un promedio de mediciones hechas manualmente de un total de 20 bicicletas, así como la información disponible en línea. Las mediciones entre los radios se hacían de forma que se pudiese atravesar la barra del pasador del parqueadero tanto por estos como por el marco, de forma que se hacía en un lugar muy específico donde se evitaba la curvatura de la rueda y la cadena.

- Promedio distancia entre radios (desde menor a mayor circunferencia): 3.5 a 5.5 cm
- Promedio de altura del radio útil para bloqueo: 36 cm.

## IV. CONSIDERACIONES ÚTILES

### A. figuras y tablas

Para el sistema en cuestión, se trabaja inicialmente con un prototipo de madera debido al alto costo de los materiales para un modelo funcional, lo cual influye en el grosor de algunas

partes del parqueadero, así como el movimiento y flexibilidad que este experimenta.

La resistencia de los materiales, así como las pruebas estructurales del parqueadero salen del espectro del proyecto actual y son aspectos para desarrollar en trabajos futuros, así como una forma de evitar el alto rango de movimiento con el que cuenta una bicicleta parqueada en el parqueadero, ya que no se asegura actualmente la rueda delantera.

## V. CONCLUSIONES

A través del presente proyecto se pudo llegar a una variedad de resultados; el primero y más

importante es el sistema completo del parqueadero de bicicletas, comprendiendo así las dificultades en el diseño de un sistema complejo comprendido por una parte mecánica así como un software que debe funcionar a la par.

Adicionalmente nos dimos cuenta de que al consultar a los usuarios, en este caso por medio de una encuesta, podemos evitar la subjetividad al momento de crear el proyecto. Así, en proyectos con aplicación comercial, se pueden eludir desarrollos innecesarios o irrelevantes para el paradigma del momento.

Después del uso de los componentes, se ha logrado establecer la necesidad de tener en cuenta elementos varios que en ambientes controlados no se suelen considerar, como la necesidad de una alimentación de energía constante, el requerimiento de materiales que permitan el paso de señales WiFi, la importancia de los cambios en las tecnologías de comunicación del país (como con el caso del 2G volviéndose obsoleto), entre otros.

Al crear la aplicación, también se pudieron identificar la gran cantidad de software que son necesarios para crear una aplicación; no solo es necesario programar una comunicación con los componentes electrónicos, sino que se requieren elementos que se conecten con la nube, otros para la interfaz de usuario e incluso algunos adicionales para la creación de contenido dinámico e interactivo.

Estos programas requieren de código especial y librerías para poder tener interacción entre ellos.

En el desarrollo del proyecto se logra, a su vez, realizar un diseño, que requiere de estudio, modelado y prototipado para ser realmente efectivo. Como ingenieros electrónicos, pudimos abordar una pequeña parte de lo que es el área de la mecánica, conociendo además de materiales y su importancia, principalmente considerando que el parqueadero de bicicletas Bistander ha de contar con una seguridad al ser destinado para uso en lugares públicos y necesitar, como uno de sus objetivos, ser más seguro que una simple cadena como las que suelen ser utilizadas para asegurar bicicletas a falta de mejores opciones.

## RECONOCIMIENTO

Este trabajo se lo dedicamos a todas las personas que influyeron en nosotros en este camino a ser ingenieros, motivándonos a seguir y a no rendirnos aún en condiciones adversas. Principalmente,

queremos agradecer a nuestros padres: Lizeth Lopera, por ser una gran madre, siempre dispuesta a ayudar cuando se necesitaba y que nunca dejó de dar alientos y amor, una mujer fuerte y única que siempre compartió su gran inteligencia y sabiduría; Luis Alfredo Jordan, que siempre ha podido

centrar a las personas en lo que tienen que hacer, dando a su vez ideas clave de cómo realizar las cosas más prácticas, un hombre con gran capacidad de dar, siempre preocupado por los demás y con principios sólidos; José Wilson Castaño, por estar presente durante nuestro proceso como es tudiantes y dándonos el apoyo necesario en todo momento; Edith Calderón, por darnos motivación en los momentos más difíciles durante el proceso, por sus muestras de cariño y comprensión y estar siempre al cuidado de nosotros durante las extensas reuniones. También, agradecer a nuestros hermanas: Juan Manuel Jordan y Natalia Castaño. Aprovechamos para incluir igualmente a Alexánder Martínez, por su paciencia y acompañamiento a través de la creación de este documento y su interés en ver a sus dos estudiantes más allá de la meta final. Finalmente, nos gustaría extender este agradecimiento a todo el personal de la Javeriana que nos brindó un apoyo de alguna manera u otra,

como los laboratoristas del laboratorio de electrónica, el personal de aseo que nos permitía estudiar en instalaciones limpias y los compañeros que hicieron de nuestra experiencia en la universidad algo especial e inolvidable. Gracias, gracias y gracias.

