

**PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ**

**FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA**



**DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE INVENTARIO RFID PARA  
EL ALMACÉN DE LA SECCIÓN DE ELECTRICIDAD Y ELECTRÓNICA DE LA  
PUCP**

Tesis para obtener el Título Profesional de Ingeniero de las Telecomunicaciones

**AUTOR:**

**MARIO GUSTAVO SOTELO NARVÁEZ**

**ASESOR:**

**LUIS ANGELO VELARDE CRIADO**

Lima, Diciembre de 2020

## Resumen

Debido a que en la actualidad los sistemas RFID son ampliamente utilizados en el manejo y control de inventarios, se ha observado que el almacén de la Sección de Electricidad y Electrónica de la PUCP podría beneficiarse de las ventajas que estos ofrecen en temas de mejora y automatización de procesos. De acuerdo con múltiples autores, automatizar procesos cuenta con muchas ventajas, las cuales incluyen una mayor productividad, reducción de probabilidad de errores, reducción de tiempos de ejecución de tareas, entre otras. Por lo tanto, los objetivos de la presente tesis residen principalmente en el desarrollo de un sistema que automatice los procedimientos de préstamo y devolución de equipos del almacén a estudiantes y profesores, ya que con esto se cubre más del 80 por ciento de actividades diarias del personal encargado. El sistema ha sido desarrollado y probado con algunos equipos, por lo que es bastante factible su despliegue en el entorno de trabajo del almacén. Los resultados obtenidos muestran que la automatización del método actual cumple con la función de reducir tiempos de espera de los usuarios, lo cual se traduce en un mejor servicio y en una mayor productividad del personal del almacén.



### **Dedicatoria**

A mi familia, por tanta paciencia y tantas enseñanzas de vida.

A mis mascotas, pues hicieron mis días más felices.



### **Agradecimientos**

A todos aquellos quienes de alguna u otra forma contribuyeron al desarrollo de esta tesis con sugerencias, ideas u opiniones. A todos ellos, muchas gracias.

## Índice

|                  |  |
|------------------|--|
| Resumen          | ii   |
| Dedicatoria      | iii  |
| Agradecimientos  | iv   |
| Índice           | v  |
| Lista de figuras | viii   |
| Lista de tablas  | xi   |
| Introducción     | 1  |
| Capítulo 1       | 2  |
| 1.               | Problemática   |
|                  | 2  |
| 1.1.             | Descripción actual de los procesos de préstamo y devolución de equipos del almacén de la sección de Electricidad y Electrónica |
|                  | 3  |
| 1.2.             | Otros procesos del almacén   |
|                  | 7  |
| 1.3.             | Análisis de los procesos actuales e identificación de aspectos clave de estos procesos   |
|                  | 7  |
| 1.4.             | Justificación de la investigación  |
|                  | 9  |
| 1.5.             | Objetivos del trabajo de tesis   |
|                  | 11   |
| 1.5.1.           | Objetivo general   |
|                  | 11   |
| 1.5.2.           | Objetivos específicos  |
|                  | 11   |
| 1.6.             | Indicadores de Cumplimiento de Objetivos   |
|                  | 12   |
| Capítulo 2       | 13   |
| 2.Marco          | Teórico  |
|                  | 13   |
| 2.1.             | Estado del arte  |
|                  | 14   |
| 2.1.1.           | La tecnología RFID   |
|                  | 14   |

|            |   |    |
|------------|---|----|
| 2.1.2.     | Experiencia de Sistemas de inventario basados en RFID disponibles en el mercado | 15 |
| 2.1.3.     | Tecnologías asociadas a aplicaciones web  | 19 |
| 2.1.4.     | Business Intelligence   | 21 |
| 2.2.       | Modelo teórico de la aplicación propuesta                                       | 22 |
| Capítulo 3 |   | 26 |
| 3.         | Análisis y diseño   | 26 |
| 3.1.       | Requerimientos del sistema  | 27 |
| 3.1.1.     | Requerimientos físicos  | 27 |
| 3.1.2.     | Requerimientos virtuales  | 27 |
| 3.1.3.     | Requerimientos lógicos  | 27 |
| 3.2.       | Elección y diseño de herramientas de trabajo para el sistema                    | 28 |
| 3.2.1.     | Base de datos   | 28 |
| 3.2.2.     | Aplicación Java   | 31 |
| 3.2.3.     | Aplicación Web  | 32 |
| 3.2.4.     | Sistema físico  | 42 |
| 3.2.5.     | Sistema virtual   | 44 |
| 3.3.       | Elección de una distribución física para el sistema                             | 45 |
| Capítulo 4 |   | 49 |
| 4.         | Implementación y pruebas de funcionamiento                                      | 49 |
| 4.1.       | Implementación  | 50 |
| 4.1.1.     | Pruebas del kit RFID Impinj r420  | 50 |
| 4.1.2.     | Integración de servidor virtual Linux   | 56 |
| 4.1.3.     | Aplicación web  | 58 |
| 4.1.4.     | Despliegue de la base de datos  | 65 |
| 4.2.       | Pruebas de funcionamiento   | 66 |

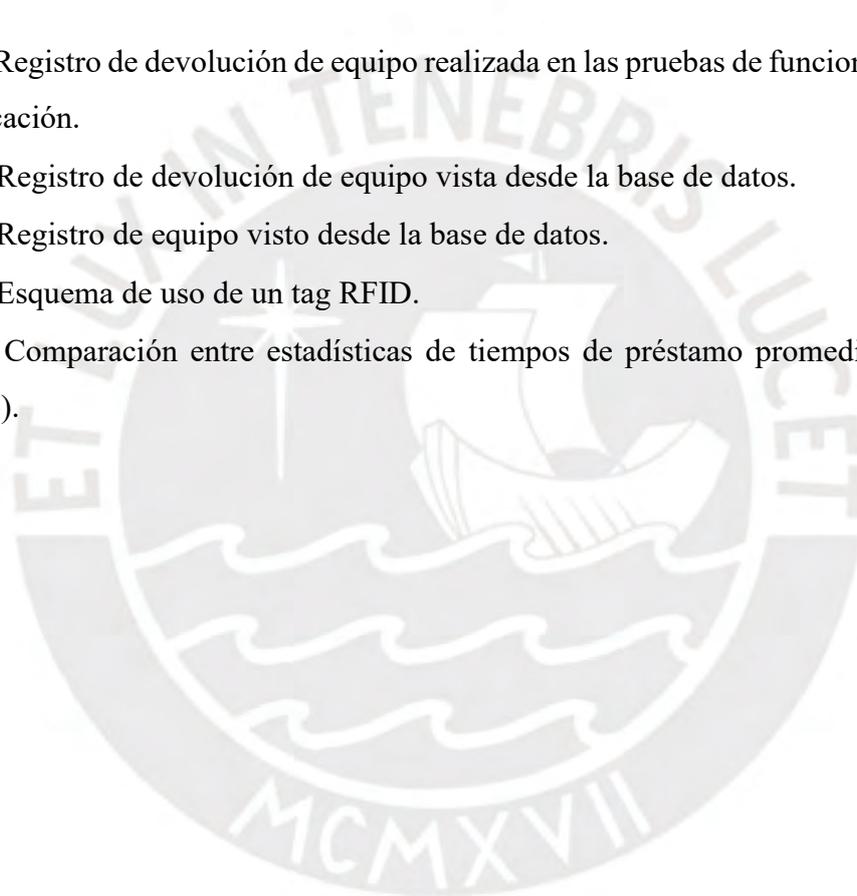
|                   |  |    |
|-------------------|--|----|
| 4.2.1.            | Instalación de equipos en el almacén                       | 66 |
| 4.2.2.            | Implementación de la aplicación                            | 69 |
| 4.2.3.            | Registro de equipos para propósito de pruebas              | 70 |
| 4.2.4.            | Realización de pruebas                                     | 71 |
| 4.2.5.            | Resultados de pruebas                                      | 73 |
| 4.3.              | Análisis de resultados                                     | 75 |
| Capítulo 5        |  | 78 |
| 5.                | Información económica del proyecto                         | 78 |
| 5.1.              | Organización de costos                                     | 78 |
| 5.2.              | Detalle de costos  | 79 |
| Conclusiones      |  | 82 |
| Recomendaciones   |  | 83 |
| Trabajos a futuro |  | 85 |
| Bibliografía      |  | 86 |
| Anexos            |  | 89 |
| i.                | Código de la aplicación                                    | 89 |
| ii.               | Código del servicio en java instalado en el servidor local | 90 |
| iii.              | Plan de llenado de base de datos                           | 91 |

## Lista de figuras

|  |    |
|--|----|
| Figura 1-1: Fachada del Almacén de Ing. Electrónica.   | 3  |
| Figura 1-2: Diagrama de flujo actual de préstamo de equipos del almacén de Ing. Electrónica.   | 5  |
| Figura 1-3: Diagrama de flujo del proceso actual de devolución de equipos del almacén de Ing. Electrónica.                             | 6  |
| Figura 1-4: Cartilla de préstamo.  | 8  |
| Figura 1-5: Método de recolección de data en la actualidad.  | 9  |
| Figura 2-1: Esquema simplificado de operación de la tecnología RFID.   | 14 |
| Figura 2-2: Arquitectura que utiliza ClearStream RFID para su aplicación.  | 17 |
| Figura 2-3: Características que ofrece el software ClearStream RFID.   | 17 |
| Figura 2-4: Interfaz del programa ClearStream RFID.  | 18 |
| Figura 2-5: Arquitectura teórica propuesta para el desarrollo del presente trabajo de tesis.   | 23 |
| Figura 3-1: Fragmento de código de la aplicación Java que funcionará dentro del servidor virtual propuesto.                            | 32 |
| Figura 3-2: Prototipo de la pantalla de inicio de sesión.  | 34 |
| Figura 3-3: Prototipo de la pantalla de recuperación de contraseña.  | 35 |
| Figura 3-4: Prototipo de pantalla de inicio en el paso 1 (Insertar código de solicitante).   | 36 |
| Figura 3-5: Prototipo de pantalla de inicio en el paso 2 (Validación de datos e historial de préstamos del solicitante).               | 37 |
| Figura 3-6: Prototipo de pantalla de Inicio en el paso 3 (Préstamo / Devolución de equipos detectados por el lector RFID).             | 38 |
| Figura 3-7: Prototipo de pantalla de inicio después del paso 4 (Resumen de la transacción).  | 39 |
| Figura 3-8: Prototipo de la pantalla del listado de equipos.   | 40 |
| Figura 3-9: Prototipo de la pantalla de tabla de préstamos.  | 41 |
| Figura 3-10: Prototipo de la pantalla de reportes.   | 42 |
| Figura 3-11: Foto del lector RFID Impinj r420.   | 43 |
| Figura 3-12: Foto de las antenas RFID.   | 43 |
| Figura 3-13: Captura de pantalla de la conexión al servidor virtual que se plantea.  | 45 |
| Figura 3-14: Esquema de instalación de los equipos físicos en el Almacén de la sección de Ing. Electrónica para propósitos de pruebas. | 46 |

|  |    |
|--|----|
| Figura 3-15: Esquema de instalación final de los equipos físicos en el Almacén de la sección de Ing. Electrónica.                    | 47 |
| Figura 3-16: Contenedor PCE12106-04W para el lector RFID Impinj r420.  | 47 |
| Figura 3-17: Parante o brazo neumático para sostener la antena RFID y darle cierta libertad de movimiento.                           | 48 |
| Figura 4-1: Kit RFID listo para las pruebas de funcionamiento.   | 51 |
| Figura 4-2: Paso previo, detectar la dirección IP del lector RFID para poder encontrarlo en la red y poder probar su funcionamiento. | 52 |
| Figura 4-3: Configuraciones del lector RFID. Foto N° 1.  | 52 |
| Figura 4-4: Configuraciones del lector RFID. Foto N° 2.  | 53 |
| Figura 4-5: Configuraciones del lector RFID. Foto N° 3.  | 54 |
| Figura 4-6: Interfaz del programa de pruebas del lector RFID. Las líneas marcadas en rojo son los tags leídos por el programa.       | 55 |
| Figura 4-7: Sistema operativo Ubuntu Server 18.04 LTS con entorno de escritorio de Ubuntu Mate Core.                                 | 57 |
| Figura 4-8: Fragmento de código de la aplicación Java que se ejecutará en la máquina virtual.  | 57 |
| Figura 4-9: Inicio de la aplicación a través de línea de comandos usando systemctl.  | 58 |
| Figura 4-10: Visual Studio Code. Entorno de desarrollo de la aplicación web.   | 59 |
| Figura 4-11: Pantalla de inicio de sesión en la aplicación.  | 59 |
| Figura 4-12: Pantalla de recuperación de contraseña en la aplicación.  | 60 |
| Figura 4-13: Pantalla principal de la aplicación (paso 1).   | 61 |
| Figura 4-14: Pantalla principal de la aplicación (paso 2).   | 61 |
| Figura 4-15: Pantalla principal de la aplicación (paso 3).   | 62 |
| Figura 4-16: Confirmación de la transacción de equipos.  | 62 |
| Figura 4-17: Captura de pantalla de la sección de equipos de la aplicación.  | 63 |
| Figura 4-18: Captura de pantalla de la sección de equipos de la aplicación (Registro de equipos).                                    | 63 |
| Figura 4-19: Captura de la pantalla de la sección de equipos de la aplicación (Detalles de los equipos).                             | 64 |
| Figura 4-20: Captura de pantalla de la sección de préstamos de la aplicación.  | 64 |
| Figura 4-21: Captura de la pantalla de la sección de reportes de la aplicación.  | 65 |

|   |    |
|---|----|
| Figura 4-22: Base de datos desplegada en Firebase Firestore.  | 66 |
| Figura 4-23: Disposición de equipos en la ventanilla del almacén de Ing. Electrónica.                               | 67 |
| Figura 4-24: Esquema de conexión de equipos utilizado en las pruebas de funcionamiento.                             | 68 |
| Figura 4-25: Conexión a switch en red local a la red 192.168.233.0/24.  | 69 |
| Figura 4-26: Pantalla de despliegue del proyecto en Firebase.   | 70 |
| Figura 4-27: Etiqueta RFID adherida en uno de los lados de uno de los osciloscopios.                                | 71 |
| Figura 4-28: Personal del almacén visualizando la sección de equipos de la aplicación.                              | 72 |
| Figura 4-29: Personal del almacén realizando prueba de préstamo de equipos usando el sistema RFID.                  | 72 |
| Figura 4-30: Registro de devolución de equipo realizada en las pruebas de funcionamiento vista desde la aplicación. | 73 |
| Figura 4-31: Registro de devolución de equipo vista desde la base de datos.   | 74 |
| Figura 4-32: Registro de equipo visto desde la base de datos.   | 74 |
| Figura 4-33: Esquema de uso de un tag RFID.   | 76 |
| Figura 4-34: Comparación entre estadísticas de tiempos de préstamo promedio (manual vs automatizado).               | 76 |



## Lista de tablas

|   |    |
|---|----|
| Tabla 2-1: Bandas de frecuencias usadas en RFID.  | 15 |
| Tabla 2-2: Planes para 1, 5 o 10 dispositivos que usen la aplicación generada con TracerPlus.                           | 19 |
| Tabla 2-3: Funcionalidades de Firebase.   | 21 |
| Tabla 2-4: Cálculos realizados al determinar si usar la capa gratuita de Firebase era una opción viable en el proyecto. | 24 |
| Tabla 2-5: Extracto de la tabla de precios de productos de Firebase.  | 25 |
| Tabla 3-1: Detalle de colecciones en base de datos Firestore.   | 30 |
| Tabla 5-1: Detalle de costos anuales del proyecto.  | 79 |
| Tabla 5-2: Criterios de aproximación de precios para el proyecto.   | 80 |



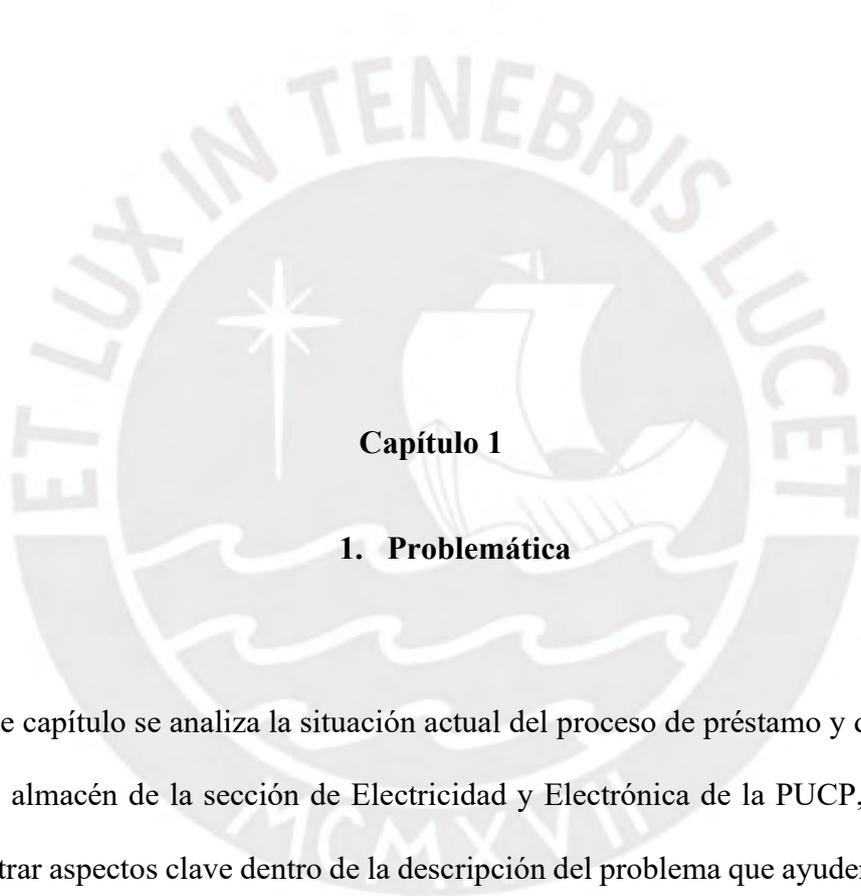
## **Introducción**

En la actualidad, el uso de sistemas de control y monitoreo de inventario es muy importante en todo tipo de actividades que involucren cierto tipo de control logístico.

En este caso en particular, se tiene como objetivo optimizar el proceso de control de préstamos y devolución de equipos del almacén de la sección de Electricidad y Electrónica de la PUCP. Además de optimizar este proceso, se busca recopilar datos de utilización, así como también procesar y analizar estos datos, a fin de mejorar el servicio en su totalidad basándonos en la información.

Esto se realizará a través de un sistema de inventario basado en RFID que no solo optimiza tiempos al momento de pedir un equipo o devolver uno, sino que también recopilará datos de uso y va a permitir realizar análisis de información para conocer, por ejemplo, el tiempo de vida útil de un equipo del almacén, el tiempo estimado de devolución de los equipos, entre otras métricas interesantes que pueden ayudar no sólo al personal del almacén sino también a los alumnos y profesores que solicitan materiales del mismo.

