

# Sistema Semi-Automatizado para Procesos Universitarios de Transacciones Monetarias e Identificación por Medio de Tecnología Near Field Communication

Luis Yao<sup>1</sup> , Roderick Mastrolinardo<sup>2</sup> ,

Modaldo Tuñón<sup>3</sup> 

Universidad Tecnológica de Panamá (UTP). Ciudad de Panamá, Panamá

<sup>1</sup>luis.yao,<sup>2</sup>roderick.mastrolinardo,<sup>3</sup>modaldo.tunon@utp.ac.pa}

DOI: 10.33412/pri.v13.1.2354



**Resumen:** *NFC (Near Field Communication) es una tecnología innovadora, flexible y relativamente económica para la intercomunicación de los dispositivos mecatrónicos tanto fijos como móviles. Una de las características principales que lo distingue de tecnologías similares es su capacidad de comunicación bidireccional, es decir, puede enviar y recibir información de una fuente externa, esto abre muchas posibilidades para aplicaciones relacionadas a credenciales y transacciones. En este trabajo nos fundamentamos en crear una aplicación web que pueda aprovechar las capacidades de esta tecnología, para ofrecer una plataforma digital web que permita realizar funciones de identificación y transacciones comunes dentro de una organización. Esta plataforma tiene la intención de crear un ecosistema que incentive la utilización del carné estudiantil dentro del campus de la Universidad Tecnológica de Panamá, ofreciendo funcionalidades de verificación de credenciales para aumentar la seguridad dentro del área de la institución; funcionalidades como opción alterna de pago para acelerar los procesos repetitivos relacionados con pagos internos, que muchas veces son ineficientes por el factor humano dentro del proceso. Se espera que la comparación de los modelos en este proyecto demuestre que utilizando un sistema digital e innovador se podría disminuir considerablemente el tiempo en espera promedio de los usuarios que realizan procesos de pagos dentro de la Universidad Tecnológica de Panamá, así como cualquier otra institución.*

**Palabras claves:** NFC, RFID, códigos QR, arquitectura SPA, API Rest, Angular, Flask, Arduino, aplicación web, UTPWallet, simulación, carné estudiantil.

**Title:** Semi-automated system for University Processes of monetary transactions and identification by Near Field Communication technology.

**Abstract:** NFC (Near Field Communication) is an innovative, flexible and relatively inexpensive technology for intercommunication of both fixed and mobile mechatronic devices. One of the main features that distinguishes it from similar technologies is its two-way communication capability, that is, it can send and receive information from an external source, this opens up many possibilities for credential and transaction related applications. In this paper we are fundamentally creating a web app that can take advantage of the capabilities of this technology, to offer a digital web platform that allows common identification and transaction functions within an organization. This platform is intended to create an ecosystem that encourages the use of the student id within the campus of the Panama Technological University, offering credential verification functionalities to increase security within the campus of the institution; functionalities as an alternative payment option to accelerate the repetitive processes related to internal payments, which are often inefficient by the human factor within the process. It is expected that the comparison of the models in this project will demonstrate that using a digital system could significantly reduce the average waiting time of users who make payment processes within the Panama Technological University as well as any other institution.

**Key words:** NFC, RFID, QR codes, SPA architecture, Rest API, Angular, Flask, Arduino, web-app, UTPWallet, simulation, student id.

Tipo de artículo: investigación.

Fecha de recepción: 30 de septiembre de 2020.

Fecha de aceptación: 31 de enero de 2022.

## 1. Introducción

El uso del dinero en efectivo es una práctica sumamente común utilizada en cualquiera empresa o institución. Actualmente este es el método de transacción más ordinario de la UTP ya sea en las cafeterías, cajas o librería. La creciente población estudiantil, así como integrantes de las instituciones en general hace que esta práctica acarree consigo una serie de desventajas que disminuyen la calidad de algunos de los servicios internos dentro de las instituciones. El tiempo que toma realizar una transacción en efectivo es un factor con un comportamiento exponencial, llegando a crear extensos periodos de espera y largas fila en áreas relacionados a pago y cobro.

El uso de tecnología innovadoras para crear ecosistemas totalmente integrado con los procesos institucionales no es algo relativamente nuevo. Muchas organizaciones tienen sus propias aplicaciones móviles para realizar procesos internos, creando un ecosistema mucho más seguro y eficiente. Dentro de nuestro contexto de cobro y pago, las tecnologías usualmente se clasifican en imágenes (códigos QR) o radio frecuencia [1]. Los códigos QR son una evolución de los códigos de barra, consisten en un código bidimensional que utiliza 4 estándares de codificación: Numérico, Alfanumérico, Binario y Kanji [2]; como se observa en la figura 1, el costo de implementación es relativamente bajo, su compatibilidad es media ya que depende

de un dispositivo inteligente con una cámara disponible para su aplicación. La finalidad de los códigos QR en este contexto es permitir el almacenamiento de identificación de cuenta de un usuario y junto a una aplicación móvil ofrecer la funcionalidad de recibir o enviar dinero digitalmente entre dos entidades. Un ejemplo de adopción en Panamá es Nequi [3], una empresa que ofrece servicios de transacciones digitales utiliza esta tecnología.