#### REFERENCIAS

- [1] J. Karsten. (2018) What is smart parking? [Online]. Available: <https://www.parkeagle.com/2018/05/12/what-is-smart-parking/>
- [2] Eva Heinen Ralph Buehler, "Bicycle parking," 2019, a systematic review of scientific literature on parking behaviour, parking preferences, and their influence on cycling and travel behaviour. [Online]. Available: <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/01441647.2019.1590477?sroll=top&needAccess=true&role=tab>
- [3] *Boom de Bicicletas*, 2021. [Online]. Available: <https://www.larepublica.co/analisis/simon-gaviria-munoz-401830/boom-de-bicicletas-3249806>
- [4] *¿Cómo asegurar y parquear bien la bicicleta para evitar robos?*, 2020. [Online]. Available: <https://www.eltiempo.com/bogota/como-asegurar-y-parquear-bien-una-bicicleta-509252>
- [5] *Bike theft across Europe and securing better bike parking*, 2023. [Online]. Available: <https://ecf.com/news-and-events/news/bike-theft-across-europe-and-securing-better-bike-parking>
- [6] VANDERSPEK201539k, "The importance of bicycle parking management," *Research in Transportation Business Management*, vol. 15, pp. 39–49, 2015, managing the Business of Cycling. [Online]. Available: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2210539515000127>
- [7] P. V. Tran, "Will implementation of high-quality bicycle parking facilities make cycling more attractive in city central areas," *Institutt for arkitektur og planlegging*, 2021, master thesis. [Online]. Available: <https://hdl.handle.net/11250/2824639>
- [8] Real Academia Española. (1995) Bicicleta. [Online]. Available: <https://dle.rae.es/bicicleta>
- [9] ——. (1995) Bicicleta. [Online]. Available: <https://dle.rae.es/bicicleta>
- [10] S. Bennett, *A History of Control Engineering 1930-1955*, ser. Control, Robotics and Sensors. The Institution of Engineering and Technology, 1993.
- [11] MaxBotix. (2018) Smart parking, sensors for vehicle detection. [Online]. Available: <https://www.digikey.com/en/pdf/m/maxbotix/smart-parking-sensors-vehicle>
- [12] I. Codesido. (2009) What is front-end development? [Online]. Available: <https://www.theguardian.com/help/insideguardian/2009/sep/28/blogpost>
- [13] A. Goins. (2020) Front end vs. back end: What's the difference? [Online]. Available: <https://kenzie.snhu.edu/blog/front-end-vs-back-end-whats-the-difference/>
- [14] Food and Drug Administration. (2018) Radio frequency identification (rfid). [Online]. Available: <https://www.fda.gov/radiation-emitting-products/electromagnetic-compatibilityemc/radio-frequency-identification-rfid>
- [15] RFID POINT. ¿a qué distancia puede leerse un tag rfid? [Online]. Available: <http://www.rfidpoint.com/consultas-al-experto/a-que-distancia-puede-leerse-un-tag-rfid/>
- [16] European Telecommunications Standards Institute. (2012) Electromagnetic compatibility and radio spectrum matters (erm); short-range devices (srd) for operation in the 13,56 mhz band; system reference document for radio frequency identification (rfid) equipment. [Online]. Available: [https://www.etsi.org/deliver/etsi\\_tr/103000\\_103099/103059/01.01.01\\_60/tr\\_103059v010101p.pdf](https://www.etsi.org/deliver/etsi_tr/103000_103099/103059/01.01.01_60/tr_103059v010101p.pdf)
- [17] (2017) About near field communication. [Online]. Available: <http://nearfieldcommunication.org/about-nfc.html>
- [18] ABI Research. Bluetooth technology overview. [Online]. Available: <https://www.bluetooth.com/learn-about-bluetooth/tech-overview/>
- [19] What is mobile application development? [Online]. Available: <https://aws.amazon.com/es/mobile/mobile-application-development/>
- [20] Amazon Web Services, Inc. Soluciones de aws. [Online]. Available: <https://aws.amazon.com/es/solutions/>
- [21] Firebase documentation. [Online]. Available: <https://firebase.google.com/docs/web/setup?hl=es-419#available-libraries>
- [22] MongoDB, Inc. Database. [Online]. Available: <https://www.mongodb.com/es/atlas/database>
- [23] (1995) Netscape and sun announce javascript, the open, cross-platform object scripting language for enterprise networks and the internet. [Online]. Available: <https://web.archive.org/web/20070916144913/http://wp.netscape.com/newsr ef/pr/newsrelease67.html>
- [24] HTML Living Standard. [Online]. Available: <https://html.spec.whatwg.org/multipage/introduction.html#a-quick-introduction-to-html>
- [25] HTML CSS. [Online]. Available: <https://www.w3.org/standards/webdesign/htmlcss#whattcss>
- [26] OpenJS Foundation. (1995) Musica. [Online]. Available: <https://nodejs.org/en/about/>