Además de esto, se tomó en cuenta las solicitudes y requerimientos del personal del almacén para realizar en la medida de lo posible un sistema útil para su trabajo diario.



## **Capítulo 1**

### **1. Problemática**

En este capítulo se analiza la situación actual del proceso de préstamo y devolución de equipos en el almacén de la sección de Electricidad y Electrónica de la PUCP, asimismo se intenta encontrar aspectos clave dentro de la descripción del problema que ayuden a identificar la solución que aporte un mayor beneficio tanto al personal del almacén como a los usuarios del servicio, sin sacrificar aspectos tales como la seguridad de los equipos o la interacción humana entre ambas partes involucradas, es decir el personal del almacén y el alumno o profesor solicitante.

## 1.1. Descripción actual de los procesos de préstamo y devolución de equipos del almacén de la sección de Electricidad y Electrónica

El almacén de la sección de Electricidad y Electrónica de la PUCP se encuentra en el primer piso del Pabellón V, al lado izquierdo de la puerta de entrada principal del edificio, detrás de las escaleras de acceso principal. Ocupa un área de aproximadamente 24 metros cuadrados y posee alrededor de 700 activos, entre equipos y accesorios de equipos. Cuenta con dos personas a cargo, y en promedio se realizan entre 30 y 40 préstamos y devoluciones de equipos al día, de acuerdo a lo expresado por los trabajadores del lugar.



*Figura 1-1: Fachada del Almacén de Ing. Electrónica.*

*Fuente: Elaboración propia*

Cuando un alumno o profesor requiere solicitar un préstamo de algún equipo (con sus accesorios respectivos), debe seguir los pasos a continuación:

- El solicitante entrega su Tarjeta de Identificación (TI) al encargado del almacén y anota su nombre en la cartilla de préstamos.

- El solicitante pide un equipo al encargado del almacén.
- El encargado del almacén procede a verificar si el equipo está disponible, y si este fuera el caso, dicta los detalles del equipo para que el solicitante lo escriba en la cartilla.
- El encargado también dicta al solicitante los detalles de los accesorios que vienen junto al equipo, los cuales también son anotados en la cartilla.
- El encargado y el solicitante proceden a realizar la verificación del estado del equipo y sus accesorios, a fin de comprobar que estos se encuentren en buen estado. En caso que esta verificación sea satisfactoria, se procede a entregar el equipo. De no ser ese el caso, se cambia el equipo por otro que esté operativo y se verifica nuevamente.
- Se repiten los pasos 3, 4 y 5 por cada equipo que el solicitante requiera.
- El solicitante firma la cartilla y la entrega al encargado del almacén. Finalmente, el solicitante se lleva el equipo.

En la Figura 1-2 se puede observar este proceso. Las acciones realizadas por el solicitante están resaltadas en color amarillo, mientras que las acciones realizadas por el encargado del almacén están resaltadas de color celeste.

Diagrama de flujo actual de préstamo de equipos del almacén de Ing. Electrónica

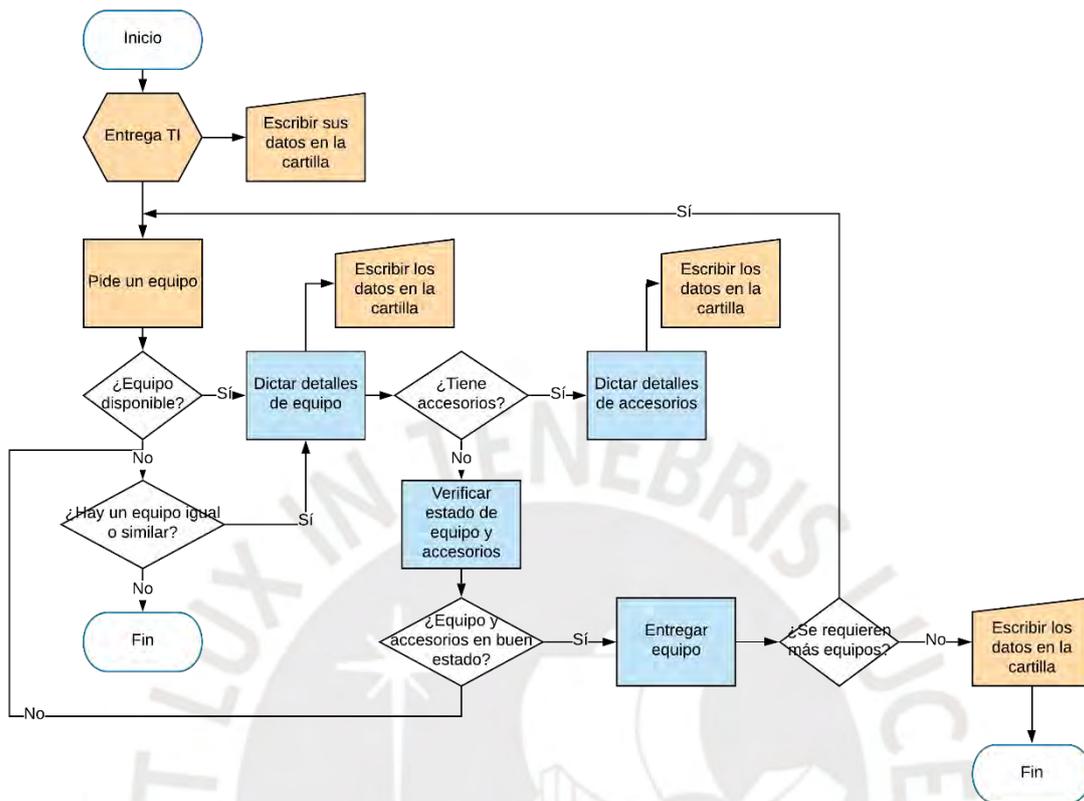


Figura 1-2: Diagrama de flujo actual de préstamo de equipos del almacén de Ing. Electrónica.

Fuente: Elaboración propia

Asimismo, el proceso para realizar la devolución de equipos es el siguiente:

- El solicitante luego de utilizar el equipo, lo lleva hasta el almacén de la sección.
- El encargado del almacén procede a verificar que el equipo se encuentre en buen estado luego del uso que el solicitante ha hecho.
- En caso el equipo se encuentre en buen estado, tal como se entregó, se procede a devolver la Tarjeta de Identificación entregada por el solicitante al realizar el préstamo. Si este no fuera el caso, el encargado procede a retener la Tarjeta de Identificación del solicitante y este último debe reponer el equipo en caso sea una falla que no se pueda reparar, o también puede darse el caso de que debe reponerse el repuesto del equipo, luego de la evaluación técnica correspondiente.

Diagrama de flujo actual de devolución de equipos del almacén de Ing. Electrónica

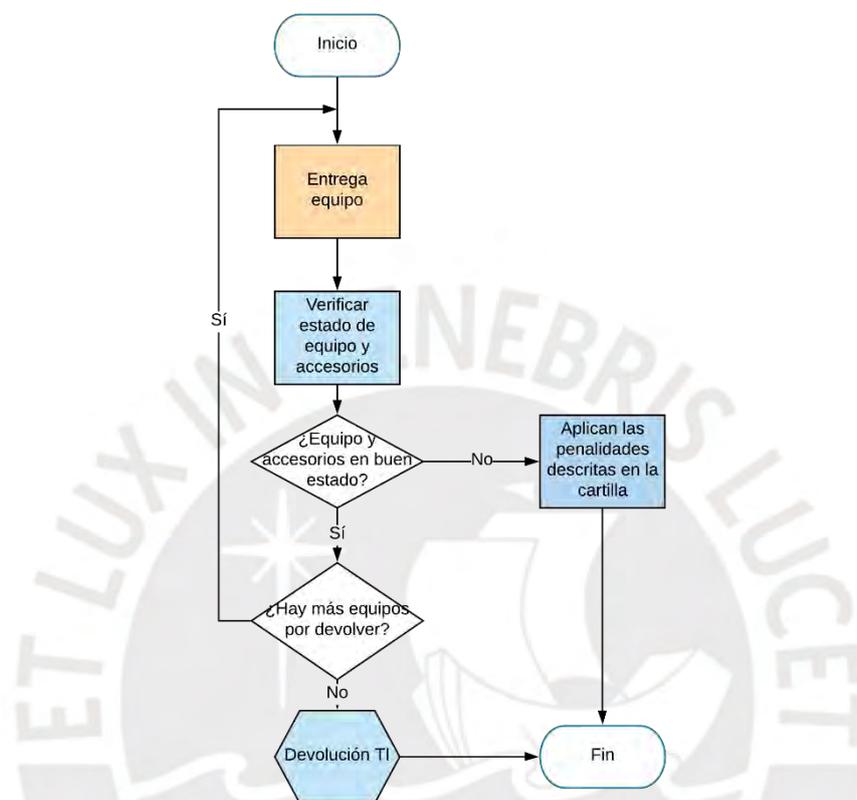


Figura 1-3: Diagrama de flujo del proceso actual de devolución de equipos del almacén de Ing. Electrónica.

Fuente: Elaboración propia

En la Figura 1-3 se puede observar el proceso de devolución de equipos del almacén. Al igual que en el diagrama anterior, las acciones realizadas por el solicitante están resaltadas en color amarillo, mientras que las acciones realizadas por el encargado del almacén están resaltadas de color celeste.

## **1.2. Otros procesos del almacén**

Aparte de los procesos previamente descritos (préstamo y devolución de equipos), entre los demás procesos identificados en el flujo de trabajo del almacén de equipos de la Sección de Ingeniería Electrónica, se encuentran los siguientes:

- Procedimientos de Calibración de equipos.
- Procedimiento de Ingreso de equipos.
- Procedimiento de Baja de equipos.
- Procedimiento de Envío a mantenimiento de equipos.

Estos procedimientos también implican, en algunos casos, la entrada y salida de equipos del almacén hacia otras áreas u otros departamentos dentro o fuera de la Universidad.

Dado que el alcance de esta tesis es el de automatizar específicamente los procedimientos de Préstamo y Devolución de equipos en el almacén, no se analizará a detalle los procesos listados en el presente punto, sino que únicamente se toma como referencia informativa.

## **1.3. Análisis de los procesos actuales e identificación de aspectos clave de estos procesos**

Basándonos en la información presentada en la sección 1.1, se pueden identificar dentro de estos procesos varios puntos que podrían ser optimizados para mejorar la calidad del servicio brindado a los usuarios del almacén, así como también para obtener datos y estadísticas de uso del servicio, lo cual es un proceso que no se venía haciendo de manera adecuada previamente.



Figura 1-4: Cartilla de préstamo.

Fuente: Elaboración propia

Si bien los procesos actuales de préstamo y devolución de equipos funcionan por sí mismos, es evidente que no son los procesos óptimos, ya que los pasos que se realizan en su mayoría son manuales y no existe una adecuada recopilación de información aparte de lo ya evidente, es decir, no es posible realizar, por ejemplo, estimaciones de tiempos de uso, adquisición de nuevos equipos basados en la demanda de estos, estimaciones de tiempos de obsolescencia de equipos, entre otras características que podrían ser de utilidad a los usuarios y al personal del almacén.

Entonces, el primer aspecto clave a considerar para este caso dentro del flujo presentado líneas arriba es la **falta de procedimientos de recolección y procesamiento de datos**, teniendo como un aspecto relacionado a este el de **almacenamiento de datos a largo plazo** con el objetivo de realizar análisis de uso de los equipos y de conservar un historial de préstamos para evitar inconvenientes con los equipos, lo cual no se realiza en el proceso actual (Figura 1-3)



*Figura 1-5: Método de recolección de data en la actualidad.*

*Fuente: Elaboración propia*

También se puede detectar dentro del procedimiento que muchas de las actividades involucradas en el préstamo y devolución de equipos se realizan de forma manual, tales como el ingreso de datos en la cartilla de préstamo.

Por lo tanto, el segundo aspecto clave a considerar dentro del presente análisis es la **falta de automatización para procesos manuales**, ejemplificado en la Figura 1-4.

El tercer aspecto clave que se encontró en el análisis de este problema está relacionado al anterior. Siendo, entonces, que el proceso actual es prácticamente manual en su totalidad, se puede deducir que al automatizar algunos procesos se estaría reduciendo el tiempo del proceso de préstamo y devolución de equipos. Entonces, el tercer aspecto clave que se considerará será el **tiempo de interacción entre las partes involucradas**, el cual en teoría debería reducirse y beneficiar tanto al personal del almacén como a los usuarios del mismo.

#### **1.4. Justificación de la investigación**

A partir del análisis anterior, se puede inferir que es necesaria la automatización del proceso de préstamo y devolución de equipos en el almacén.

*“Hoy en día el mercado es muy competitivo, son cada vez muchas más organizaciones las que optan por automatizar procesos, con el fin de ser mucho más rentables y eficaces. Automatizar procesos que hasta ese momento se han realizado de forma manual nos asegura ahorrar costes, tiempo y, además, ser mucho más eficaces a la hora de realizar nuestro trabajo diario.” [1]*

Ante este escenario, es normal hacernos la siguiente pregunta:

*“¿Cuáles son las principales ventajas de la automatización de procesos?”*

- **Minimizar costes:** se mejora la carga de trabajo del equipo, disminuyendo los recursos.
- **Se minimiza el número de errores:** es necesario evitar errores humanos o de comunicación.
- **Aumentar de forma significativa la velocidad de la ejecución:** es necesario reducir el tiempo de ejecución del proceso
- **Posibilidad de conseguir informes:** de manera rápida en el momento.
- **Realizar seguimiento:** permite seguir la trazabilidad del proceso en todo momento.
- **Control de resultados en tiempo real:** es necesario que se encuentre actualizado.
- **Reducir la acumulación de papel:** minimizar costes tanto en lo material como de impresión.” [1]

Se puede observar que las ventajas descritas concuerdan con los aspectos claves que hemos detectado y que son susceptibles a mejora.

Por ese motivo, la presente investigación sugiere automatizar los procesos de préstamo y devolución de equipos del almacén de modo tal que pueda recopilarse datos de uso de equipos y además se tenga un registro de los préstamos pasados, a la vez de ahorrar costes en papel para las cartillas de préstamo.

Todo esto se realizaría a través de un sistema de inventario basado en RFID con una interfaz web amigable que permita registrar las transacciones realizadas y sea de utilidad para el personal del almacén.

## **1.5. Objetivos del trabajo de tesis**

### **1.5.1. Objetivo general**

El objetivo general de este trabajo es el desarrollo de un sistema que automatice los procedimientos de **préstamo y devolución de equipos** del almacén de la sección de Electricidad y Electrónica.

Dicho sistema debe poseer la capacidad de almacenamiento de información a largo plazo, y debe proporcionar estadísticas de uso, así como algunas métricas relevantes para la mejora continua de los procesos en el almacén.

Además de eso, como requisitos secundarios, pero no menos importantes se tiene que el sistema debe ser robusto, pero a la vez debe contar con una interfaz sencilla y de fácil comprensión para el personal del almacén, que será responsable de su uso y administración.

### **1.5.2. Objetivos específicos**

- Desarrollo de una aplicación web que automatice el proceso de préstamo a través de RFID y que pueda presentar a modo de resumen los datos obtenidos.
- Implementación física de las antenas RFID que se conectan a la aplicación en el almacén de Ing. Electrónica.
- Realización de pruebas de funcionamiento del sistema.

- Obtención de datos de uso del sistema.

### **1.6. Indicadores de Cumplimiento de Objetivos**

Dado que el sistema optimiza principalmente los procesos de préstamo y devolución de equipos del Almacén de la Sección de Ingeniería Electrónica, se han planteado como principales medidores de cumplimiento de los objetivos de esta tesis los siguientes:

- Diferencia de tiempos entre el proceso manual vs el proceso automatizado por el presente proyecto.
- Porcentaje de automatización de procesos (es decir, qué parte de la cantidad de procesos diarios en el almacén se han podido automatizar).
- Porcentaje de equipos que se pueden adaptar al sistema (es decir, qué porcentaje de los equipos pueden ser registrados en el sistema y qué porcentaje de estos no puede ser registrado por diversos factores, ya sea por temas de tamaño, sensibilidad u otros factores).



## **Capítulo 2**

### **2. Marco Teórico**

En este capítulo se desarrolla el estado actual de la tecnología RFID, las tecnologías asociadas a aplicaciones web como la que se realizará, un breve estudio de las tecnologías de base de datos que serán utilizadas, entre otros temas relacionados a la base teórica requerida para el desarrollo de la tesis.

## 2.1. Estado del arte

En múltiples ciudades y empresas del mundo se han implementado sistemas RFID para el control de inventario en almacenes, sin embargo, son pocos aquellos que no solo cumplen con la función de servir para control de inventario como tal sino también para aportar datos valiosos para la logística y la inteligencia de negocio que dicho establecimiento o empresa necesita.

### 2.1.1. La tecnología RFID

Son las siglas de Radio Frequency IDentification, que significa Identificación por radio frecuencia. El propósito de esta tecnología es identificar mediante un lector una tarjeta o etiqueta (tag) portada por una persona, un vehículo en movimiento o cualquier producto que se encuentra al alcance de la antena receptora.



Figura 2-1: Esquema simplificado de operación de la tecnología RFID.

Fuente: [2]

En teoría, al estar al alcance del lector RFID, es posible identificar los tags y relacionarlos al consultar la base de datos para poder identificar a que elemento corresponden. Cada tag tiene un código de identificación que es único, personalizado durante la fabricación de la etiqueta o en algún proceso de personalización y registro posterior.

El sistema RFID presente actualmente en el mercado usa ciertas bandas de frecuencias predefinidas, las cuales son las siguientes (Tabla 2-1):

| Banda de frecuencias | Descripción                 | Rango        |
|----------------------|-----------------------------|--------------|
| 125 kHz              | LF (Baja Frecuencia)        | Hasta 50 cm. |
| 13,56 MHz            | HF (Alta Frecuencia)        | De 8 cm.     |
| 400 MHz - 1.000 MHz  | UHF (Ultra Alta Frecuencia) | De 3 a 10 m. |
| 2,45 GHz - 5,4 GHz   | Microondas                  | Más de 10 m. |

Tabla 2-1: Bandas de frecuencias usadas en RFID.

Fuente: [2]

“Hay tres tipos de etiquetas RFID, activas, semi pasivas y pasivas. Los tags pasivos no necesitan alimentación interna, toman la energía de la propia emisión de las antenas del lector y sólo se activan cuando se encuentran en el campo de cobertura del lector. Las etiquetas activas utilizan alimentación propia de una pequeña batería, y pudiendo comunicarse con el lector a una distancia mucho mayor y procesando una cantidad de datos superior. Las etiquetas semi pasivas se parecen a las activas en que poseen una fuente de alimentación propia, aunque en este caso se utiliza principalmente para alimentar el microchip y no para transmitir una señal.” [2]

### 2.1.2. Experiencia de Sistemas de inventario basados en RFID disponibles en el mercado

El uso de tecnologías RFID para control de inventario no es reciente, sin embargo, existe poca oferta respecto a software que nos permita almacenar información basada en esta tecnología e incluso ninguna de las soluciones consultadas nos permite realizar un análisis de inteligencia de negocios por sí mismos, aunque realmente sí proveen la infraestructura necesaria para poder analizar los datos usando aplicaciones externas dedicadas a esto.