Por otro lado, en radiofrecuencias tenemos Radio Frequency Identification (RFID) y Near Field Communication (NFC), como se observa en la figura 1, ambos ya han sido altamente adoptados alrededor del mundo, su percepción ante los usuarios es considerablemente buena, su seguridad es superior al de los códigos QR y ambos tienen un buen nivel de escalabilidad en cuanto a sus aplicaciones. No obstante, solo el NFC tiene capacidad para ofrecer las funcionalidades que queremos implementar en este proyecto de desarrollo.

### TABLA COMPARATIVA

	QR CODE	NFC	RFID
PRECIO	1 moneda	3 monedas	3 monedas
SEGURIDAD	2 puntos verdes	2 puntos verdes	1 punto verde
COMPATIBILIDAD	2 flechas verdes	3 flechas verdes	1 flecha verde
ESCALABILIDAD	1 icono de escalera	3 iconos de escalera	1 icono de escalera
APLICACIÓN PARA PAGOS	Icono de teléfono	Icono de teléfono	Icono de teléfono
APLICACIÓN PARA LOCALIZACIÓN	Icono de ubicación	Icono de ubicación	Icono de ubicación
TRANSFERENCIA DE DATOS	Icono de transferencia	Icono de transferencia	Icono de transferencia
ADOPCIÓN EN PANAMÁ	Icono de bandera	Icono de bandera	Icono de bandera
ADOPCIÓN GLOBAL	Icono de mundo	Icono de mundo	Icono de mundo
PERCEPCIÓN DE LOS USUARIOS	3 thumbs up	3 thumbs up	3 thumbs up

\*LA TECNOLOGÍA NFC ES UN SUBCONJUNTO DEL RFID CON MEJORAS EN ALGUNOS ASPECTOS PARA PERMITIR APLICACIONES MÁS INNOVADORAS.

Figura 1. Tabla comparativa de las tecnologías inalámbricas considerados.

Usualmente el RFID se aplica para sistemas de control de acceso, cobro automático de peaje, seguimiento de paquetes en cadenas de suministros y dispositivos de rastreo y geolocalización. Mientras que la tecnología NFC que es un subconjunto del RFID, funciona de 3 modos: emulación de tarjetas, lectura y escritura NFC y conexión Peer-to-Peer (P2P) [4]. La emulación de tarjetas (NFC Card Emulation) habilita los dispositivos con NFC (como smartphones) para actuar o emular como tarjetas inteligentes, permitiendo a los usuarios efectuar procesos de transacciones con sus dispositivos. La escritura y lectura NFC (NFC Reader/Writer) habilita los dispositivos con NFC para la lectura de información almacenados en etiquetas NFC usualmente colocados en los productos o elementos destinados para el usuario. Finalmente, el modo conexión P2P

(NFC Peer-to-Peer) permite que dos dispositivos con NFC establezcan una conexión local y ofreciendo la funcionalidad de intercambio de datos continuo es decir transferencia de archivos.

Este proyecto de desarrollo propone implementar un sistema que aproveche el carné estudiantil que poseemos actualmente y darle un uso significativo por medio de NFC. Con este sistema se logrará en un futuro desde agilizar los procesos actuales de pago de matrícula, copias, cafetería, préstamos de libros en la biblioteca, entre otros; hasta escalar a sistemas de funciones administrativas y de seguridad (control de asistencia, matrículas de curso extracurriculares, análisis de datos estadísticos y la posibilidad de adaptarlo a los teléfonos inteligentes). Sin embargo, en esta propuesta nos enfocaremos principalmente en los procesos simples que hemos mencionado anteriormente, los procesos de transacción monetaria y los procesos de identificación digital.

A lo largo del escrito introduciremos los antecedentes que generaron las ideas principales y los elementos por la cual está compuesto este proyecto; su propósito, alcance, objetivos, entre otros puntos. Se definirá el marco teórico que cubre desde la historia de los distintos sistemas de pagos, hasta temas como billeteras digitales, criptomonedas y algunas de las tecnologías actuales que representan los cimientos en los cuales están basadas todas estas aplicaciones de pagos. Describiremos los conceptos de diseño y planificación de sistema, estudio de requerimientos, herramientas a utilizar, vistas y prototipo. Por último, se presentará el producto final donde con sus distintas funcionalidades y las recomendaciones para escalabilidad futura.

## 2. Antecedentes

En la sociedad actual como la conocemos, cada segundo que pasa, alrededor del mundo ocurren millones de procesos transaccionales, intercambio de bienes entre las personas que buscan suplir la solución a una necesidad y las personas que buscan atender esa misma necesidad. Una gran parte de estas transacciones eran realizadas solamente por medio de efectivo, pero con la evolución de la tecnología y el desarrollo de la economía mundial, surgieron nuevos medios y sistemas de transacciones mucho más eficientes y seguros, solo por mencionar algunos de los más utilizados son: cheques, tarjetas bancarias, transferencias digitales, criptomonedas, billeteras digitales, entre muchas otras [5].

### 2.1 Evolución de tecnologías

Con la llegada de la era digital, muchos cambios han ocurrido respecto a las prácticas del manejo y la circulación del dinero en la sociedad, tecnologías como la Inteligencia Artificial, la Big Data, el Internet de las Cosas, las Nubes, 5G, Realidad Virtual o Realidad Aumentada han abierto las puertas para posibilidades que, sin duda, algunos aún piensan que solo es material de la ciencia ficción. A lo largo de la historia, hemos pasado de conchas a metales, papel a plásticos, y hoy en día algunos de los líderes en la economía mundial no utilizan ninguno de estos. Gracias a las nuevas tecnologías que han surgido, China es uno de los mejores ejemplos que podemos observar en relación con sus

grandes resultados en el salto a la tendencia del Cashless o Digital Payment [6].