- [27] O. Foundation. About npm. [Online]. Available: <https://nodejs.org/en/knowledge/getting-started/npm/what-is-npm/>
- [28] npm, Inc. About npm | npm docs. [Online]. Available: <https://docs.npmjs.com/about-npm/>
- [29] O'Reilly Online Learning. Learning react native. [Online]. Available: <https://www.oreilly.com/library/view/learning-react-native/9781491929049/ch01.html>
- [30] (1995) Meta platforms. introduction (to react native). [Online]. Available: <https://reactnative.dev/docs/getting-started>
- [31] M. J. Foley, "Microsoft takes the wraps off typescript, a superset of javascript. zdnet," 2012. [Online]. Available: <https://www.zdnet.com/article/microsoft-takes-the-wraps-off-typescript-a-superset-of-javascript/>
- [32] Meta Platforms. Using typescript. [Online]. Available: <https://reactnative.dev/docs/typescript>
- [33] Introduction to expo. [Online]. Available: <https://docs.expo.dev/>
- [34] "Guidelines for the design and management of bicycle parking facilities (draft)." 2008. [Online]. Available: <https://americantrails.s3.us-west-2.amazonaws.com/files/pdf/Torontobikeparkguide.pdf>
- [35] A. Polishchuk, *SMART BICYCLE PARKING: Bicycle Parking Solution for the Riihimäki Railway Station Area.*, 2016. [Online]. Available: <https://www.hamk.fi/wp-content/uploads/2018/07/Final-Report-ASTI-Parkers.pdf>
- [36] Espressif systems. (2021) Esp32-wroom-32 datasheet. [Online]. Available: [https://www.espressif.com/sites/default/files/documentation/esp32-wroom-32\\_datasheet\\_en.pdf](https://www.espressif.com/sites/default/files/documentation/esp32-wroom-32_datasheet_en.pdf)
- [37] (2008) Accelerometer design and applications. [Online]. Available: [https://web.archive.org/web/20081213001559/http://www.analog.com/en/technical-library/faqs/design-center/faqs/CU\\_faq\\_MEMs/resources/fca.html#SECTION\\_A](https://web.archive.org/web/20081213001559/http://www.analog.com/en/technical-library/faqs/design-center/faqs/CU_faq_MEMs/resources/fca.html#SECTION_A)
- [38] Analog Devices. (2009) Adxl345 datasheet. [Online]. Available: <https://www.analog.com/media/en/technical-documentation/data-sheets/ADXL345.pdf>
- [39] OMRON Industrial Automation. (1995) Overview of proximity sensors. [Online]. Available: <https://www.ia.omron.com/support/guide/41/introduction.html>
- [40] ST Microelectronics. (1995) Product overview. [Online]. Available: <https://www.st.com/en/imaging-and-photonics-solutions/vl6180.html>
- [41] Real Academia Española. Cerradura. [Online]. Available: <https://dle.rae.es/cerradura>
- [42] Bikeep. (2022) Secure and smart bike parking station. [Online]. Available: <https://bikeep.com/smart-bike-parking-station-book-a-demo/>
- [43] Vadebike. (2020) La nueva estación híbrida de vadebike ya es una realidad. [Online]. Available: <https://vadebike.es/blog/la-nueva-estacion-hibrida-de-vadebike-ya-es-una-realidad>
- [44] BikeLink. On-demand bike parking. [Online]. Available: <https://www.bikelink.org/>