“La tecnología RFID es superior a la de códigos de barras por su habilidad de brindar características de automatización inherentes que incrementan la velocidad y el volumen de datos recolectados para ser analizados; además, nos brinda nuevas oportunidades para utilizar Business Intelligence (BI) para monitorear operaciones organizacionales y aprender más acerca de los mercados, ya sea respecto a las actitudes de los consumidores, comportamientos y preferencias de productos (...). Sin

*embargo, esta tecnología presenta retos significativos para las organizaciones que intentan emplearla.” [3]*

Actualmente existen dos soluciones principales que se adaptan parcialmente a los objetivos planteados en el presente trabajo, dichas soluciones son las siguientes:

- ClearStream RFID
- Tracerplus

Ambos programas fueron desarrollados por la empresa Portable Technology Solutions, aunque cada uno de ellos cumple funciones relativamente diferentes.

Analizamos cada una de ellas en las siguientes líneas.

#### **2.1.2.1. ClearStream RFID**

Según su propia descripción, este programa permite a los no programadores implementar sus propias aplicaciones basadas en RFID e incluso en Beacons Bluetooth para poder ubicar virtualmente cualquier objeto, incluyendo personas, activos e inventarios.

Puede operar con la mayoría de marcas de lectores RFID fijos tales como Zebra, Feig Electronics, Impinj, Intermec, Alien, ThingMagic además de marcas de gateways Bluetooth como BluEpyc y Bluecats. [4]

La arquitectura que presenta este programa se ilustra en la Figura 2-1. De acuerdo a esta, el programa ClearStream RFID trabaja a nivel de software y al poder conectarse indistintamente a cualquier lector disponible en el mercado, puede manejarlo a través del propio SDK del fabricante.

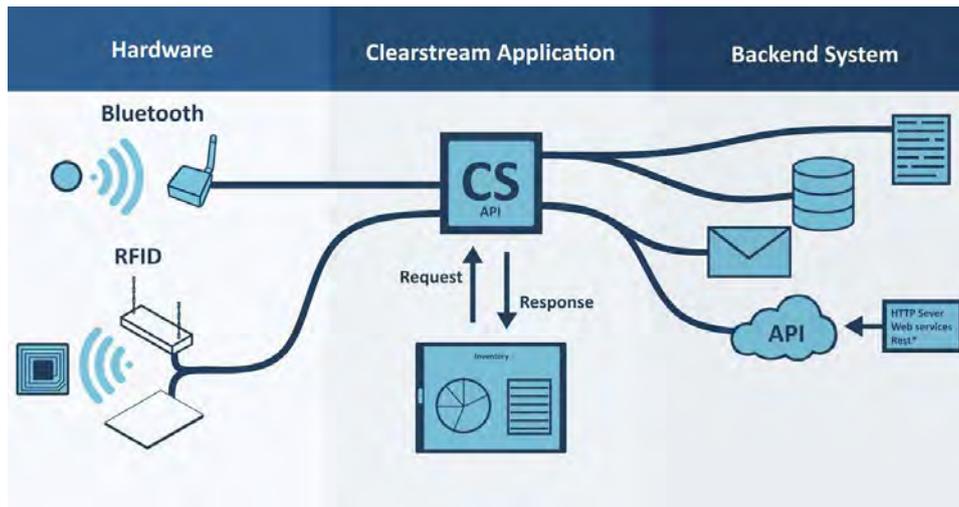


Figura 2-2: Arquitectura que utiliza ClearStream RFID para su aplicación.

Fuente: [5]

Una vez que realiza una lectura, puede enviar los datos obtenidos a través de su interfaz a cualquier sistema de backend del usuario gracias a su funcionalidad de integración de datos. Esta es una de las características que ofrece el programa en su página web. (Figura 2-2)



Figura 2-3: Características que ofrece el software ClearStream RFID.

Fuente: [5]

Sin embargo, la licencia de este programa no es muy accesible para la aplicación que requerimos. De acuerdo a la página de precios de esta empresa, el costo de las licencias es de US\$ 2500 para el primer lector, añadiendo US\$ 500 por cada lector RFID extra que se desee agregar al sistema. Además, el soporte también tiene un costo, que es de US\$ 475 para el primer lector y US\$ 95 para cada lector adicional que se añada al sistema.

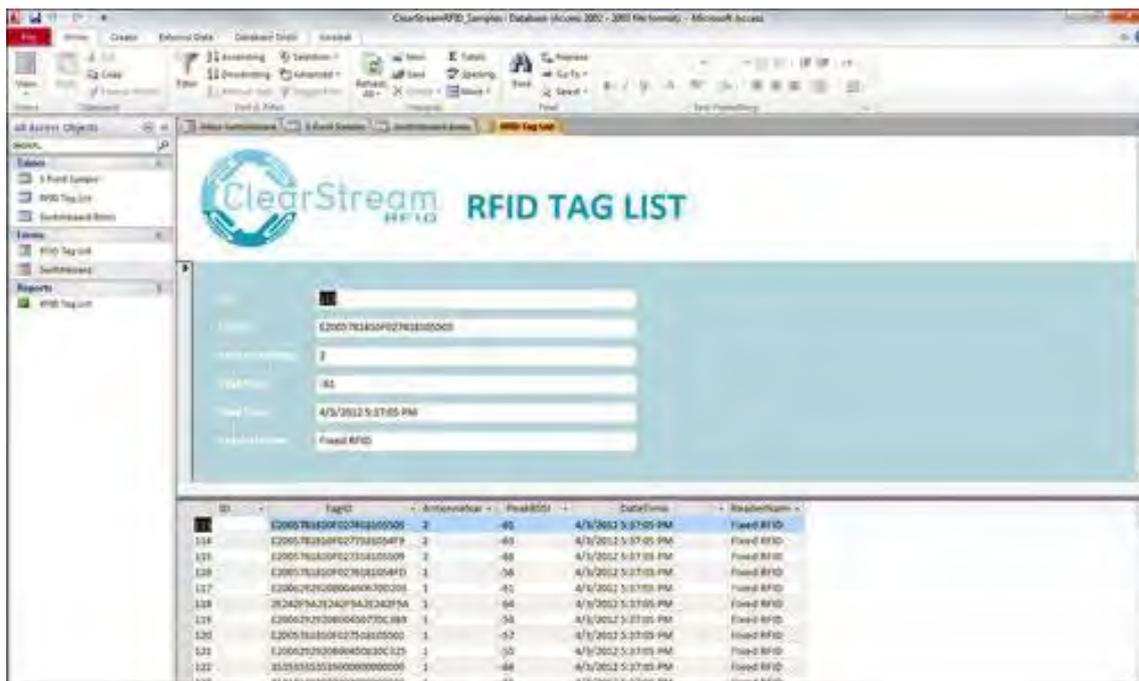


Figura 2-4: Interfaz del programa ClearStream RFID.

Fuente: [6]

Además de estas funcionalidades, este programa también presenta otras características tales como localización de activos, la posibilidad de establecer condiciones basadas en eventos RFID, entre otras, las cuales lo hacen un programa muy robusto y lleno de características interesantes.

### 2.1.2.2. TracerPlus

Es una plataforma que sirve para programar aplicaciones basadas en RFID para Android, iOS, Windows Phone e incluso para PCs con Windows. Sin embargo, el uso de este programa está condicionado por el número de dispositivos que usarán las aplicaciones que se generen bajo este software.

| 1 DEVICE  | 5 DEVICES   | 10 DEVICES  |   |
|---|---|---|---|
| <p><b>TRACERPLUS PRO</b></p> <p>MOBILE DEVICE LICENSES<br/>PERPETUAL LICENSE</p> <p><b>\$348</b><br/>PER DEVICE</p> <p>LEARN MORE</p> | <p><b>TRACERPLUS CONNECT</b></p> <p>CONNECT/SYNC MOBILE DATA TO ANY DATABASE<br/>PERPETUAL LICENSE</p> <p><b>\$240</b><br/>PER DEVICE</p> <p>LEARN MORE</p> | <p><b>TRACERPLUS SUPPORT</b></p> <p>UNLIMITED EMAIL &amp; PHONE SUPPORT<br/>M-F 9:00AM - 7:00PM EST</p> <p><b>\$212</b><br/>PER DEVICE / YEAR</p> <p>LEARN MORE</p> | <p><b>TRACERPLUS SUITE</b></p> <p>TRACERPLUS PRO TP CONNECT<br/>1 YEAR SUPPORT<br/>PERPETUAL LICENSE</p> <p>YOU SAVE \$80!</p> <p><b>\$720</b><br/>PER DEVICE</p> <p>LEARN MORE</p> |

Tabla 2-2: Planes para 1, 5 o 10 dispositivos que usen la aplicación generada con TracerPlus.

Fuente: [7]

Si bien se centra básicamente en usar escáneres RFID móviles, también posee la capacidad de enviar la data que recolecta hacia una base de datos o hacia un API.

Además de esto, este programa no se conecta con los lectores RFID fijos, sino que utiliza los lectores RFID móviles.

### 2.1.3. Tecnologías asociadas a aplicaciones web

Las tecnologías empleadas hoy en día en el desarrollo de aplicaciones o sistemas para la difusión de contenido han aumentado masivamente, diferentes empresas tecnológicas ofrecen desde frameworks para el desarrollo hasta repositorios en la nube.

A continuación, se presenta una breve descripción de las tecnologías relevantes para el presente trabajo de tesis.

### **2.1.3.1. VUE JS**

Vue es un framework progresivo (básicamente se trata de un modelo template asociado a un modelo de datos, en un mismo archivo) para construir interfaces de usuario. A diferencia de otros frameworks monolíticos, Vue está diseñado para ser incrementalmente adoptable. [8]

Este framework presenta tres características esenciales. La primera de estas es que es muy sencillo de comenzar con este, pues si una persona ya conoce HTML, CSS y JavaScript ya puede comenzar con el framework. La segunda es que es muy versátil, pues tiene un ecosistema muy escalable y un framework completamente equipado de funciones. La tercera característica es su performance, la cual es bastante mejor que otros frameworks JavaScript.

Sin embargo, la razón más importante por la cual fue elegido este framework para el proyecto es que la curva de aprendizaje es bastante pequeña, y el diseño de este framework está enfocado en la simplicidad del código, lo cual es bastante bueno al momento de desarrollar las aplicaciones.

### **2.1.3.2. Firebase**

Es una plataforma SaaS propiedad de Google (actualmente Alphabet) para el almacenamiento y sincronización de datos en la nube para aplicaciones web y móviles. Posee varias funcionalidades por sí mismo, dependiendo de la necesidad del desarrollador para integrar a su producto. Estas funcionalidades van desde Cloud Firestore que permite almacenar y sincronizar datos a escala global, hasta funcionalidades de Machine Learning, las cuales aún están en versión Beta.

En otras palabras, Firebase es una plataforma de *back-end* como servicio, que dispone de una serie de herramientas para el desarrollo de aplicaciones: el almacenamiento y sincronización de datos en la nube, medición del comportamiento del usuario y soluciones para monetizar productos. [9]

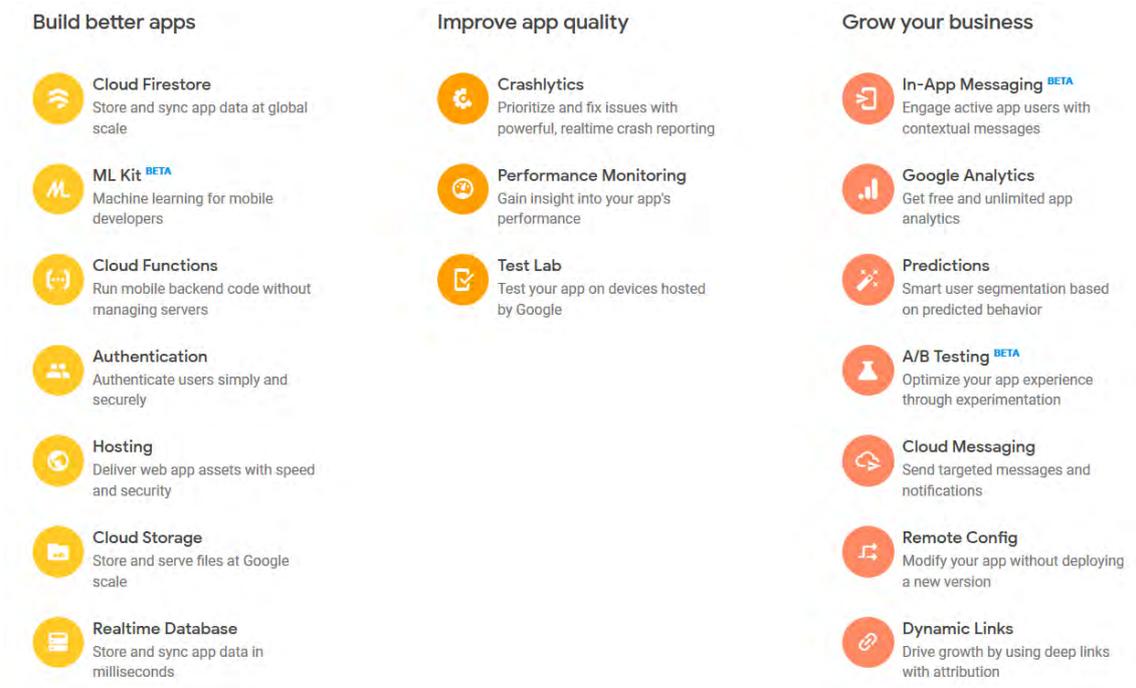


Tabla 2-3: Funcionalidades de Firebase.

Fuente: [10]

#### 2.1.4. Business Intelligence

El término Business Intelligence (BI por sus siglas en inglés) se refiere al uso de herramientas y estrategias que sirven para transformar información en conocimiento, con el objetivo de mejorar el proceso de toma de decisiones. Este es uno de los principales factores de diferenciación de cualquier empresa, persona o institución que utilice los datos de forma que permitan mejorar uno o varios de sus procesos actuales.

Si bien el concepto de Business Intelligence combina información interna y externa de muy diversa procedencia, es necesario que estos datos sean fiables y que estén relacionados al rubro sobre el cual se hace el análisis de inteligencia de negocio.

La recopilación de estos datos puede darse desde diversas fuentes, ya sean estas de forma manual o automatizada, como por ejemplo las encuestas o los dispositivos IoT, respectivamente.

*“Las cuatro grandes ventajas que ofrece el uso de herramientas de inteligencia de mercado son:*

- *La capacidad de analizar de forma combinada información interna y externa procedente de distintas fuentes y sistemas.*
- *Una mayor profundidad de análisis y una capacidad ampliada de reporting.*
- *La posibilidad de remontar ese análisis atrás en el tiempo en base a series históricas.*
- *La capacidad de realizar proyecciones y pronósticos de futuro en base a toda esa información.” [11]*

## **2.2. Modelo teórico de la aplicación propuesta**

De acuerdo a los requerimientos que se han definido en la sección 1.4, en la Figura 2-6 se plantea el esquema de un modelo teórico para la aplicación que se desea desarrollar.

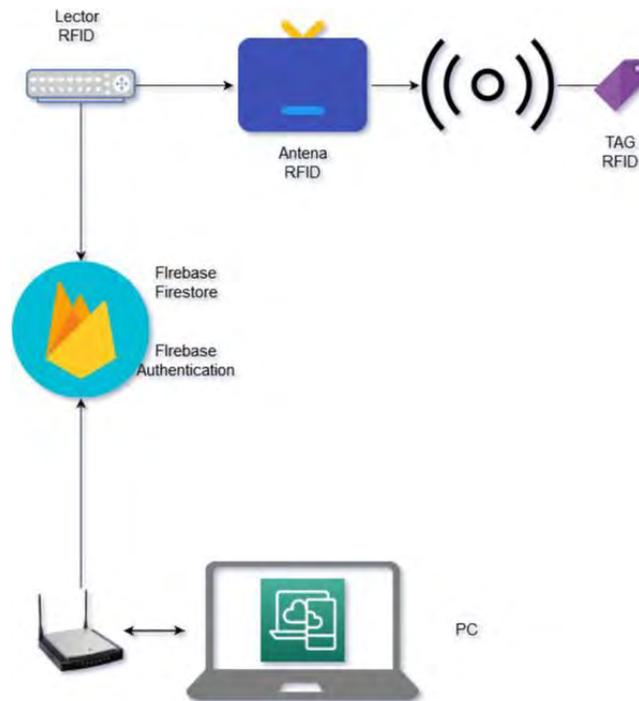


Figura 2-5: Arquitectura teórica propuesta para el desarrollo del presente trabajo de tesis.

Fuente: Elaboración propia.

Básicamente, en este modelo teórico propuesto la base de datos se encuentra alojada en Firebase por simplificar el procedimiento de operación y mantenimiento de servidores de Base de datos.

Además de proveer estas ventajas, para el caso de este proyecto en particular se han previsto los siguientes cálculos al considerar el uso de Firebase:

| Servicio a utilizar                     | Detalle                                  | Previsto para el proyecto (en promedio) | Detalles de uso previsto   | Plan: Spark (gratis) |
|---|--|---|--|----------------------|
| Cloud Firestore                         | Datos almacenados                        | 300 MB                                  | En total se prevé que con aproximadamente 700 activos, entre 30 y 40 datos de préstamos y devoluciones de equipos por día, un aproximado de datos de 1000 alumnos y profesores que se registren en la aplicación, el peso total de nuestra base de datos alcance aproximadamente los 100 MB en los primeros 5 años de uso (pues los datos se almacenan en texto plano). Se brinda 200% de margen para alcanzar los 300 MB en total durante todo el ciclo de vida de la aplicación.   | 1 GiB en total       |
|   | Salida de red                            | 187 MiB por mes                         | Dada la cantidad de operaciones relativamente baja del software y lo poco pesados que son los documentos en Cloud Firestore, el promedio de salida de red por día será de 2400 KiB/día lo cual en un mes con 26 días laborables hará 62400 KiB/mes, otorgando un 200% de margen durante los primeros meses será de 187200 KiB/mes lo cual es aproximadamente 187 MiB por mes   | 10 GiB por mes       |
|   | Operaciones de escritura de documentos   | 900/día                                 | Un promedio de escritura de documentos al mes de acuerdo a los promedios registrados en fase de desarrollo y pruebas será de hasta 600/día, se brinda 50% de margen de error para alcanzar los 900/día.<br><br>Nota: En los primeros meses de utilización del software se usará aprox 3 veces esta cantidad prevista mientras se realiza el registro de equipos, el registro de alumnos, profesores, entrenamientos de uso del producto para el personal del almacén, préstamos iniciales de equipos, entre otros.   | 20000/día            |
|   | Operaciones de lectura de documentos     | 1500/día                                | Dado que muchas veces se lee más de un documento a la vez (por diseño de software) un promedio de lecturas al mes de acuerdo a los promedios registrados en fase de desarrollo y pruebas será de 1000/día. Se brinda 50% de margen de error para alcanzar los 1500/día.<br><br>Nota: En los primeros meses de utilización del software se usará aprox 3 veces esta cantidad prevista mientras se realiza el registro de equipos, el registro de alumnos, profesores, entrenamientos de uso del producto para el personal del almacén, préstamos iniciales de equipos, entre otros. | 50000/día            |
|   | Operaciones de eliminación de documentos | 150/día                                 | Un promedio de eliminación de documentos al mes de acuerdo a los promedios registrados en fase de desarrollo y pruebas será de hasta 100/día, se brinda 50% de margen de error para alcanzar los 150/día.<br><br>Nota: En los primeros meses de utilización del software se usará aprox 3 veces esta cantidad prevista mientras se realiza el registro de equipos, el registro de alumnos, profesores, entrenamientos de uso del producto para el personal del almacén, préstamos iniciales de equipos, entre otros.   | 20000/día            |
| Hosting (usado durante fase de pruebas) | GB almacenados                           | 11.2 MB                                 | Peso del proyecto actual en total (Uso en fase de pruebas)   | 10 GB                |
|   | GB transferidos                          | 1 GB/mes                                | No se carga todo el proyecto con cada ingreso a la web, sino el HTML generado, el cual es muy pequeño en comparación con el peso total del proyecto. Cantidad estimada máxima mensual.   | 10 GB/mes            |
|   | Dominio personalizado y SSL              | No usado actualmente                    |  | Sí                   |
|   | Varios sitios por proyecto               | No usado actualmente                    |  | Sí                   |

Tabla 2-4: Cálculos realizados al determinar si usar la capa gratuita de Firebase era una opción viable en el proyecto.