## 2.2 Códigos QR, RFID y NFC

Dentro de las tecnologías de comunicación inalámbricas que están en el mercado actual, solo algunos pueden ser aplicados para la industrial del pago sin contacto. Entre esas tecnologías, los más populares son Códigos QR y el *Near Field Communication* (NFC), siendo el último un subconjunto de la tecnología RFID diseñado para aplicaciones de naturaleza más orientadas al usuario [7].

Los códigos QR tienen un costo bajo debido a la naturaleza de la inaplicación de la patente de sus creadores, hoy en día son fácilmente reconocibles aparte que son altamente visibles por su color negro y su forma peculiar. Su simplicidad y conveniencia para uso al igual que su alta compatibilidad entre los dispositivos lo hace extremadamente viable para implementar en los productos [8]. Sin embargo, estas requieren tener suficiente luz para que la cámara del móvil pueda leer el código, por lo tanto, son difíciles leerlos en la noche o en lugares con poca iluminación. Adicionalmente, son fáciles de estropear ya sea por marcado, doblado o rayado. Estos códigos son usualmente impresos en el empaque de los productos, generalmente son descartados después que los productos sean abiertos o utilizados, aparte que son fácilmente reproducibles y compartidos, haciéndolos pocos útiles para procesos de anti-falsificación u otras aplicaciones sensibles.

La tecnología RFID por otro lado tiene una aplicabilidad potencial en todas las industrias, comercios o servicios donde se necesite recopilar datos y administrar recursos. A pesar de que el RFID se utiliza ampliamente en el sector comercial y es una tecnología que tiene aplicaciones diseñadas entorno a los productos, técnicamente no existe aplicación para realizar transacciones monetarias con esta, sin embargo, existe una tecnología que se deriva del RFID, llamado *Near Field Communication* (NFC), que hoy en día es aplicado para las funcionalidades de pago sin contacto en las tarjetas bancarias [9].

Ambas tecnologías son bastante similares, y están estrechamente relacionados, lo cual puede causar confusión a la hora de entender las aplicaciones de cada uno. A pesar que el NFC está basado en el RFID de alta frecuencia, el diseño del primero está dirigido a los usuarios mientras que el último está dirigido a los productos. Su gran adopción por los Smartphone en una era en donde todos tienen uno a su disposición, su seguridad superior a los códigos QR ya que aplican protocolos de autenticación, su gran escalabilidad y su diseño orientado al usuario, permiten casos de usos que abarcan toda la vida útil del producto [10].

Analizado cada uno de los factores que se menciona anteriormente podemos concluir que, cada tecnología tiene sus ventajas propias de su especialidad, así como desventajas en aspectos que el otro es superior. Sin embargo, considerando algunos de los requerimientos más críticos de este proyecto, determinamos que los factores más importantes para nuestro producto giran en torno a la escalabilidad y la seguridad de esta. Dicho esto, podemos recomendar, con base en los parámetros

antes descritos, que la tecnología NFC es más apta para la implementación del sistema propuesto.

## 3. Aspectos generales

Dentro de las consideraciones principales de este proyecto, es de gran relevancia saber cuál es problema que se pretende resolver, como se pretende hacer y qué limitaciones se establecerán para este proceso. A continuación, se detallan estos puntos individualmente:

### 3.1 Problema y justificación

El carné estudiantil de la Universidad Tecnológica de Panamá, es un recurso que todos los estudiantes pagan a la hora de matricularse, es un gasto que la institución realiza, sin embargo, no se reclama, los pocos que lo tienen no lo actualizan, y los carnés actualizados no son usados, la razón es simple, su uso es irrelevante a lo largo de una carrera dentro de la universidad, no existe un motivo lo suficientemente alentador para tomarse la molestia de siquiera ir a buscar algo que ya se pagó.

Por otro lado, el uso del dinero en efectivo es una práctica muy común utilizada en cualquier empresa o institución, y la universidad no es la excepción. Pero esta práctica es causa indirecta de la reducción en la calidad de algunos servicios dentro de estas organizaciones. El factor de inseguridad, la posibilidad de extravió, y el tiempo que toman las transacciones en efectivo son algunas de las desventajas resultado de utilizar este modelo tradicional.

### 3.2 Objetivos

Con las ideas bien establecidas y los problemas claramente definidos, podemos determinar nuestros objetivos principales, que resultan ser dos, la creación de un sistema de identificación o credenciales capitalizando el carné de identificación de una institución en este caso la UTP y establecimiento de un sistema que permita las transacciones monetarias de manera digital creando un modelo de pago mucho más eficiente que el actual.

### 3.3 Alcance

Con el fin de regular la complejidad, el presupuesto y la duración de este proyecto fue necesario establecer una serie de límites: **i)** El producto final de esta implementación solamente será un prototipo funcional, **ii)** En caso hipotético de ser implementado, este no debe limitarse a la sede principal y **iii)** De las tecnologías de comunicación inalámbricas disponibles en el mercado, se utilizará el NFC y se demostrará mediante comparación con otros dos, el motivo de su selección.

## 4. Ingeniería, diseño e implementación

A fin de entender lo necesario a incluir en el sistema para satisfacer las necesidades de los usuarios, tenemos que estudiar los requerimientos en base a nuestros objetivos, preguntar qué queremos lograr, cómo queremos lograrlo, y si es la manera más efectiva de hacerlo. Dependiendo de los recursos, el tiempo, y el personal, hay una variedad de herramientas que se pueden aplicar para estudiar de manera objetiva los requerimientos. Y en

nuestro caso de estudio, la herramienta más efectiva de recopilar datos era por medio de encuestas.

#### 4.1 Encuesta

Debido a que el sistema está planeado para dirigirse a una población significativamente grande, una encuesta es una herramienta bastante útil para estudiar las necesidades de los usuarios, y así generar consecuentemente los requerimientos. Intentar encuestar a toda la población existente es una hazaña imposible y sobre todo sumamente ineficiente, por lo tanto, se calcula una muestra significativa que pueda representar el comportamiento del resto de la población. Con una población total aproximadamente de 12 753 estudiantes, según la secretaría general de la universidad, jugamos con un nivel de confianza de 95% y asumiendo un margen de error de 5%, determinamos que una muestra significativa para nuestra encuesta sería de 372 personas, específicamente estudiantes. Con una lista total de 15 preguntas, bifurcadas dependiendo de las respuestas de los encuestados, logramos obtener información con valor analítico de gran importancia, que nos ayudó significativamente con el proceso de la generación de los requerimientos para el sistema.

Dentro de la información que realmente nos interesaba, pudimos observar dos comportamientos claramente en los estudiantes, respecto al carné de identificación. Empecemos por el comportamiento más simple y esperado, encontramos que un 53.2% (198) de la muestra no poseen un carné activo de la universidad, es decir, más de la mitad de los estudiantes no tienen una identificación estudiantil vigente de la institución a pesar de ser un costo obligatorio a la hora de matricularse. Por otro lado, tenemos que de los 46.8% (174) de los estudiantes que sí tenían un carné vigente, el 76.4% (133) ha utilizado al menos una vez su carné dentro del campus universitario, concentrándose un 81.2% (108) en la biblioteca, un 48.1% (64) en la cafetería, y un 21.8% (29) entre seguridad y caja. Esto nos indica estadísticamente que, cuando un estudiante posee el carné, es muy probable que sea utilizado en algún momento.

Tabla 1. Tabla de resultados de la encuesta

Concepto	Valor
No posee carné estudiantil vigente	53.2% (198)
Posee un carné estudiantil vigente	46.8% (174)
Ha utilizado el carné al menos una vez	76.4% (133)
- Uso en la biblioteca	81.2% (108)
- Uso en la cafetería	48.1% (64)
- Uso para acceso	21.8% (29)
Ha realizado alguna clase de transacción	86% (320)
Ha utilizado Google Pay alguna vez en su vida	21.2% (48)
Ha utilizado Apple Pay alguna vez en su vida	6.6% (15)
Consideran los métodos de pagos digitales innovadores y convenientes	89.5% (333)

Desde la perspectiva de las transacciones, los datos muestran que un 86% (320) del total de la población han hecho alguna clase de transacción dentro del campus universitario, esta

es una cifra que es de esperarse, debido a la naturaleza y funcionamiento dentro de la institución educativa. En el caso de medios de pagos digitales solo el 21.2% (48) alguna vez ha utilizado Google Pay y solo un 6.6% (15) ha utilizado Apple Pay, lo cual indica un bajo porcentaje de usuarios con experiencias utilizando medios de pagos digitales. A pesar de esto el 89.5% (333) de los encuestados consideran que estos nuevos medios son muy convenientes e innovadores en comparación con los métodos tradicionales. Esto es un indicador que están dispuestos a utilizar métodos nuevos siempre y cuando sean eficientes y convenientes.

#### 4.1.1 Conclusiones de la encuesta

Profundizando con la información recolectada y analizando desde distintas perspectivas pudimos llegar a una serie de conclusiones que nos ayudan a determinar nuestros requerimientos:

- Hay un gran número de estudiantes que no tienen un carné vigente porque lo consideran innecesario.
- Una gran porción de los que sí poseen el carné lo utilizan durante su carrera.
- Un gran número de personas que forman parte de la universidad hacen transacciones monetarias frecuentemente en el campus.
- Muchos de los servicios que implican realizar pagos, generan filas que en ocasiones puede llegar a tardar horas para atender a un individuo.
- Es muy probable que la razón de las prolongadas filas de espera sea debido al elemento humano, a la falta de cambios y al alto volumen de personas en ciertas horas del día.
- Muchos creen que el pago sin contacto es innovador y conveniente, a pesar de que hay una pequeña porción que cree que no es seguro, y muchas de estas personas ni siquiera conocen como funcionan en realidad.
- Si disminuimos el impacto del elemento humano podríamos disminuir el tiempo de espera en fila.
- Si eliminamos la necesidad de tener cambios (vuelto), disminuiríamos el impacto del elemento humano en las transacciones.
- Si disminuimos el tiempo de espera en fila, el volumen de personas se disminuiría más rápido y eficientemente.
- Si logramos crear un sistema confiable, seguro, y conveniente, es muy probable que sea aceptado por los usuarios fácilmente.

#### 4.2 Requerimientos del sistema

Los requerimientos son cualquier atributo característico y/o cualidades de un sistema para que tenga valor y utilidad para el usuario. Basado en la ingeniería de software un sistema cuenta con dos tipos de requerimientos los cuales son los requerimientos funcionales y los no funcionales.