Fuente: Elaboración propia.

Por lo tanto, de acuerdo con la página de Firebase, la capa gratuita de este SaaS es suficiente para los requerimientos del presente proyecto.

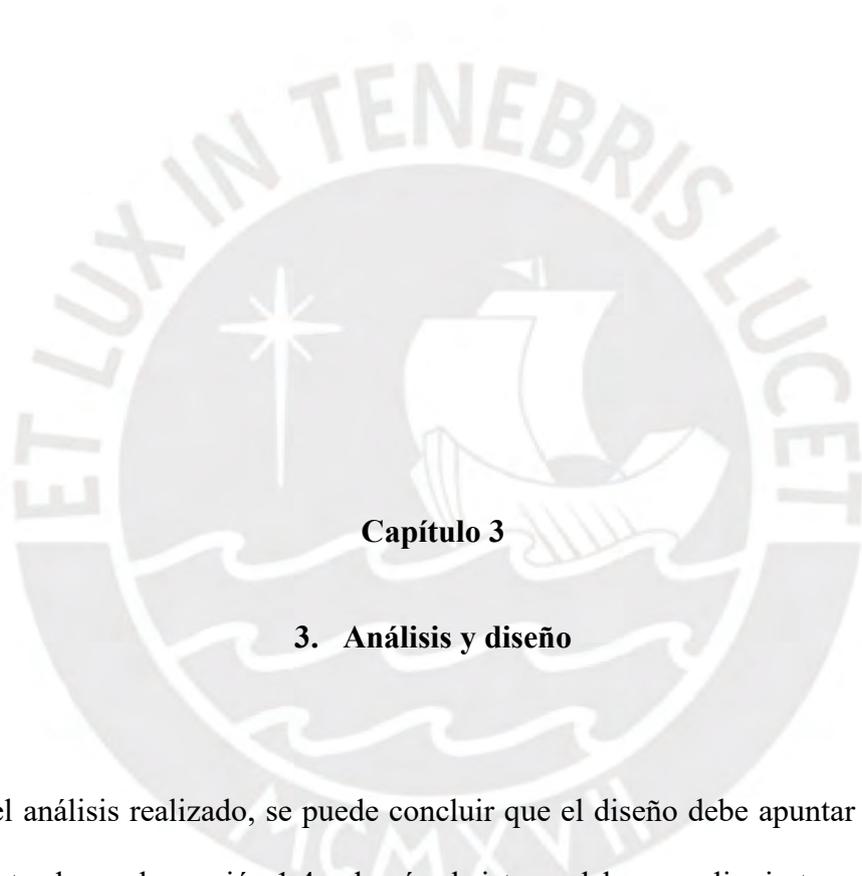
| Productos                                | Plan Spark<br>Límites generosos para aficionados<br><b>Sin cargo</b> | Plan Flame<br>Fixed pricing for growing apps<br><b>\$25/month</b> | Plan Blaze<br><a href="#">Calculate pricing for apps at scale</a><br><b>Pago por uso</b><br>✓ Se incluye el uso gratuito del plan Spark* |
|--|--|---|--|
| Analytics                                | Sin cargo  |   |  |
| App Indexing                             | Sin cargo  |   |  |
| <b>Cloud Firestore</b>                   |  |   |  |
| Datos almacenados                        | 1 GiB total  | 2.5 GiB total   | \$0.18/GiB   |
| Ancho de banda                           | 10GiB/month  | 20GiB/month   | <a href="#">Google Cloud pricing</a>   |
| Operaciones de escritura de documentos   | 20,000/día   | 100,000 por día   | USD 0.18 por cada 100,000  |
| Operaciones de lectura de documentos     | 50,000/día   | 250,000/día   | USD 0.06 por cada 100,000  |
| Operaciones de eliminación de documentos | 20,000/día   | 100,000 por día   | USD 0.02 por cada 100,000  |

Tabla 2-5: Extracto de la tabla de precios de productos de Firebase.

Fuente: [12]

Aparte de esto, no solo la aplicación web escribirá o leerá datos desde Firebase, sino que el mismo lector RFID enviará los datos de los tags leídos hacia la base de datos para así tener lecturas en tiempo real desde la aplicación web, y así poder interconectar la base de datos, la web y el lector RFID a través del SDK del fabricante.

Siendo así, la aplicación requiere ser segura, lo cual se logrará dándole un certificado SSL en el servidor host de la aplicación web para poder encriptar los datos ingresados a la aplicación y que se envíen hacia Firebase. Esto es realizado automáticamente al momento de desplegar la aplicación en Firebase.



## **Capítulo 3**

### **3. Análisis y diseño**

Tras el análisis realizado, se puede concluir que el diseño debe apuntar a cumplir los objetivos planteados en la sección 1.4, además el sistema debe cumplir ciertos requerimientos sin olvidar el contexto en el que nos encontramos, es decir, también debe cumplir con el modelo planteado en la sección 2.2.

Para esta tesis se pondrá especial atención en el desarrollo del código del aplicativo, ya que la administración y mantenimiento de la base de datos está realizado por Firebase, aunque la estructura está determinada por el desarrollador.

### **3.1. Requerimientos del sistema**

#### **3.1.1. Requerimientos físicos**

De acuerdo al gráfico presentado en la sección 2.2 de este trabajo de tesis, los requerimientos físicos de sistema son los siguientes:

- Antena RFID
- Lector RFID Impinj r420
- Tags RFID
- Computadora personal

#### **3.1.2. Requerimientos virtuales**

Para que el sistema funcione, se requiere que el sistema conste no solamente de la parte física sino que también se debe tener en cuenta la utilización de un servidor virtual intermedio que nos pueda proveer de la conexión entre el lector RFID y Firebase para poder dar lecturas casi en tiempo real en la aplicación web. Esto será posible a través de un pequeño aplicativo programado en Java que utiliza el SDK del lector RFID y el SDK de Firebase Firestore.

- Servidor virtual (Linux Ubuntu Server 18.04 LTS).

#### **3.1.3. Requerimientos lógicos**

De acuerdo a los objetivos planteados en la sección 1.4 del presente documento, para el sistema desarrollado se debe tener en cuenta lo siguiente:

- Tener una interfaz sencilla

- Ser un sistema robusto
- Poder almacenar datos a largo plazo
- Proporcionar un análisis de datos

Además de las anteriores, algunas características extra asociadas al presente trabajo son las siguientes:

- Ser de fácil mantenimiento
- Ser un sistema escalable
- Tener una base de datos robusta frente a ataques
- Facilitar labores del almacén

### **3.2. Elección y diseño de herramientas de trabajo para el sistema**

La elección de las herramientas del proyecto estará basada en los requerimientos listados en el subcapítulo anterior.

Desde el punto de vista de implementación del sistema lógico, el proyecto cuenta con una aplicación web y una aplicación en Java (dentro del servidor virtual), además de la configuración de la base de datos. Desde el punto de vista físico, cuenta con una PC de escritorio y los instrumentos necesarios para la lectura RFID.

#### **3.2.1. Base de datos**

El sistema propuesto debe ser capaz de soportar las aproximadamente 30 transacciones de activos al día, lo cual en realidad no es un problema para absolutamente ninguna de las alternativas de bases de datos existentes en el mercado, tanto tipos de bases de datos SQL como NoSQL.

Sin embargo, además de este requisito para la base de datos, es importante que la administración y mantenimiento de esta sea lo más sencillo posible, por lo que una base de datos administrada localmente no es una opción ya que esta alternativa es propensa a errores mayormente humanos, que podrían afectar al sistema en general e interrumpir con las operaciones normales.

Por lo tanto, debido a esta limitación es que se elige Firestore de Firebase, el cual es un producto administrado por Google, y cuya capa gratuita es suficientemente capaz de soportar las transacciones que se requieren.

Finalmente, la capa visual de la aplicación que se realizará en el presente proyecto estará separada de la parte lógica de esta, por lo que se minimiza cualquier riesgo de des configuración o de pérdida de información.

Siendo Firestore un modelo de base de datos NoSQL basado en “colecciones” que en un sistema SQL tradicional vendrían a ser las “tablas”, es necesario considerar varios tipos de colecciones para el sistema actual.

Los campos de cada colección están especificados en la siguiente tabla.

| Colección   | Descripción   | Campos  |
|-------------|---|---|
| users       | Colección de datos de las cuentas asignadas para el almacén   | name: ""  |
| alumnos     | Colección de datos de los alumnos   | career: ""<br>code: ""<br>mail: ""<br>name: ""  |
| equipos     | Colección de datos de los equipos   | EPC: ""<br>activofijo: ""<br>bdo2015: ""<br>calibrationdate: ""<br>condicion: ""<br>creationdate: ""<br>descripcion: ""<br>disponible: ""<br>entrydate: ""<br>equipstatus: ""<br>idprestamo: ""<br>laboratorio: ""<br>marca: ""<br>modelo: ""<br>modificationdate: ""<br>name: ""<br>observacion: ""<br>responsable: ""<br>serie: ""<br>ubicacion: "" |
| technicians | Colección de datos del personal del almacén, para que puedan confirmar el procedimiento de préstamo o devolución de equipos | EPC: ""<br>name: ""   |
| temporal    | Colección de datos en la que se almacena temporalmente los datos de una transacción   | EPC: ""<br>istechnician: ""   |
| prestamos   | Colección de datos del historial de préstamo y devolución de equipos  | codigoAlumno: ""<br>codigoItem: ""<br>devolucionApproverId: ""<br>devolucionApproverName: ""<br>fechaDevolucion: ""<br>fechaPrestamo: ""<br>observaciones: ""<br>prestamoApproverId: ""<br>prestamoApproverName: ""<br>statusFinal: ""  |

Tabla 3-1: Detalle de colecciones en base de datos Firestore.

Fuente: Elaboración propia

### 3.2.2. Aplicación Java

La aplicación java es una aplicación pequeña con un enfoque de “Agente Mensajero” que básicamente está a la escucha permanente del input por parte del lector RFID a través de la antena RFID y envía los datos hacia una colección temporal en la base de datos que estará sincronizada con la aplicación web, lo cual permitirá registrar los préstamos y devoluciones del solicitante a través de dicha aplicación web dentro de las colecciones permanentes listadas en la Tabla 3-1.

Como esta aplicación estará dentro del servidor virtual, no presenta una interfaz, sino que básicamente se ejecutará desde vía de comandos.

Sin embargo, ante la posibilidad de que en algún momento se reinicie la máquina virtual, la solución que se tiene para este caso es configurar esta aplicación dentro del kernel Linux instalado en la misma como un servicio que se ejecute al iniciar, por lo que ya no existiría este inconveniente.

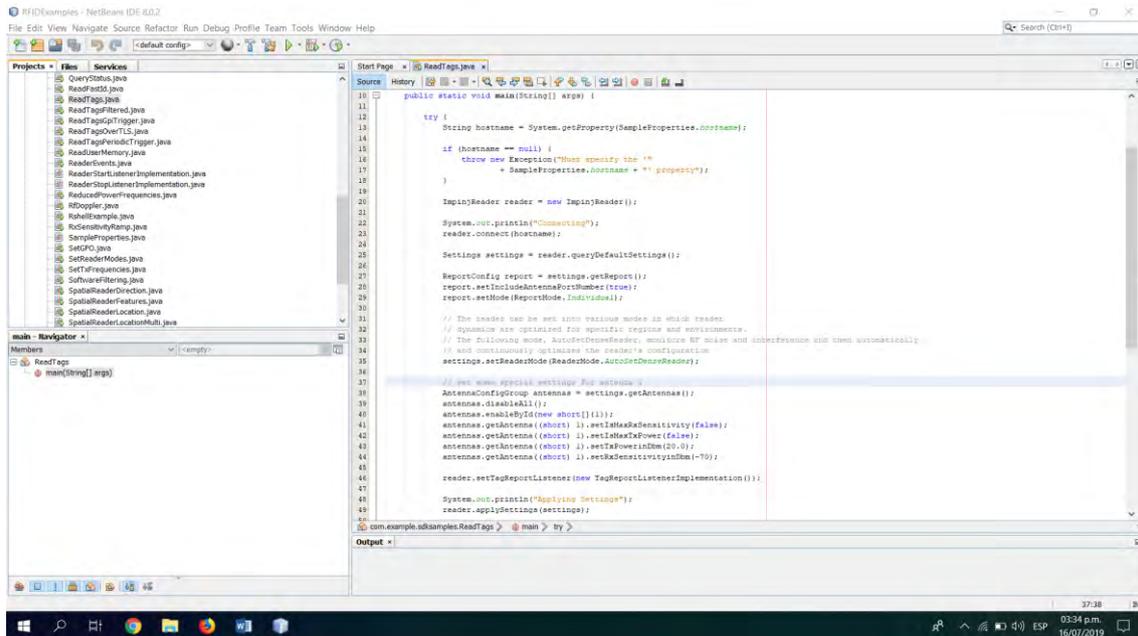


Figura 3-1: Fragmento de código de la aplicación Java que funcionará dentro del servidor virtual propuesto.

Fuente: Elaboración propia

### 3.2.3. Aplicación Web

Este es el componente más importante del presente proyecto ya que será la vía a través de la cual el encargado de almacén de turno procederá a realizar el préstamo y gestionar la devolución de los equipos y sus respectivos accesorios.

Será codificada utilizando el framework Vue JS; además de esto, debe contar con algunas interfaces importantes, que serán de utilidad para el usuario encargado del almacén.

- Inicio de sesión
- Recuperación de contraseña
- Inicio
- Equipos
- Préstamos

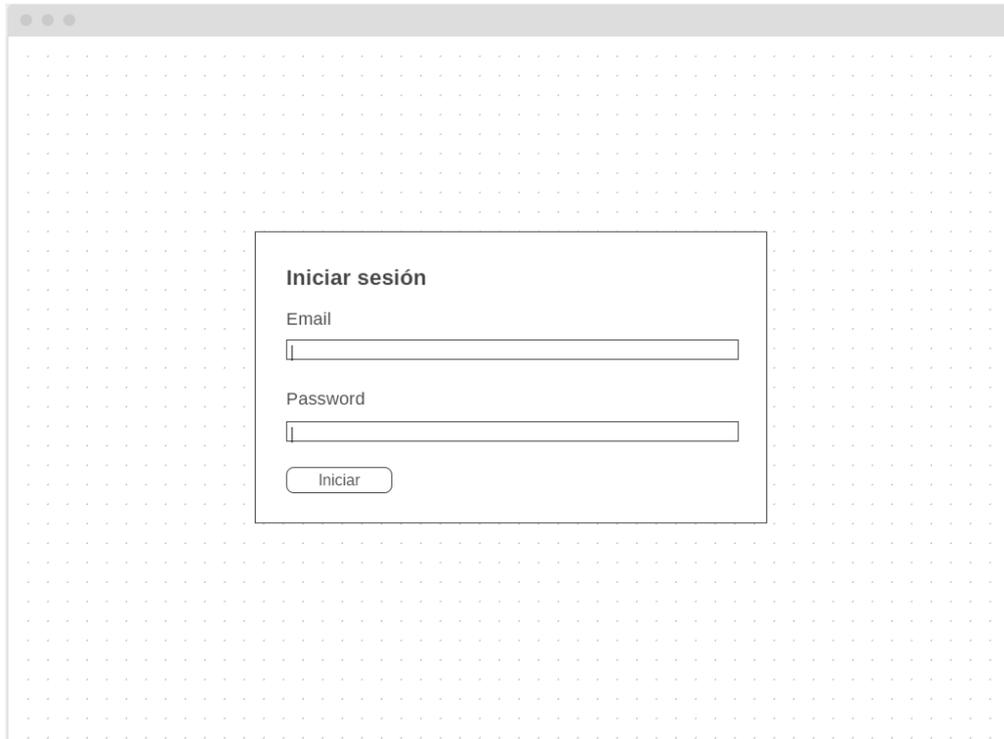
Se realizaron los prototipos de pantallas para los diversos componentes de la aplicación web, los cuales serán detallados en las siguientes secciones de este documento.

Si bien estos diseños no serán los diseños finales que se obtendrán en la aplicación, son muy importantes como guía de las partes del proceso de implementación en sí.

Probablemente estos diseños varíen ligeramente a lo largo del desarrollo del producto final, pero esa es la funcionalidad que tiene la etapa de diseño de prototipos, cuyo foco es *“exponer lo que ofrece una página y no cómo se verá, [por lo que] todos los elementos decorativos y visuales que puedan distraer, quedan fuera. Así, los wireframes muestran cajas grises, sin colores, tipografías e imágenes”*. [13]

#### **3.2.3.1. Interfaz de inicio de sesión**

Se permitirá el inicio de sesión por parte de las personas encargadas del almacén. No existe una interfaz de creación de cuenta, sino que los usuarios son registrados por parte del administrador del sistema.

The image shows a wireframe of a login screen. It features a central rectangular box with a dotted grid background. Inside the box, the text "Iniciar sesión" is at the top. Below it are two input fields: "Email" and "Password". At the bottom of the box is a button labeled "Iniciar". The entire wireframe is set within a window-like frame with three dots in the top-left corner.

*Figura 3-2: Prototipo de la pantalla de inicio de sesión.*

*Fuente: Elaboración propia*

### **3.2.3.2. Interfaz de recuperación de contraseña**

Se permitirá la recuperación de contraseña o el cambio de esta a través de esta interfaz, pues la aplicación enviará un mail de confirmación al mail del usuario.



*Figura 3-3: Prototipo de la pantalla de recuperación de contraseña.*

*Fuente: Elaboración propia*

### **3.2.3.3. Inicio**

La pantalla de inicio es la más importante en la aplicación pues aquí radica en sí misma la automatización que se requiere realizar al proceso de préstamo y devolución de equipos del almacén de Ingeniería Electrónica.

Consiste en una sola página, pero su diseño es interactivo, es decir, la interfaz de usuario que se ha diseñado para esta pantalla permite realizar el proceso de préstamo a través de varios pasos para así no sobrecargar la funcionalidad de esta página y enfatizar en brindar una buena experiencia de usuario.

Por lo tanto, el prototipo realizado para esta pantalla consta de varias imágenes secuenciales.

The image shows a wireframe of a web application window. At the top, there is a header bar with the word "Inicio" on the left. Below the header, there is a form area. The first part of the form is a label "Código PUCP del solicitante" followed by a text input field. To the right of the input field is a button labeled "Continuar". The entire form is set against a background of a light gray dot grid. The window has a standard title bar with three small circles on the left.

*Figura 3-4: Prototipo de pantalla de inicio en el paso 1 (Insertar código de solicitante).*

*Fuente: Elaboración propia.*

Luego de realizado el paso 1 (Insertar código del solicitante) se procede a agregar a esta misma pantalla el paso 2 (validación de datos del solicitante).

Inicio

Código PUCP del solicitante

Continuar

Datos del solicitante

Código PUCP

Nombre completo

Especialidad

Correo PUCP

Historial de préstamo de equipos

Tabla de historial de préstamo de equipos del alumno y/o profesor solicitante

Continuar

*Figura 3-5: Prototipo de pantalla de inicio en el paso 2 (Validación de datos e historial de préstamos del solicitante).*

*Fuente: Elaboración propia.*

Una vez que el encargado del almacén haya validado la veracidad de los datos del solicitante, se procede a solicitar y/o devolver los equipos a través de la pantalla del siguiente paso.

Cabe mencionar que es en el siguiente paso en el que se utiliza el equipo RFID físico, haciendo pasar los equipos con el tag RFID en línea de vista con la antena RFID.

Además de esto, en una de las reuniones con el personal del almacén, se acordó que el encargado del almacén debería tener un modo de confirmación al momento de recibir o prestar equipos, funcionalidad que se implementó a partir de una de las versiones posteriores de la aplicación.

Código PUCP  
 Nombre completo  
 Especialidad  
 Correo PUCP

Historial de préstamos de equipos

Tabla de historial de préstamo de equipos del alumno y/o profesor solicitante.

Continuar

---

Equipos en préstamo actual:

Equipo

Equipo

Equipo

Equipos en devolución actual:

Equipo

Equipo

Continuar

*Figura 3-6: Prototipo de pantalla de Inicio en el paso 3 (Préstamo / Devolución de equipos detectados por el lector RFID).*

*Fuente: Elaboración propia*

Una vez que se confirma la operación se debería mostrar una pantalla de resumen, la cual nos dará todos los datos que se han registrado en la transacción.

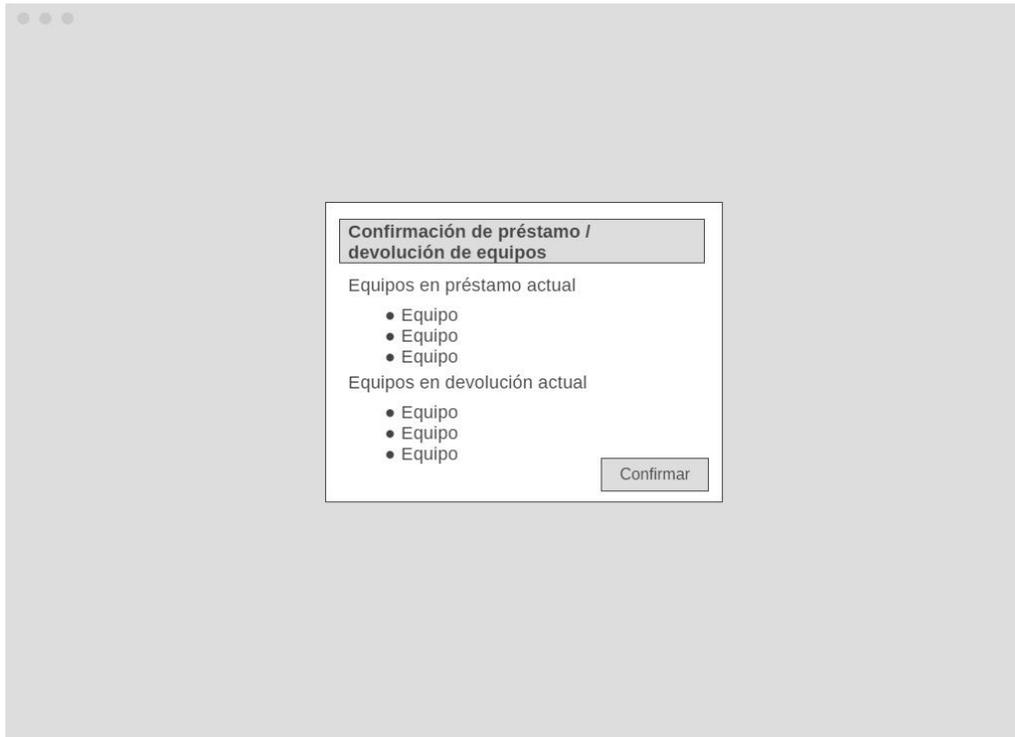
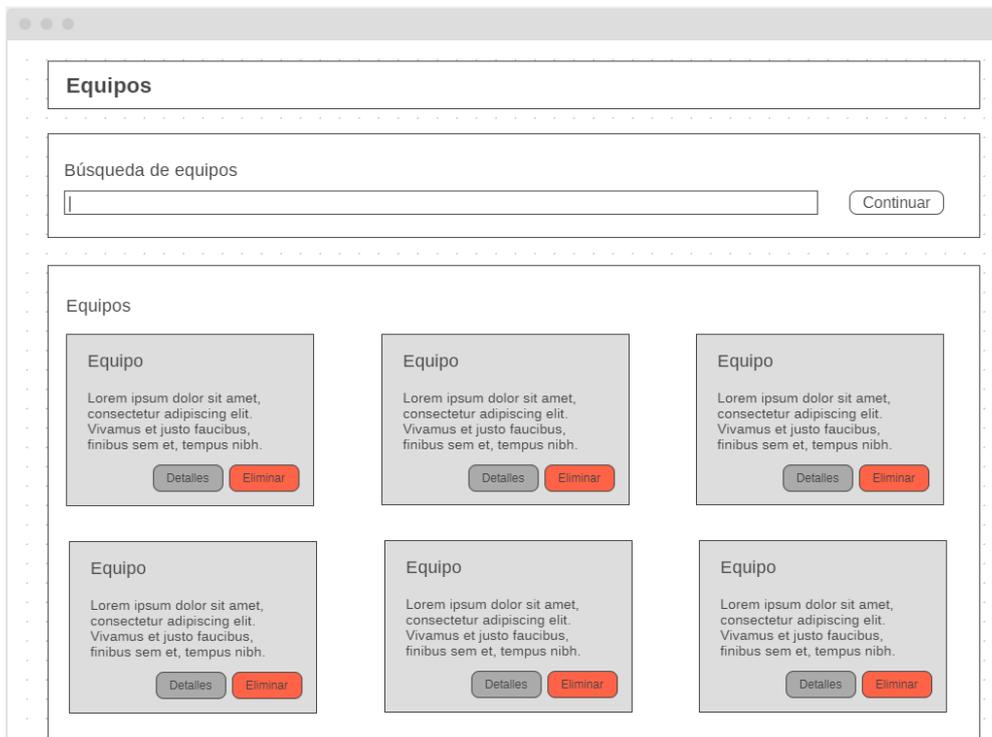


Figura 3-7: Prototipo de pantalla de inicio después del paso 4 (Resumen de la transacción).

Fuente: Elaboración propia.

#### 3.2.3.4. Equipos

La pantalla de la sección de equipos básicamente nos dará la información resumida de los datos de los equipos que se encuentran registrados en el sistema, tanto si se encuentran disponibles como si se encuentran en pleno tránsito debido a un préstamo a algún alumno o profesor que lo haya solicitado.



*Figura 3-8: Prototipo de la pantalla del listado de equipos.*

*Fuente: Elaboración propia.*

### **3.2.3.5. Préstamos**

En esta pantalla se deberá mostrar el historial completo de préstamos, con datos tales como equipo del préstamo, alumno, responsable de préstamo o devolución del equipo, comentarios respecto al estado del equipo luego del préstamo, etc.



*Figura 3-9: Prototipo de la pantalla de tabla de préstamos.*

*Fuente: Elaboración propia.*

### **3.2.3.6. Reportes**

En esta vista se debe mostrar un pequeño reporte de las estadísticas de uso del sistema, tales como un gráfico de la cantidad de préstamos realizados con el sistema por día, el promedio de tiempo de uso que se les da a los equipos prestados, la cantidad de equipos en buen estado y en mal estado que posee el almacén, entre otras métricas que pueden ser añadidas en versiones posteriores de la aplicación.



Figura 3-10: Prototipo de la pantalla de reportes.

Fuente: Elaboración propia.

### 3.2.4. Sistema físico

El sistema físico está compuesto básicamente por el lector RFID y la antena receptora de señal RFID.

Además de esto, físicamente también es necesario que los equipos tengan asociado un tag RFID, para así poder identificarlos y poder realizar las operaciones previstas.

#### 3.2.4.1. Lector RFID

El lector RFID va conectado directamente hacia la antena receptora, y provee la infraestructura necesaria para la lectura de tags RFID desde esta. Provee información acerca de la intensidad de lectura en dBm, el identificador del tag, etc.

Para complementar sus capacidades, posee un SDK para poder realizar modificaciones a las funcionalidades que posee.



Figura 3-11: Foto del lector RFID Impinj r420.

Fuente: Elaboración propia.

#### 3.2.4.2. Antenas RFID

Son las encargadas de proporcionar la lectura del tag RFID al lector.



Figura 3-12: Foto de las antenas RFID.

Fuente: Elaboración propia.

### **3.2.5. Sistema virtual**

El sistema virtual está compuesto por un servidor virtual que realizará las funciones de procesamiento de la información recibida por el lector RFID a través de una aplicación en lenguaje Java, cuya función será determinar si la data recibida por el lector y enviada a la base de datos ya se encuentra procesada y lo que se está realizando es un préstamo o una devolución de equipos, o si por el contrario se trata del registro de un nuevo equipo en la base de datos, o incluso si es que se está realizando una autorización de préstamo por parte de los encargados del almacén. A continuación se detalla este sistema.

#### **3.2.5.1. Servidor virtual (Linux Ubuntu Server 18.04 LTS)**

Como ya se mencionó, este servidor virtual será el contenedor para la aplicación Java encargada del procesamiento de información del lector RFID que se ha desarrollado para este proyecto.

Esto no es posible realizarlo por las configuraciones propias del lector, sino que se utilizará el SDK de Firebase y el SDK del lector Impinj r420 (Octane SDK) para lograr esto y que la lógica planteada del sistema pueda funcionar.

Sin embargo, uno de los requerimientos para que funcione esta aplicación Java que se ha realizado es que el sistema sea de 64 bits, ya que una de las librerías utilizadas únicamente admite esta arquitectura de procesador. Por lo tanto, este servidor virtual se eligió con esta configuración frente a opciones tales como mini computadoras de la marca Raspberry Pi.

Otro de los motivos por los cuales se eligió un servidor virtual y no uno físico es que permite tener un servidor dedicado a esta tarea y no afectar a algún otro equipo que esté siendo

utilizado para alguna otra aplicación de la universidad y que pueda ser afectada o interrumpida por esta aplicación.

```

1 | [|||||] 14.00] Tasks: 57, 73 over 2 running
2 | [|||||] 21.51] Load average: 0.07 0.37 0.43
Host | [|||||] 2150/1.95k] Uptime: 00:12:32
Swap | [|||||] 0k/2.00k]

PID USER PPID PPID% CPU MEM RSS
3465 root 20 0 2581M 56760 19020 S 38.1 2.8 0:02.37 java -jar AgentRFID.main.jar 192.168.0.0
3469 root 20 0 2581M 56760 19020 S 17.4 2.8 0:01.36 java -jar AgentRFID.main.jar 192.168.0.0
3470 root 20 0 2581M 56760 19020 S 12.0 2.8 0:00.46 java -jar AgentRFID.main.jar 192.168.0.0
3477 root 20 0 2581M 56760 19020 S 7.4 2.8 0:00.47 java -jar AgentRFID.main.jar 192.168.0.0
3455 mario 20 0 26628 4636 3464 S 1.3 0.2 0:00.07 htop
3479 root 20 0 2581M 56760 19020 S 0.7 2.8 0:00.01 java -jar AgentRFID.main.jar 192.168.0.0
3472 root 20 0 2581M 56760 19020 S 0.0 2.8 0:00.02 java -jar AgentRFID.main.jar 192.168.0.0
1 root 20 0 159M 3260 692 S 0.0 0.5 0:00.00 /sbin/init maybe-ubiquity
400 root 19 0 94860 13936 13144 S 0.0 0.7 0:00.45 /lib/systemd/systemd-journald
432 root 20 0 97788 1712 1536 S 0.0 0.1 0:00.00 /sbin/lnxstatd -f
430 root 20 0 47356 5852 3140 S 0.0 0.3 0:03.58 /lib/systemd/systemd-udev
680 systemd-n 20 0 80844 5722 4072 S 0.0 0.3 0:00.12 /lib/systemd/systemd-networkd
728 systemd-r 20 0 70632 5108 4552 S 0.0 0.3 0:00.07 /lib/systemd/systemd-resolved
893 root 20 0 90820 8532 6784 S 0.0 0.4 0:00.04 /usr/sbin/cupsd -l
917 systemd 20 0 256M 4264 3488 S 0.0 0.2 0:00.03 /usr/sbin/rsyslogd -n
910 systemd 20 0 256M 4264 3488 S 0.0 0.2 0:00.00 /usr/sbin/rsyslogd -n
925 systemd 20 0 256M 4264 3488 S 0.0 0.2 0:00.03 /usr/sbin/rsyslogd -n
901 systemd 20 0 256M 4264 3488 S 0.0 0.2 0:00.08 /usr/sbin/rsyslogd -n
902 messagebu 20 0 80720 5264 3956 S 0.0 0.3 0:00.75 /usr/bin/ibus-daemon --system --address=systemd: --nofork --nopidfile --system-activation --syslog-only
1831 root 20 0 187M 2664 1848 S 0.0 0.1 0:00.00 /usr/sbin/irqbalance --foreground
901 root 20 0 107M 2664 1848 S 0.0 0.1 0:00.05 /usr/sbin/irqbalance --foreground
963 avahi 20 0 47284 3676 3288 S 0.0 0.2 0:00.10 avahi-daemon: running [serverthesis.local]
960 root 20 0 45228 5376 4832 S 0.0 0.3 0:00.00 /sbin/wpa_supplicant -u -s -O /run/wpa_supplicant
991 avahi 20 0 47876 540 0 S 0.0 0.0 0:00.00 avahi-daemon: chroot helper
998 root 20 0 4552 848 788 S 0.0 0.0 0:00.00 /usr/sbin/acpid
1814 root 20 0 80828 3180 2908 S 0.0 0.2 0:00.01 /usr/sbin/cron -f
1171 root 20 0 491M 10488 8724 S 0.0 0.5 0:00.00 /usr/lib/udisks2/udisksd
1220 root 20 0 491M 10488 8724 S 0.0 0.5 0:00.00 /usr/lib/udisks2/udisksd
1302 root 20 0 491M 10488 8724 S 0.0 0.5 0:00.00 /usr/lib/udisks2/udisksd
1320 root 20 0 491M 10488 8724 S 0.0 0.5 0:00.00 /usr/lib/udisks2/udisksd
1816 root 20 0 491M 10488 8724 S 0.0 0.5 0:00.15 /usr/lib/udisks2/udisksd
1103 root 20 0 95540 1668 1540 S 0.0 0.1 0:00.00 /usr/bin/setsid /usr/lib/setsid
1105 root 20 0 95540 1668 1540 S 0.0 0.1 0:00.00 /usr/bin/setsid /usr/lib/setsid
1823 root 20 0 95540 1668 1540 S 0.0 0.1 0:00.00 /usr/bin/setsid /usr/lib/setsid
1824 daemon 20 0 20332 2344 2140 S 0.0 0.1 0:00.00 /usr/sbin/atd -f
1284 root 20 0 165M 17276 9356 S 0.0 0.8 0:00.00 /usr/bin/python3 /usr/bin/networkd-dispatcher --run-startup-triggers
1854 root 20 0 165M 17276 9356 S 0.0 0.8 0:00.16 /usr/bin/python3 /usr/bin/networkd-dispatcher --run-startup-triggers
  
```

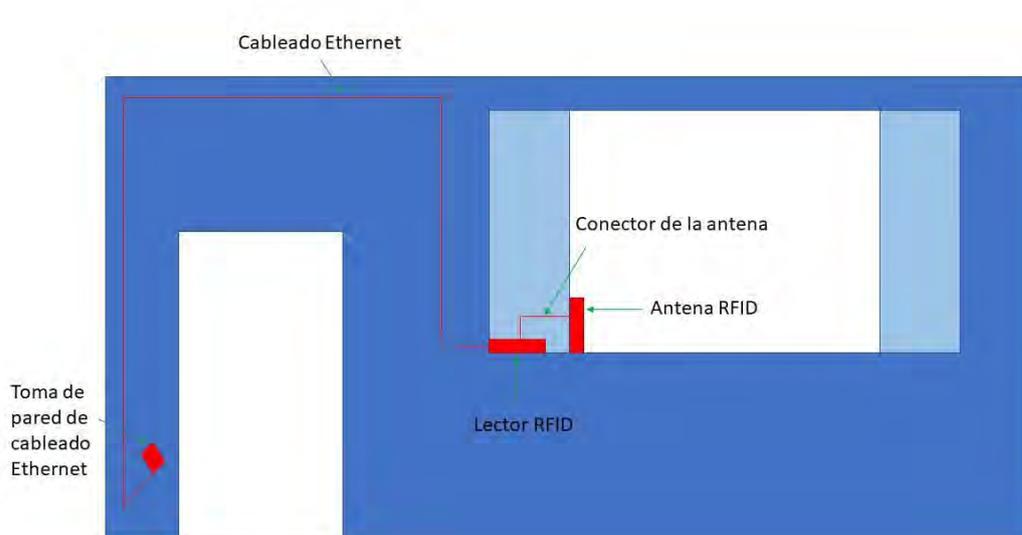
Figura 3-13: Captura de pantalla de la conexión al servidor virtual que se plantea.

Fuente: Elaboración propia.

### 3.3. Elección de una distribución física para el sistema

Dadas las características de uso del sistema, en el cual se requiere que exista una interacción con el usuario por parte de los encargados del almacén, se plantea un diagrama de conexión para que los equipos puedan ser conectados y el sistema pueda ser utilizado de manera óptima para evitar desplazamientos innecesarios dentro del almacén y por lo tanto optimizar el proceso de préstamo y devolución de equipos.