##### 4.2.1 Requerimientos funcionales

Los requerimientos funcionales son declaraciones de los servicios que ofrecerá el sistema, la especificación de los requerimientos funcionales se realiza para establecer las

reacciones que el sistema tendrá al recibir una entrada, estas declaraciones pueden ser tanto positivas como negativas, es decir, establecemos que puede o no hacer el sistema. Dentro de nuestra propuesta encontramos los siguientes requerimientos funcionales:

- Autenticación de Usuario
- Autorización de Usuarios
- Portal de Estudiante
- Portal de Recarga/Cobro
- Portal de Revisión de Perfiles
- API
- Base de Datos
- Entrada de dato por Arduino y NFC
- Seguridad de la etiqueta

**4.2.2 Requerimientos no funcionales**

Los requerimientos no funcionales son los requisitos que no están relacionados directamente con las funciones específicas del sistema, sino con sus propiedades y características, en palabras sencillas, los requerimientos no funcionales no describen que hace el sistema sino cómo lo hace y por qué. A continuación, se presentan los requerimientos no funcionales considerados en el sistema propuesto:

- Confiable
- Seguro
- Usabilidad
- Disponible
- Rápido

Una vez definido los requerimientos, podemos construir un diagrama de casos de usos como el de la figura 2 para visualizar el flujo de los procesos que serán posibles por detrás del sistema.

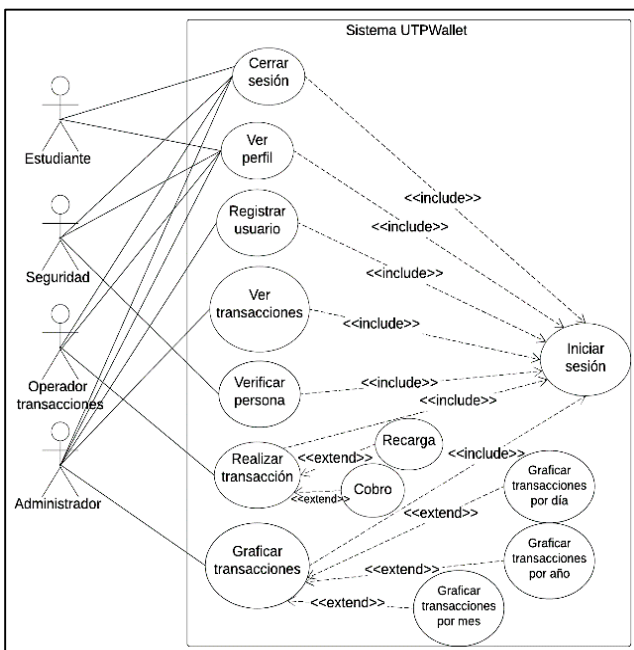


Figura 2. Diagrama de casos de uso.

**4.3. Aplicación, base de datos y API**

El sistema que proponemos es básicamente una plataforma que permitirá el aprovechamiento efectivo del carné de identificación para propósitos de identificación y transacción monetaria dentro de la institución, permitirá a operadores de seguridad hacer revisión de identidad rápidamente, ofrecerá un sistema de recarga y cobro para las transacciones internas y aparte proveerá una página web para que los usuarios puedan revisar su información personal y su saldo disponible dentro de su cuenta. La aplicación se desarrollará utilizando Angular para el front-end, PostgreSQL para la base de datos y Flask para el API.

**4.3.1. Angular**

Angular es un marco de trabajo (en inglés, framework) para desarrollar la interfaz (front-end) de una aplicación web, está basado en Typescript, un superset de JavaScript, es decir, JavaScript, pero con funcionalidades agregadas [11]. Angular combina una serie de buenas prácticas y estándares web modernos para el desarrollo front-end, es extremadamente modular, lo cual nos permite reutilizar recursos y hace más fácil las futuras mejoras, es ligero, el proyecto generalmente no ocupa mucha memoria y es fácil de aprender.

**4.3.2. Base de datos**

El tipo de base de datos utilizado es relacional, los SCHEMA y los modelos de datos, se diseñan dependiendo de las características del objeto que tiene interacciones durante los intercambios de información entre el front-end y la capa de acceso a datos (back-end). En nuestra estructura tenemos 9 tablas individuales enlazadas entre ellas por medio de llaves únicas como se muestra en la figura 3, cada uno cumple con una función específica y muy importante destacar que tomamos la decisión de aislar la tabla que contiene los balances por motivos de seguridad transaccional.

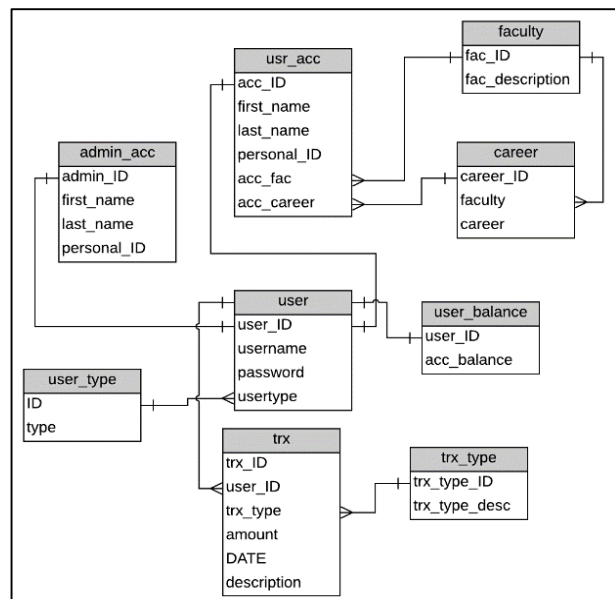


Figura 3. Diagrama relacional de la base de datos del sistema.