Al observar las características físicas del lugar, se observa que la amplia ventana que posee el lugar es la mejor opción para lograr este objetivo.



*Figura 3-14: Esquema de instalación de los equipos físicos en el Almacén de la sección de Ing. Electrónica para propósitos de pruebas.*

*Fuente: Elaboración propia.*

En el siguiente capítulo se utilizará el esquema de la Figura 3-14 para la instalación física de los equipos para realizar pruebas, lo cual se observa principalmente en la Figura 4-23 y en la Figura 4-29.

Sin embargo, para propósitos de instalación final cuando el proyecto pase a fase de despliegue, se cuenta con el diagrama de la Figura 3-15. Este diagrama incluye los elementos

necesarios para dejar correctamente instalado el sistema, utilizando además los componentes de la Figura 3-16 y de la Figura 3-17.

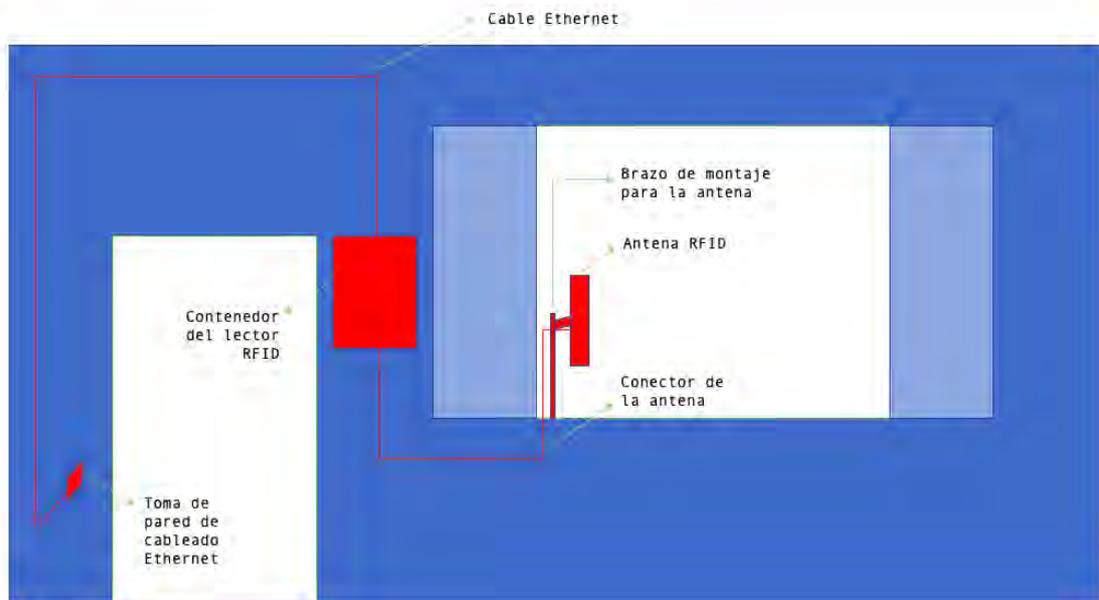


Figura 3-15: Esquema de instalación final de los equipos físicos en el Almacén de la sección de Ing. Electrónica.

Fuente: Elaboración propia.



Figura 3-16: Contenedor PCE12106-04W para el lector RFID Impinj r420.

Fuente: [14]



Figura 3-17: Parante o brazo neumático para sostener la antena RFID y darle cierta libertad de movimiento.

Fuente: [15]



## **Capítulo 4**

### **4. Implementación y pruebas de funcionamiento**

El propósito de este capítulo es explicar la implementación del proyecto de tesis, así como también se especifican las pruebas de funcionamiento realizadas con el personal del almacén. Se inician con las pruebas del kit RFID para comprobar su funcionamiento, luego de eso se realiza la implementación de las aplicaciones que sean requeridas de acuerdo a lo especificado en los capítulos anteriores. Luego de esta implementación, se procederá a detallar el proceso de pruebas de funcionamiento con el personal del almacén. Finalmente, se realiza un análisis de los resultados obtenidos.

## **4.1. Implementación**

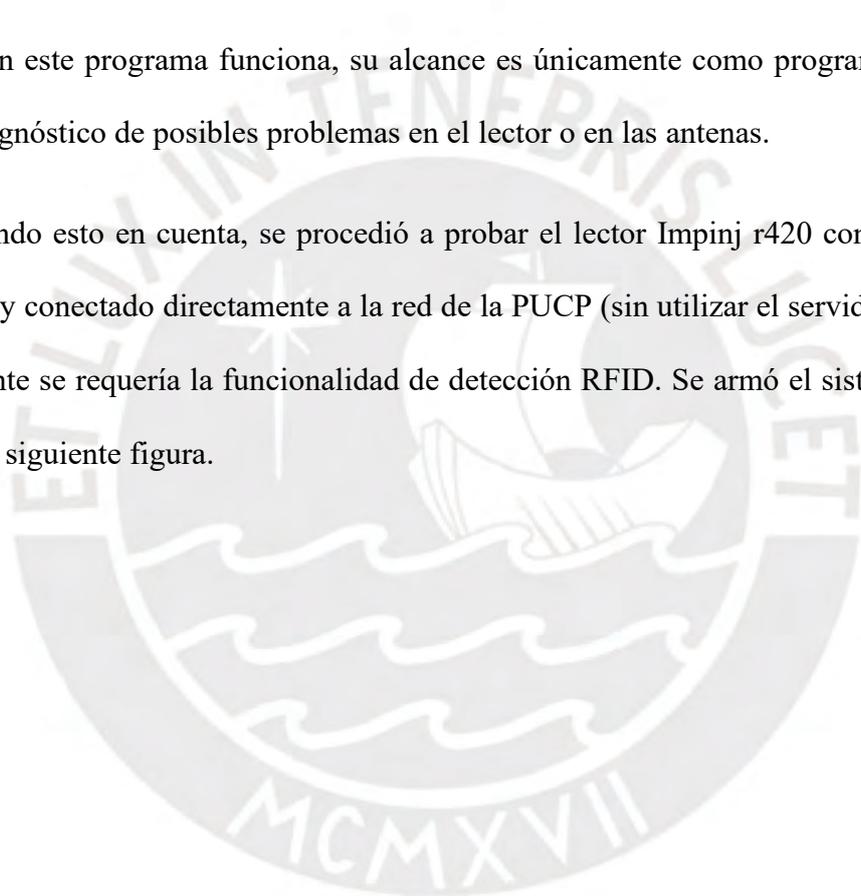
En esta sección se detalla el proceso de implementación de la aplicación

### **4.1.1. Pruebas del kit RFID Impinj r420**

El kit RFID Impinj r420 que se utiliza en el presente trabajo de tesis posee una herramienta que sirve para probar la funcionalidad del sistema usando etiquetas RFID.

Si bien este programa funciona, su alcance es únicamente como programa de test de equipos y diagnóstico de posibles problemas en el lector o en las antenas.

Teniendo esto en cuenta, se procedió a probar el lector Impinj r420 conectado a una antena RFID y conectado directamente a la red de la PUCP (sin utilizar el servidor virtual) ya que únicamente se requería la funcionalidad de detección RFID. Se armó el sistema como se muestra en la siguiente figura.





*Figura 4-1: Kit RFID listo para las pruebas de funcionamiento.*

*Fuente: Elaboración propia.*

En la Figura 4-1 se puede notar que están conectados las antenas al lector RFID y a su vez este está conectado hacia la red en la que tenemos nuestra PC. Ya dentro de la PC ejecutamos el programa de prueba que nos proporciona el fabricante, como se puede apreciar en las siguientes figuras.

Como paso previo, detectamos la dirección IP del lector RFID

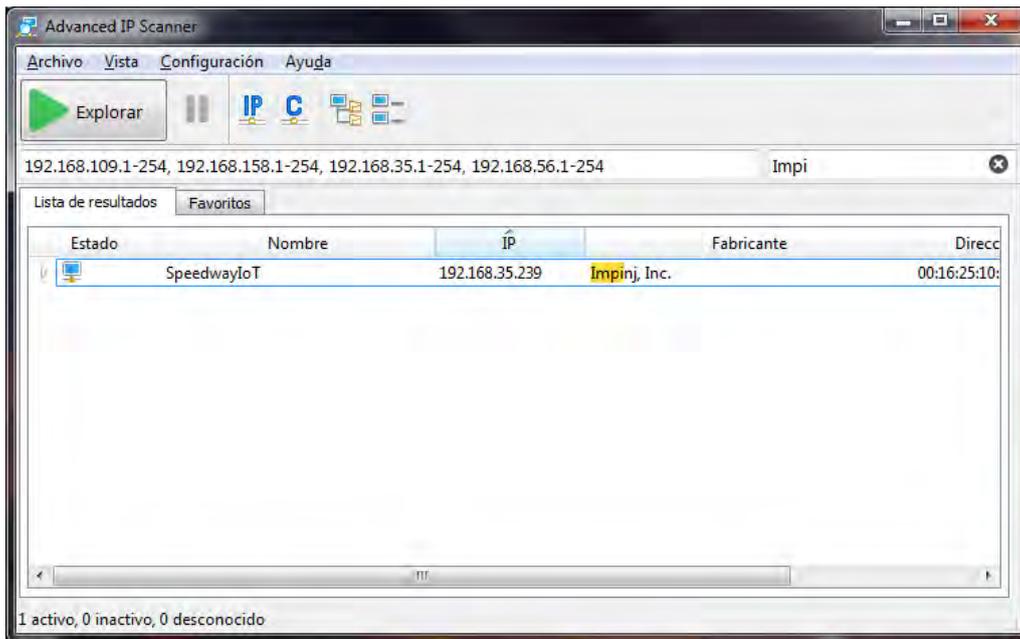


Figura 4-2: Paso previo, detectar la dirección IP del lector RFID para poder encontrarlo en la red y poder probar su funcionamiento.

Fuente: Elaboración propia.

Luego de este paso previo, se realizan las configuraciones necesarias para probar el lector RFID, tales como configuración de la IP y selección de antenas.

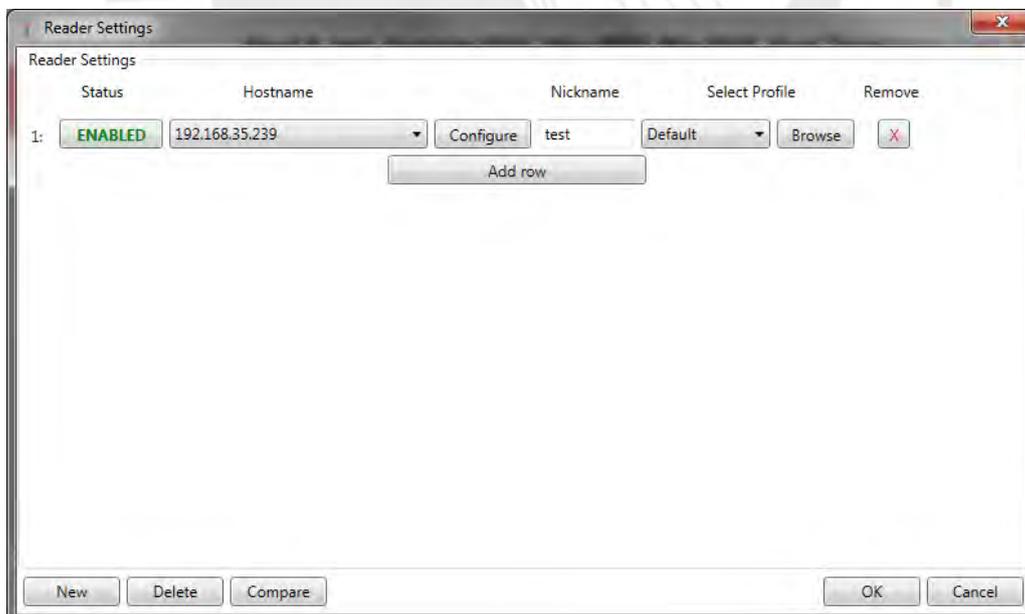


Figura 4-3: Configuraciones del lector RFID. Foto N° 1.

Fuente: Elaboración propia.

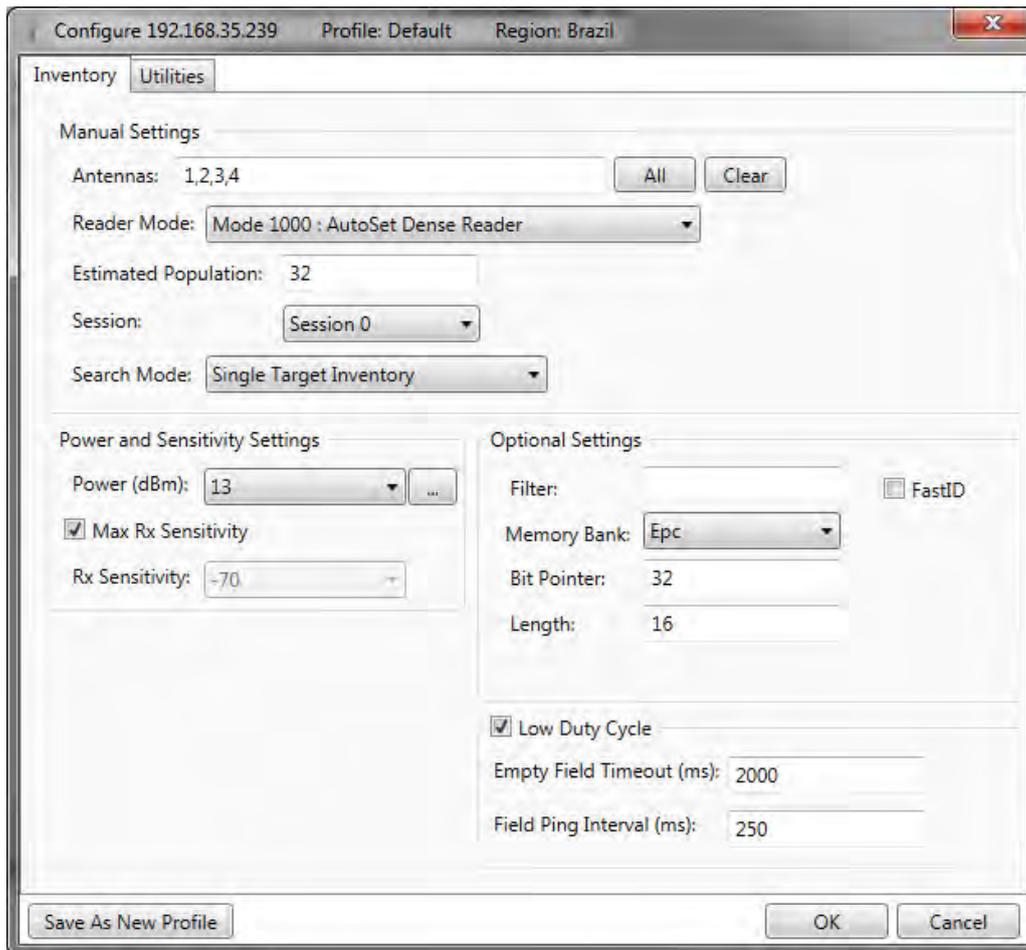
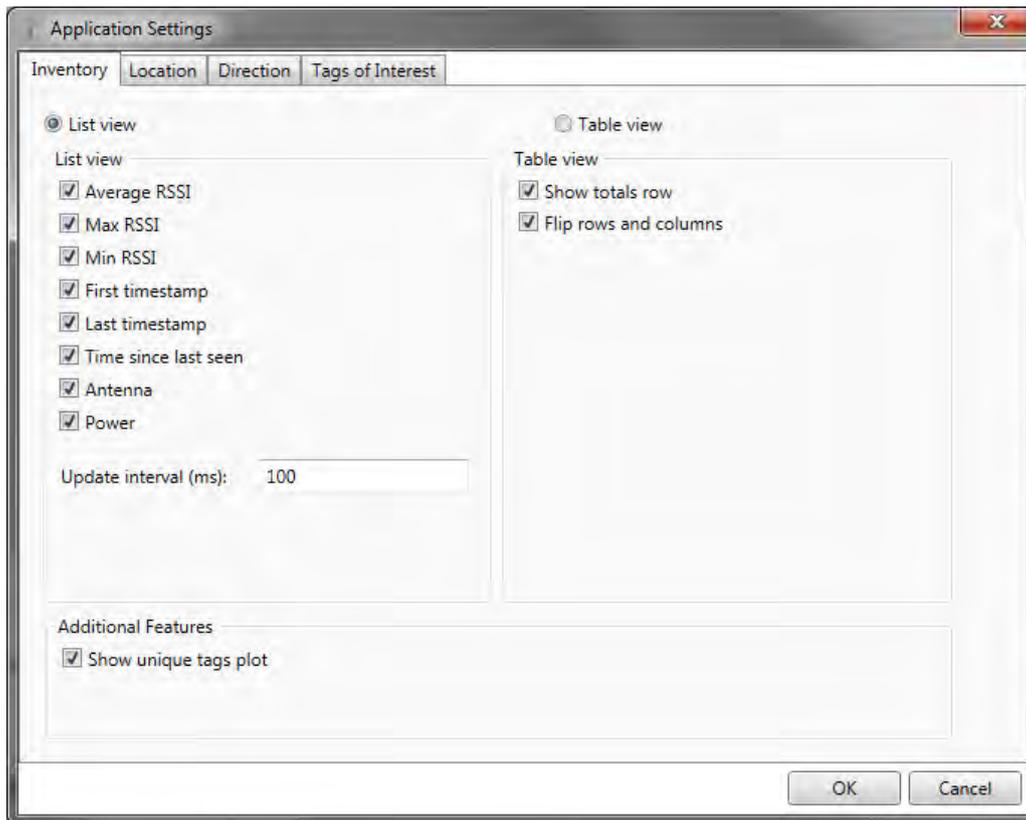


Figura 4-4: Configuraciones del lector RFID. Foto N° 2.

Fuente: Elaboración propia.



*Figura 4-5: Configuraciones del lector RFID. Foto N° 3.*

*Fuente: Elaboración propia.*

Luego de establecer las configuraciones adecuadas, se realizó la prueba del lector RFID.

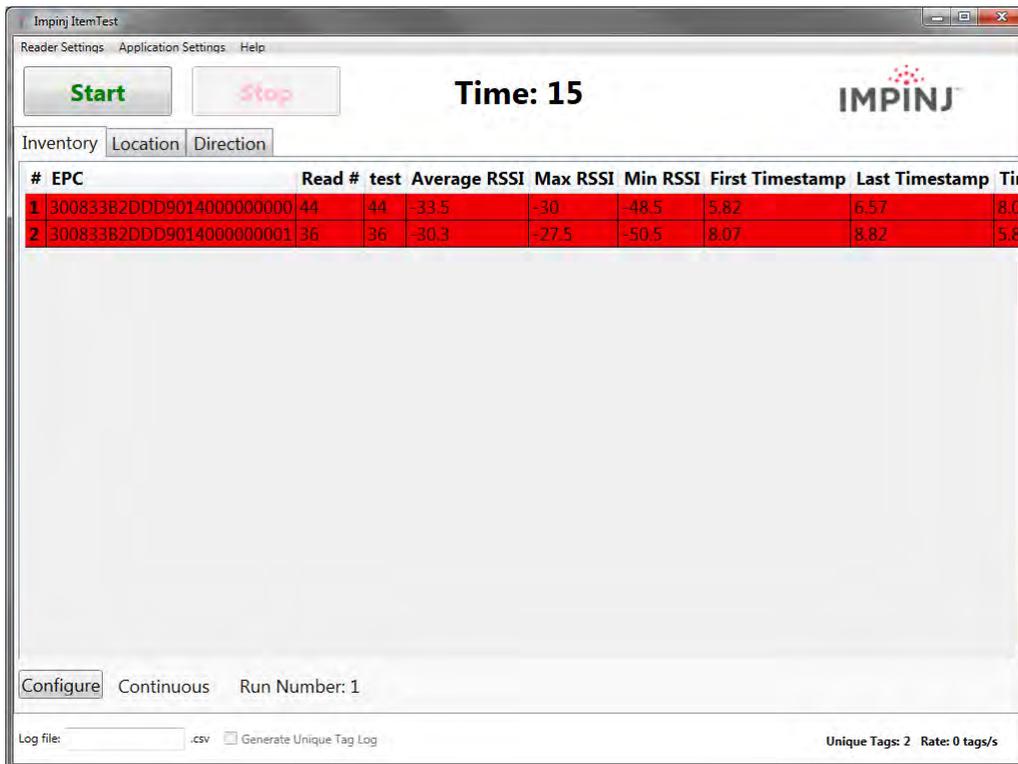


Figura 4-6: Interfaz del programa de pruebas del lector RFID. Las líneas marcadas en rojo son los tags leídos por el programa.

Fuente: Elaboración propia.

Con la imagen anterior se puede dar por validado que el lector RFID identifica los tags que se ponen cerca de la antena.

Estas pruebas, con la configuración establecida, dieron como resultado que el tag debería estar entre 10 y 40 cm aproximadamente de la antena receptora cuando esta utiliza una potencia baja de transmisión y la menor sensibilidad posible para no leer otros tags involuntariamente, lo cual no será un problema ya que la fachada del almacén de Ing. Electrónica sí es apto para tener los equipos entre esas distancias y también tiene a los demás instrumentos separados a más de 1 metro de distancia de la antena receptora, por lo que no habría problemas de interferencia de equipos o lecturas RFID erróneas.

Como consecuencia de esta configuración relativamente conservadora respecto a la potencia y sensibilidad empleadas en el proyecto, también es necesario que exista línea de vista entre la antena receptora y el tag RFID para lograr resultados óptimos.

#### 4.1.2. Integración de servidor virtual Linux

Luego de que se hayan validado las pruebas anteriores, es necesario integrar los otros elementos al sistema. En este caso, la arquitectura del sistema requiere que se incorpore este elemento, por lo que se realizó la configuración del servidor usando Ubuntu Server 18.04 como sistema operativo.

La instalación se realizó siguiendo los pasos del instalador por defecto del sistema operativo del servidor, además de esto, se le añadió la interfaz gráfica de Ubuntu Mate por cuestiones de simplicidad para algunas operaciones, siguiendo los pasos detallados a continuación [14].

```
$ tasksel --list-task
```

```
$ sudo tasksel install ubuntu-mate-core
```

```
$ sudo service lightdm start
```

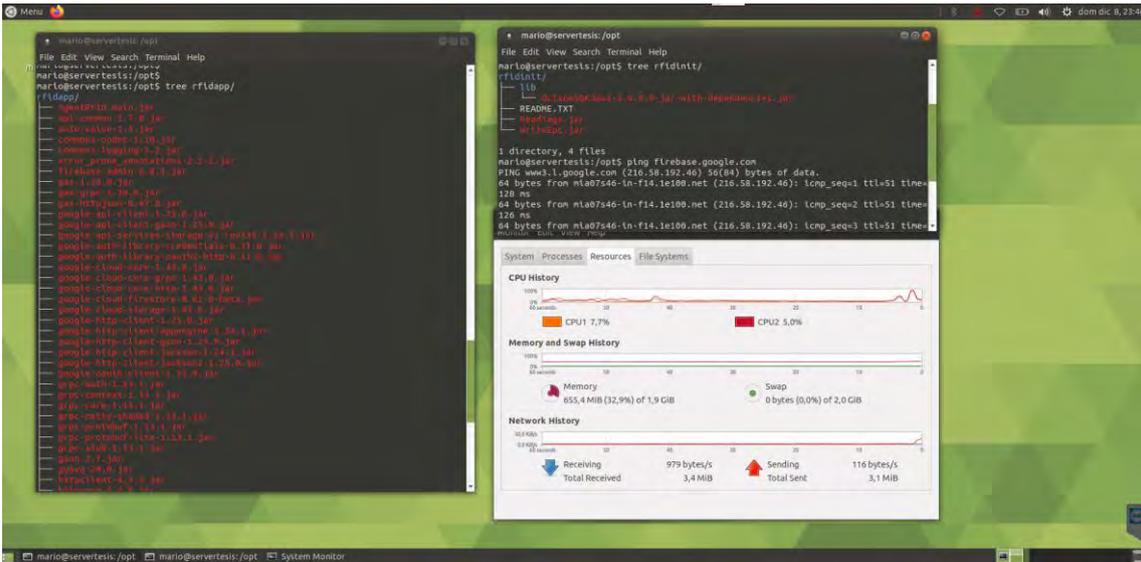


Figura 4-7: Sistema operativo Ubuntu Server 18.04 LTS con entorno de escritorio de Ubuntu Mate Core.

Fuente: Elaboración propia

Luego de esto, se procedió a añadir como servicio el aplicativo de Java que comunica el lector RFID con nuestra base de datos Firestore en Firebase. [15]

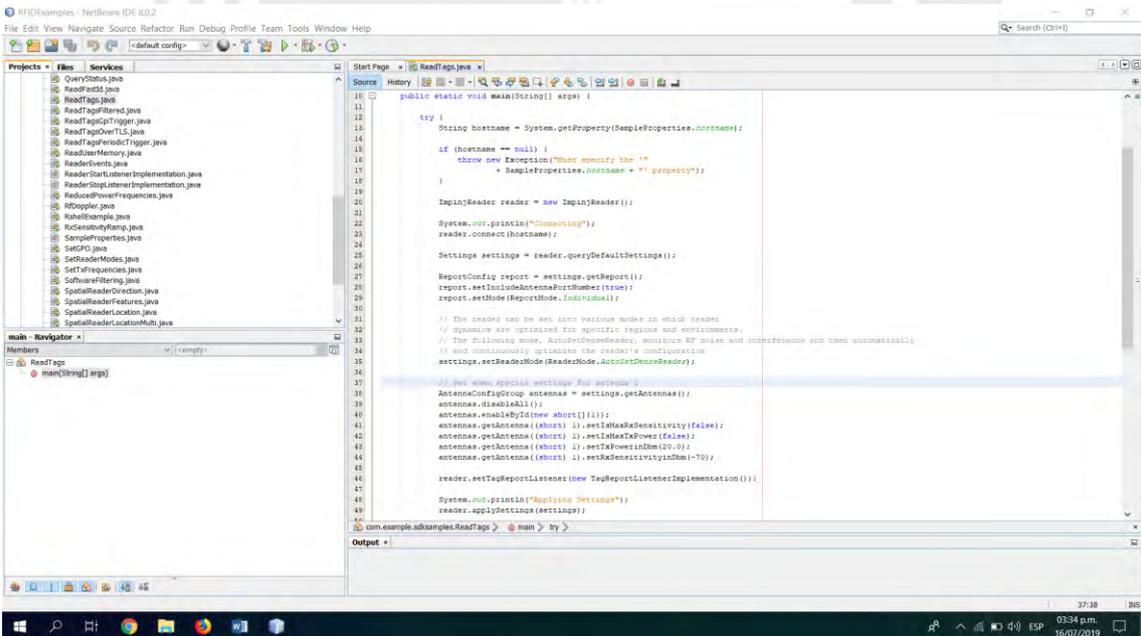
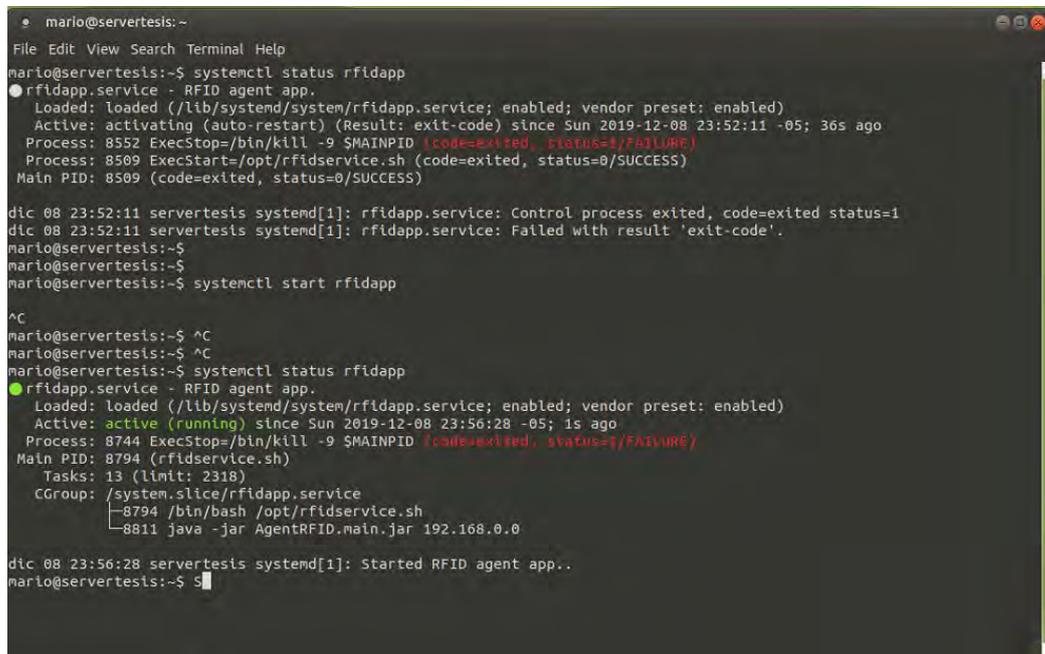


Figura 4-8: Fragmento de código de la aplicación Java que se ejecutará en la máquina virtual.

Fuente: Elaboración propia.

Finalmente, la aplicación java puede ser llamada como un servicio al momento de iniciar el sistema o también vía línea de comandos en tiempo de ejecución del servidor virtual.



```
mario@servvertesis:~  
File Edit View Search Terminal Help  
mario@servvertesis:~$ systemctl status rfidapp  
● rfidapp.service - RFID agent app.  
   Loaded: loaded (/lib/systemd/system/rfidapp.service; enabled; vendor preset: enabled)  
   Active: activating (auto-restart) (Result: exit-code) since Sun 2019-12-08 23:52:11 -05; 36s ago  
     Process: 8552 ExecStop=/bin/kill -9 $MAINPID (code=exited, status=1/FAILURE)  
     Process: 8509 ExecStart=/opt/rfidservice.sh (code=exited, status=0/SUCCESS)  
    Main PID: 8509 (code=exited, status=0/SUCCESS)  
  
dic 08 23:52:11 servvertesis systemd[1]: rfidapp.service: Control process exited, code=exited status=1  
dic 08 23:52:11 servvertesis systemd[1]: rfidapp.service: Failed with result 'exit-code'.  
mario@servvertesis:~$  
mario@servvertesis:~$  
mario@servvertesis:~$ systemctl start rfidapp  
  
^C  
mario@servvertesis:~$ ^C  
mario@servvertesis:~$ ^C  
mario@servvertesis:~$ systemctl status rfidapp  
● rfidapp.service - RFID agent app.  
   Loaded: loaded (/lib/systemd/system/rfidapp.service; enabled; vendor preset: enabled)  
   Active: active (running) since Sun 2019-12-08 23:56:28 -05; 1s ago  
     Process: 8744 ExecStop=/bin/kill -9 $MAINPID (code=exited, status=1/FAILURE)  
    Main PID: 8794 (rfidservice.sh)  
      Tasks: 13 (limit: 2318)  
     CGroup: /system.slice/rfidapp.service  
             └─8794 /bin/bash /opt/rfidservice.sh  
               └─8811 java -jar AgentRFID.main.jar 192.168.0.0  
  
dic 08 23:56:28 servvertesis systemd[1]: Started RFID agent app..  
mario@servvertesis:~$
```

Figura 4-9: Inicio de la aplicación a través de línea de comandos usando systemctl.

Fuente: Elaboración propia

### 4.1.3. Aplicación web

El desarrollo de la aplicación web ha sido realizado en el framework Vue JS, fundamentalmente debido a su baja curva de aprendizaje, a la gran cantidad de recursos disponibles en línea y a la facilidad para tener un código organizado y fácil de estructurar y leer.

El entorno de desarrollo ha sido Visual Studio Code, además se ha utilizado Github como sistema de control de versiones.

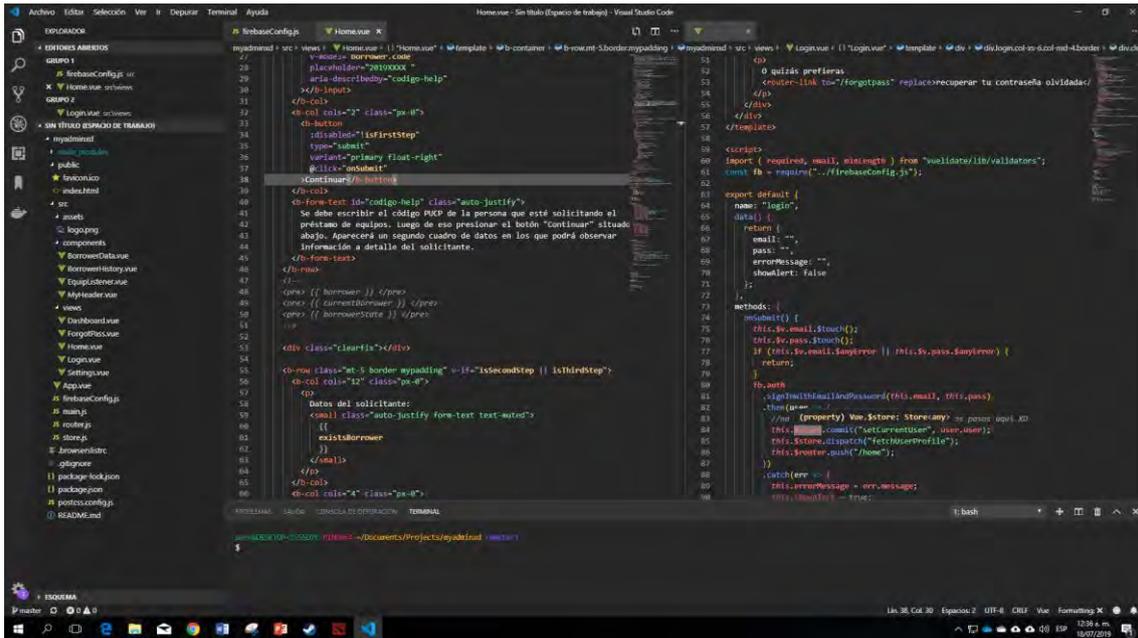


Figura 4-10: Visual Studio Code. Entorno de desarrollo de la aplicación web.

Fuente: Elaboración propia.

Básicamente, la aplicación web fue codificada siguiendo los requerimientos planteados en los capítulos anteriores.

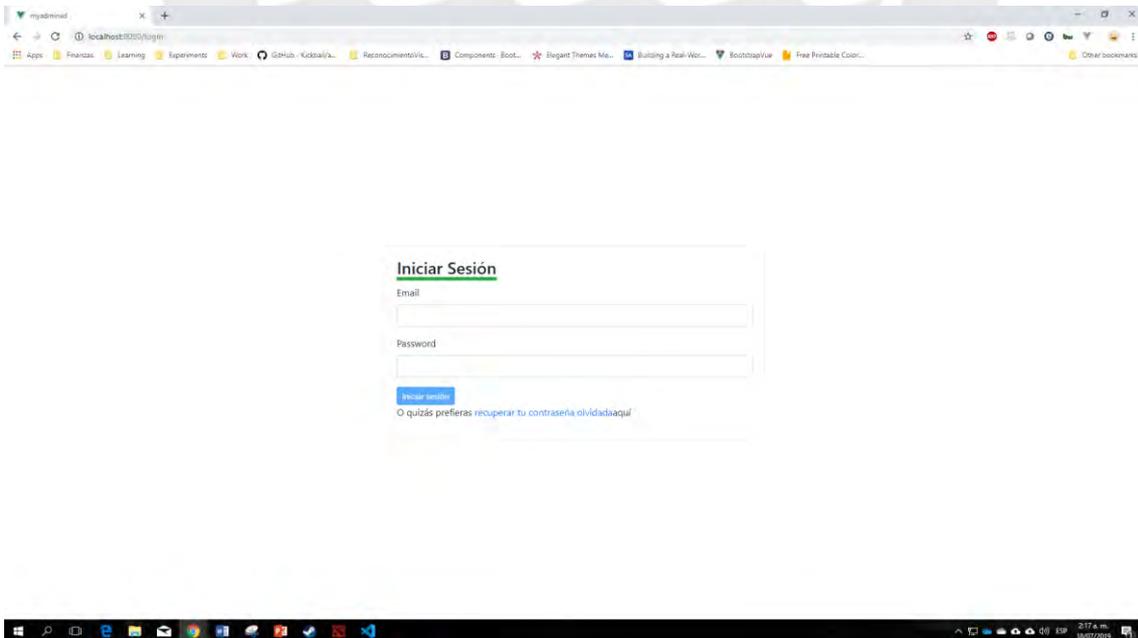


Figura 4-11: Pantalla de inicio de sesión en la aplicación.