### 4.3.3. Api

Un Application Programming Interface (API) es simplemente un programa que actúa como la capa de enlace entre nuestra aplicación y la base de datos, en palabras simples, es el encargado de manejar las peticiones de datos que genera el programa y las respuestas que devuelve la base de datos, por medio de puntos de accesos (endpoints) dedicados para intercambios de paquetes de datos específicos. Al momento de hacer la ingeniería de software se determinó que el sistema propuesto contará con dos APIs uno local y otro en un servidor web. El API local será utilizado por el front-end para interactuar con el sensor NFC, conectado a un Arduino, al leer y escribir la tarjeta. Por otro lado, el API en servidor web es el que utiliza el front-end para hacer la mayoría de los procesos como las transacciones monetarias, registrar usuarios y toda interacción en tiempo real con la base de

### 4.3.4. Endpoints de los API

A continuación, se presenta una lista con todos los endpoints necesarios para cumplir con los requerimientos mencionados anteriormente para desarrollar el sistema propuesto:

- /login
- /logout
- /security
- /recharge
- /transactions
- /write
- /refresh
- /register
- /pay
- /users/<user\_ID>
- /read

Los endpoints /login y /logout son utilizados para autenticar el usuario que entre a la plataforma. Los siguientes endpoints /security, /recharge, /transactions, /refresh y /pay son utilizados únicamente por el personal encargado de recargar y cobrar o el personal de seguridad.

Los endpoints /read y /write son los únicos que se encuentran en el API local y el resto pertenecen al API web. Los textos dentro de <> son datos variables que se tienen que enviar al momento de hacer una petición a los API.

Por último, el endpoint /users/<user\_ID> es utilizado para obtener la información del usuario y mostrarlo en pantalla una vez ya se haya autenticado previamente.

## 5. UTPWallet

El nombre propuesto para el sistema en esta ocasión es UTPWallet, un concepto similar a las distintas billeteras electrónicas disponibles en el mercado. Aplicando nuestro plan para la interfaz, desarrollamos los estilos y creamos las plantillas siguiendo los estándares de buenas prácticas, usando librerías disponibles para Angular como Bootstrap y derivaciones de esta hicieron el proceso mucho más sencillo y documentable, estas librerías nos proporcionaron herramientas convenientes y simples para utilizar y generar la interfaz final de la plataforma. En la figura 4 se presenta la página principal del sistema que corresponde a la vista de inicio de sesión.

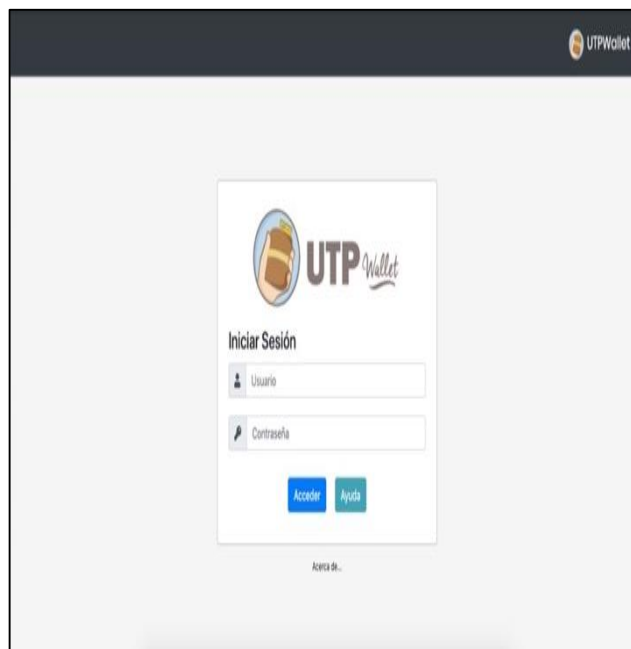


Figura 4. Página principal de inicio de sesión de la plataforma.

### 5.1. Modelado y Simulación

Una vez con el prototipo funcional, la pregunta ahora es, si realmente resuelve los problemas que establecimos al inicio de este estudio. El modelado y la simulación es una herramienta imprescindible que nos permite analizar y diseñar sistemas basado en una situación y problema. Debido a la importancia que representa conocer las diferencias entre una situación actual con la que se plantea, es necesario comparar cuantitativamente los datos e interpretar su significado, ver cómo funciona el sistema tradicional y como sería utilizando el nuevo modelo propuesto.

El modelo actual cuenta con dos filas, una para administrativos y otra para estudiantes por motivos del modelado solo se tomó en cuenta la fila de estudiantes. El proceso de observación que realizamos para recolectar datos de comportamiento del modelo entre 11:30 a.m. a 12:30 p.m. por 4 días consecutivos en la cafetería, ya que es el periodo de tiempo que cuenta con más usuarios concurrentes. Se midieron principalmente dos variables: "hora entre arribo" de los estudiantes y "tiempo de servicio" en la caja. Esta última es la variable que queremos comparar con el nuevo modelo.

Como se puede observar en la figura 5, la distribución es de característica exponencial. Los datos nos muestran que la llegada de los estudiantes tiene una media aproximada de 20 segundos, esto quiere decir que cada 20 segundos llega aproximadamente 1 estudiante a la fila. El valor mínimo recolectado del tiempo entre arribo fue de 0 segundos ya que en ocasiones los estudiantes llegaban en grupos. Por otro lado, el valor máximo fue de 396 segundos o 6 minutos y medio aproximadamente.

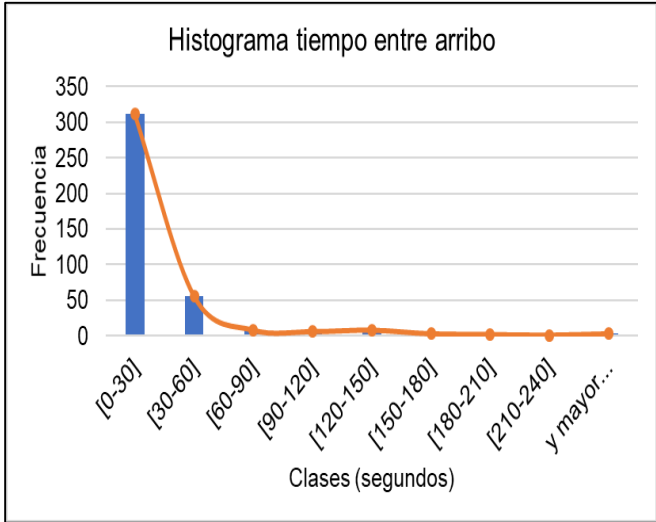


Figura 5. Histograma de tiempo entre arribo.

La figura 6 nos indica que sigue una distribución Poisson, y se puede observar que el tiempo de servicio una vez el estudiante llega a la caja es en promedio de 26.6 segundos y que la duración máxima de un servicio fue de 114 segundos, casi 2 minutos. Dentro del periodo de tiempo resultante, se considera como parte del proceso: la observación del contenido de la bandeja que tiene el estudiante, el cálculo del monto total a cobrar, la entrega y colección del dinero y la devolución del cambio debido.

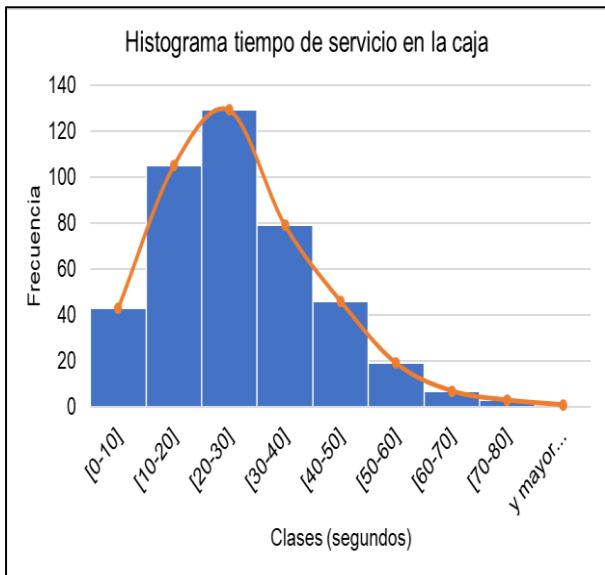


Figura 6. Histograma de tiempo de servicio.

Conociendo el comportamiento de la variable de tiempo de servicio del sistema actual y con la plataforma lista para realizar pruebas es posible diseñar un modelo digital, como muestra la figura 7, para simular el funcionamiento de la plataforma utilizando el software de Arena Simulation para comparar los resultados y

determinar si realmente el nuevo modelo con la plataforma digital es más eficiente que el método tradicional.

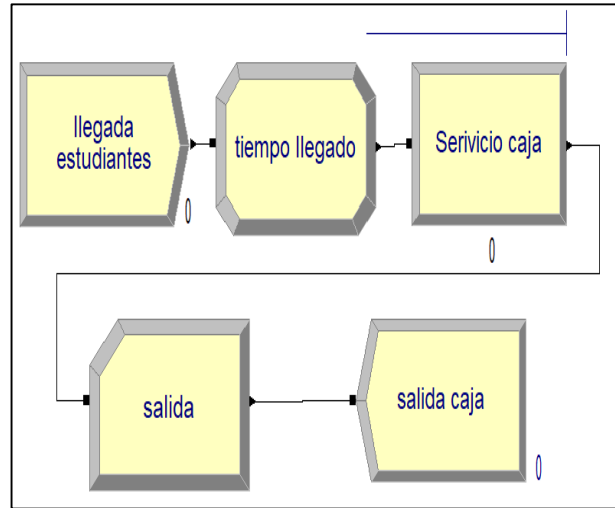


Figura 7. Flujo del sistema modelado en Arena Simulation.

La comparación de los resultados generados al ejecutar la simulación basado en un periodo de tiempo de 1 hora, como se muestra en la figura 8, nos indica que en promedio en el sistema tradicional entran 153 usuarios, mientras que el propuesto tiene 188. El tradicional atiende a un total de 137 y el propuesto un total de 185, esto representa un incremento de 9% en estudiantes atendidos, adicionalmente es importante mencionar que con el sistema propuesto los estudiantes desatendidos por falta de tiempo son solamente de 1.6%, mientras que en el modelo actual fue de 10.45%, un total de 8.86% de diferencia. Finalmente, el tiempo promedio que pasa un estudiante en fila mejoró de 163 segundos a 93 segundos lo cual implica un aumento en eficiencia del 42% comparado con el sistema tradicional, esto representa una reducción de casi la mitad en tiempo de espera en fila.

Tabla 2. Resultados del análisis de los modelos simulados

Descripción	Modelo actual	Modelo con NFC
Total de estudiantes en el sistema	153	188
Total de estudiantes atendidos	137	185
Número promedio de estudiantes esperando por ser atendidas	6	4
Tiempo promedio en el sistema (segundos)	163	93
Tiempo máximo en el sistema (segundos)	378	247
Tiempo mínimo en el sistema (segundos)	24	10
Tiempo promedio en cola (segundos)	138	74

## Conclusión

Un medio de identificación digital, innovador, eficiente y seguro para situaciones de acceso dedicado para los estudiantes, docentes y administrativos, el desplazamiento en la función general pasiva del carné estudiantil de la Universidad Tecnológica de Panamá, a un funcionamiento activo con un sistema de recargas y pagos para procesos internos de transacciones comunes dentro de la institución y una plataforma web dedicada para la consulta y la aplicación del sistema han sido los resultados de este desarrollo e implementación de tecnología.

Por medio de la simulación realizada, con los datos y las estadísticas presentadas, podemos concluir que un sistema semi automatizado utilizando tarjetas NFC es mucho más eficiente, rápido y seguro, mejorando de gran manera la calidad de los procesos de pagos y la calidad de vida de no necesariamente solo los estudiantes y los administrativos sino también de la universidad o de cualquier otra institución con naturaleza similar en sus procesos internos de transacciones e identificación de sus integrantes.

Finalmente, queremos establecer que nuestro objetivo nunca fue de reemplazar el uso de la moneda en efectivo dentro de la universidad o ninguna organización, porque igualmente para hacer que nuestro sistema funcione, en su primera versión sin considerar las recomendaciones, es necesario el uso del efectivo. El objetivo siempre fue ofrecer una alternativa innovadora, más eficiente y mucho más segura, adicional al método actual de las transacciones en efectivo. Consideramos que la seguridad es un factor que todas las instituciones, organizaciones y empresas deben tener mucho más en cuenta, y especialmente una institución de educación superior como una universidad. Asegurar un nivel de seguridad dentro del campus o área de trabajo, para que sus miembros se enfoquen en estudiar o trabajar, es una de las cosas más fundamentales que la administración puede hacer por sus integrantes. El consumo de tiempo ineficiente en filas, la falta de seguridad en el campus o área de trabajo y sistemas de identificación y transacciones desactualizados o no existentes, fueron nuestros principales motivos para desarrollar este proyecto que damos por finalizado desde este punto.

## Recomendaciones

Luego de finalizar el sistema propuesto, encontramos varios factores y elementos que se podrían mejorar o tienen un gran potencial para escalarse en un futuro:

- Incremento en la complejidad del número de identificación (ID) que se almacenan en las etiquetas NFC.
- Considerar posibilidad de habilitar recargas directas y en línea con los bancos locales.
- Asegurar las tarjetas NFC deshabilitando la opción de escritura (write) luego de la primera vez.
- Integración del sistema con una aplicación móvil que permita simular la tarjeta NFC.
- Escalar el ecosistema para permitir la interoperabilidad entre sistemas de servicios públicos como el Metro y Metrobús de Panamá, S.A.

## Referencias

- [1] T. Lawrie-Fussey and J. Baker, *What is the future of Payment Technology*, Wales: Cambridge Design Partnertship. Disponible en: <https://www.cambridge-design.com/news-and-articles/blog/future-payment-technology>
- [2] Denso Wave Inc., *History of QR Code*. Disponible en: <https://www.qrcode.com/en/history/>.
- [3] Nequi by Banistmo S.A., *Nequi*. Disponible en: <https://www.nequi.com.pa/>
- [4] NFC Forum, *What are the operating modes of NFC devices*. Disponible en: <https://nfc-forum.org/resources/what-are-the-operating-modes-of-nfc-devices/>
- [5] G. Davies and J. Hodge, *History of Money: From Ancient Times to the Present Day*, Cardiff: University of Wales Press, 2002.
- [6] A. Abkowitz, *The Cashless Society Has Arrived — Only It's in China*. Disponible en: <https://www.wsj.com/articles/chinas-mobile-payment-boom-changeshow-people-shop-borrow-even-panhandle-1515000570/>
- [7] BlueBite, *RFID vs NFC*, 25 de marzo del 2019. Disponible en: <https://www.bluebite.com/nfc/rfid-vs-nfc>
- [8] BlueBite, *QR vs NFC*, 7 de enero del 2019. Disponible en: <https://www.bluebite.com/nfc/qr-vs-nfc>
- [9] BlueBite, *How does NFC works*, 29 de julio del 2019. Disponible en: <https://www.bluebite.com/nfc/how-does-nfc-work>
- [10] BlueBite, *The Complete Guide to NFC*, 28 de agosto del 2018. Disponible en: <https://www.bluebite.com/nfc>.
- [11] S. Holmes and C. Harber, *Getting MEAN with Mongo, Express, Angular, and Node*, Shelter Island: Manning Publications Co., 2019.