Fuente: Elaboración propia

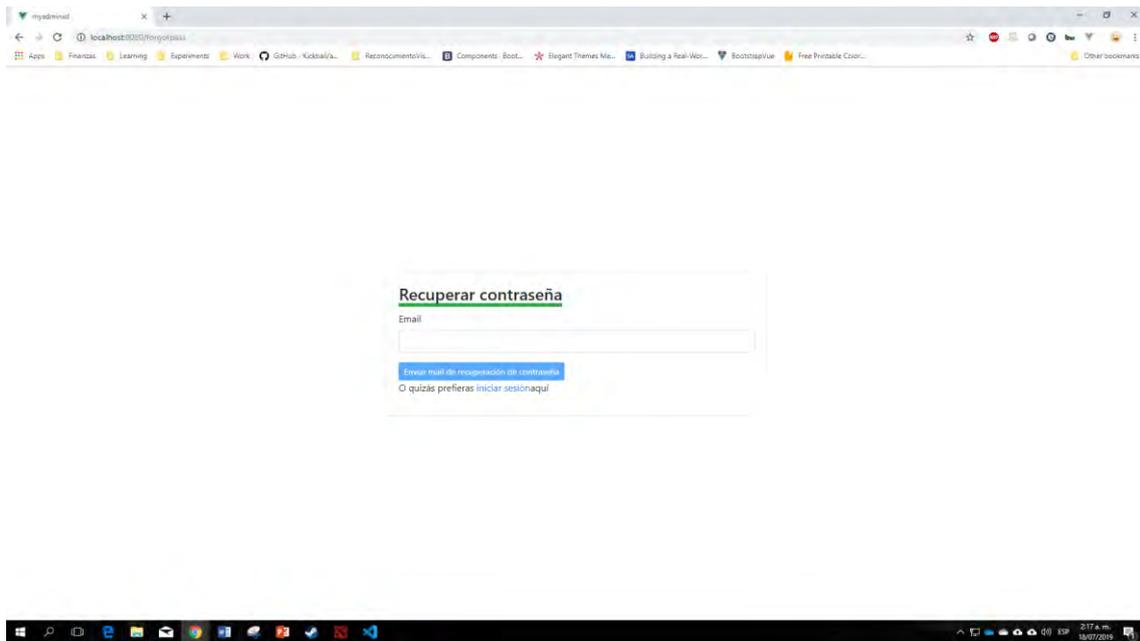


Figura 4-12: Pantalla de recuperación de contraseña en la aplicación.

Fuente: Elaboración propia.

La pantalla principal de inicio es la más importante en la aplicación pues aquí radica en sí misma la automatización que se requiere realizar al proceso de préstamo y devolución de equipos del almacén de Ingeniería Electrónica.

Consiste en una sola página pero su diseño es interactivo, es decir, la interfaz de usuario que se ha diseñado para esta pantalla permite realizar el proceso de préstamo a través de varios pasos para así no sobrecargar la funcionalidad de esta página y enfatizar en brindar una buena experiencia de usuario.

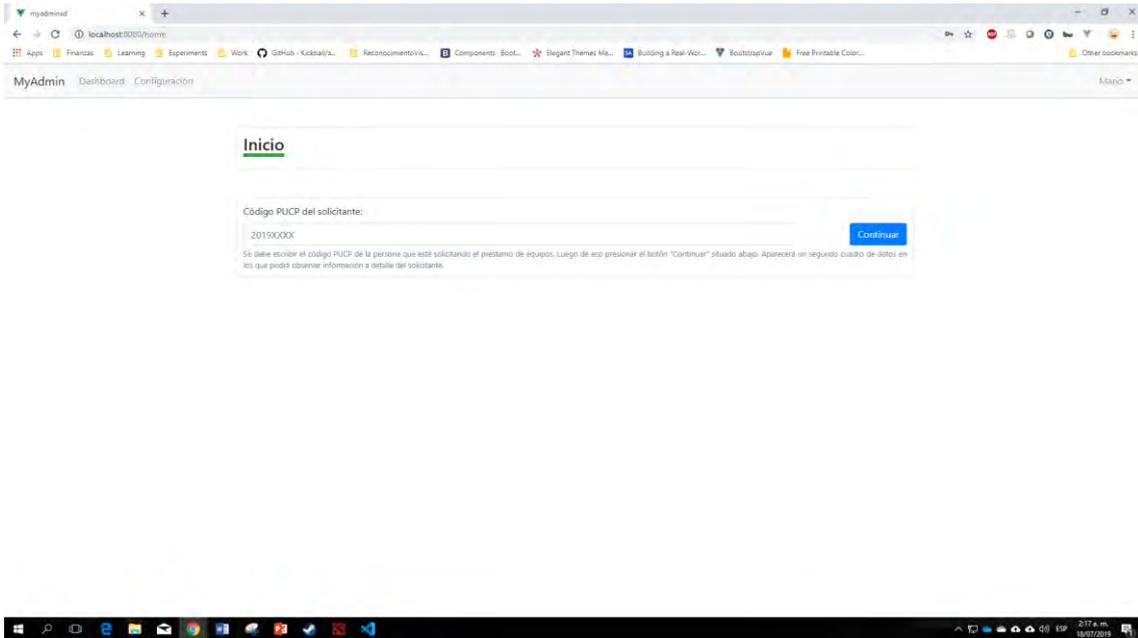


Figura 4-13: Pantalla principal de la aplicación (paso 1).

Fuente: Elaboración propia.

La lógica que sigue la aplicación es la misma que se ha explicado en el diseño de la aplicación, en la sección 3.2.3, por lo que sería redundante especificar nuevamente la función de cada una de las capturas de pantalla siguientes.

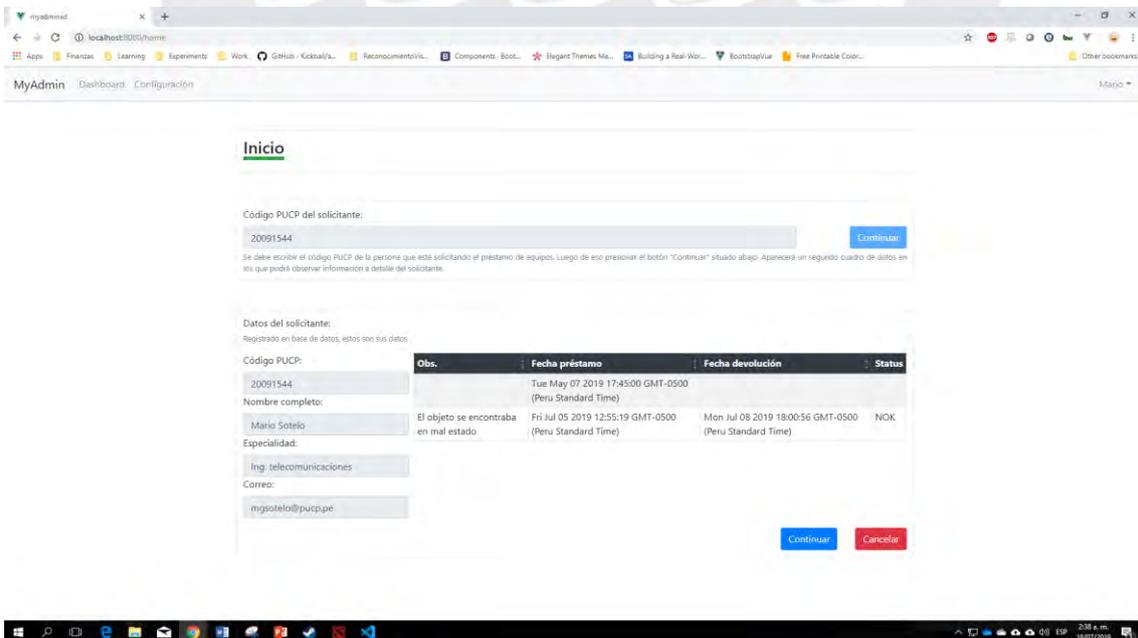


Figura 4-14: Pantalla principal de la aplicación (paso 2).

Fuente: Elaboración propia.

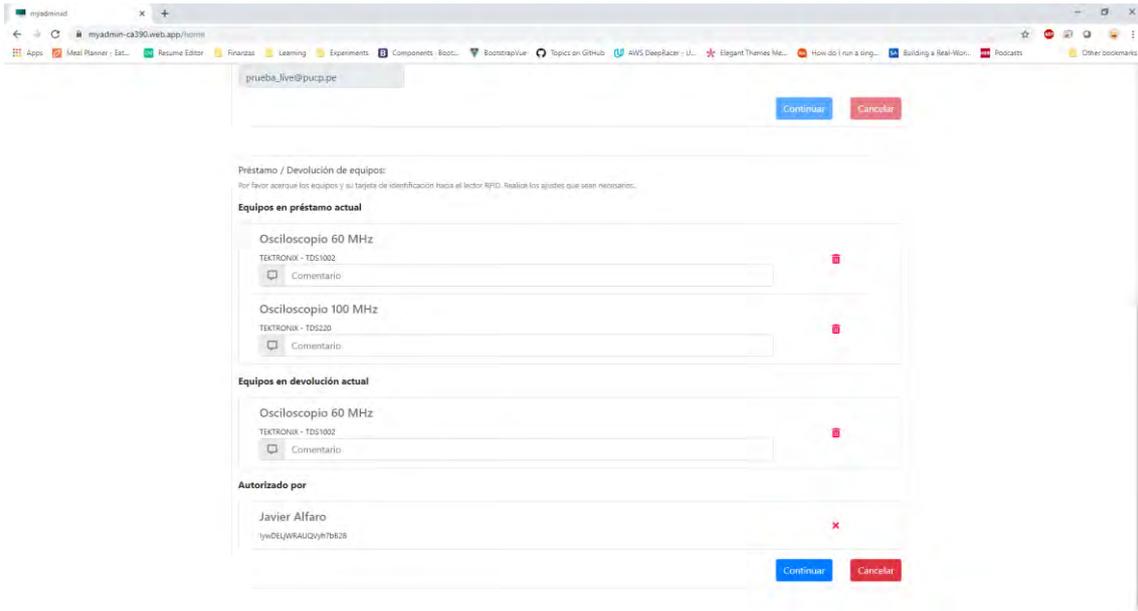


Figura 4-15: Pantalla principal de la aplicación (paso 3).

Fuente: Elaboración propia.

Una vez que se confirma la operación se debería mostrar una pantalla de resumen, la cual nos dará todos los datos que se han registrado en la transacción.

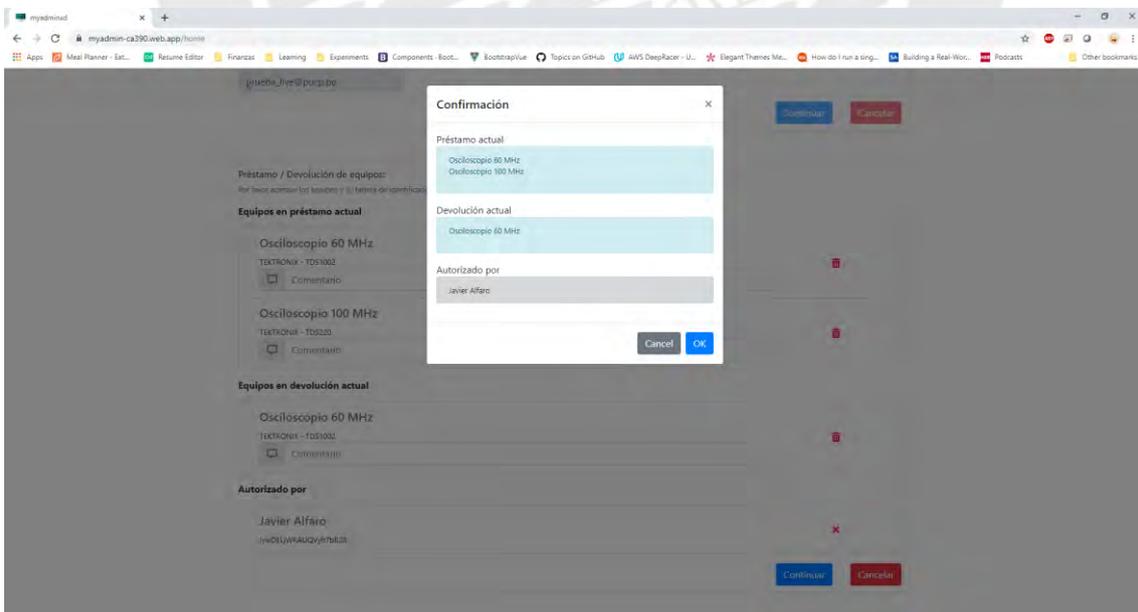


Figura 4-16: Confirmación de la transacción de equipos.

Fuente: Elaboración propia.

Además de la sección principal de la aplicación, también se desarrolló la sección de equipos en la que se encuentran registrados los equipos del almacén, además es posible registrar nuevos equipos en la aplicación.

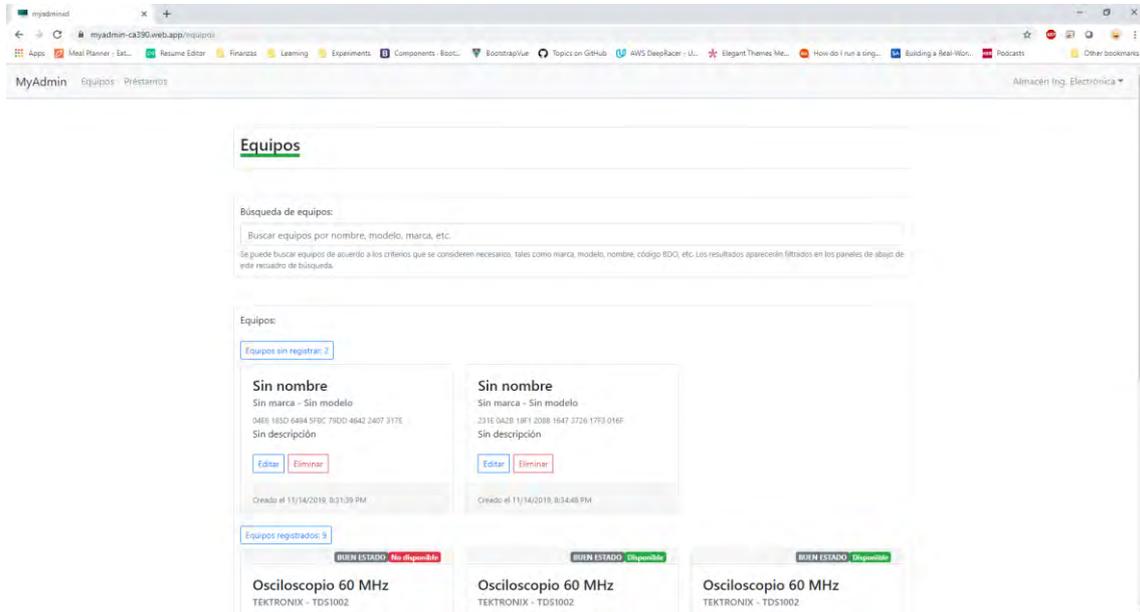


Figura 4-17: Captura de pantalla de la sección de equipos de la aplicación.

Fuente: Elaboración propia

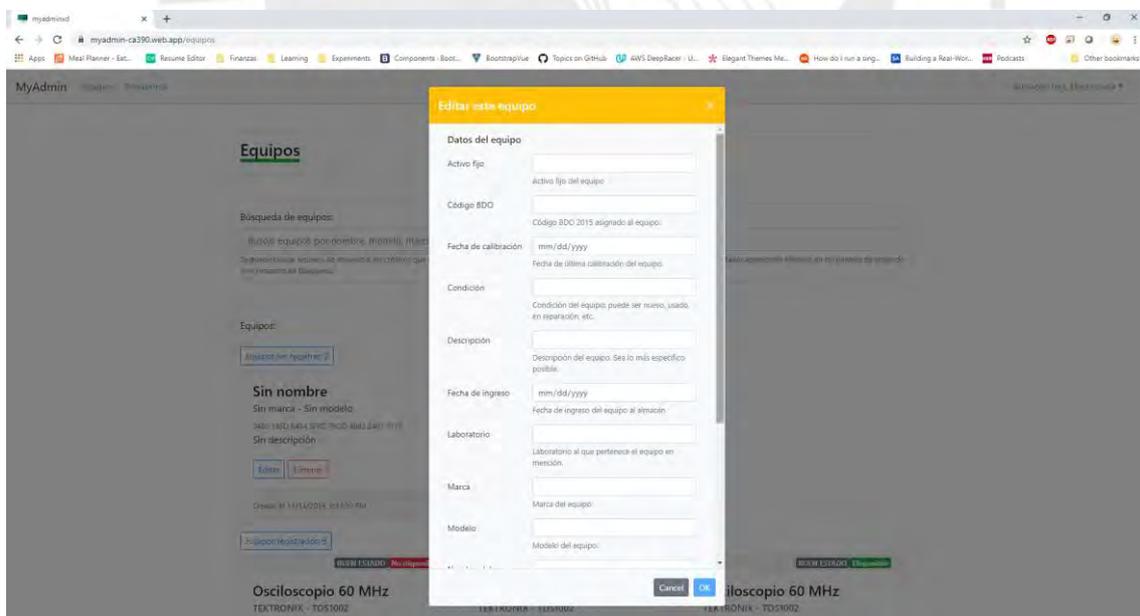


Figura 4-18: Captura de pantalla de la sección de equipos de la aplicación (Registro de equipos).

Fuente: Elaboración propia.

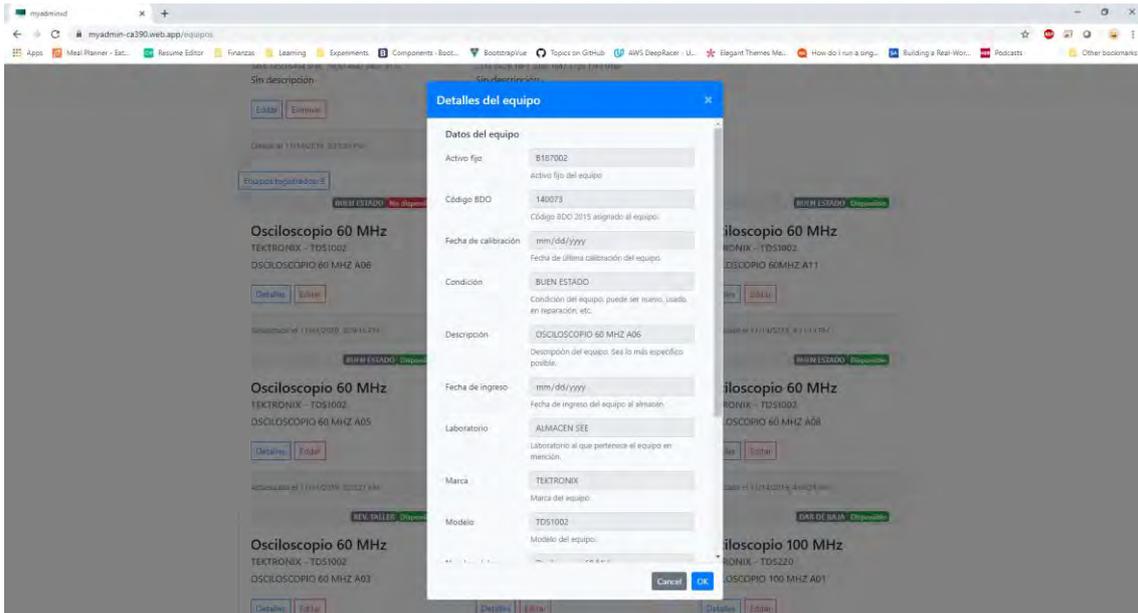


Figura 4-19: Captura de la pantalla de la sección de equipos de la aplicación (Detalles de los equipos).

Fuente: Elaboración propia

También se encuentra presente la sección de préstamos, en la que se muestra el historial de préstamos realizados por el personal del almacén, así como también los préstamos que aún se encuentran en tránsito.

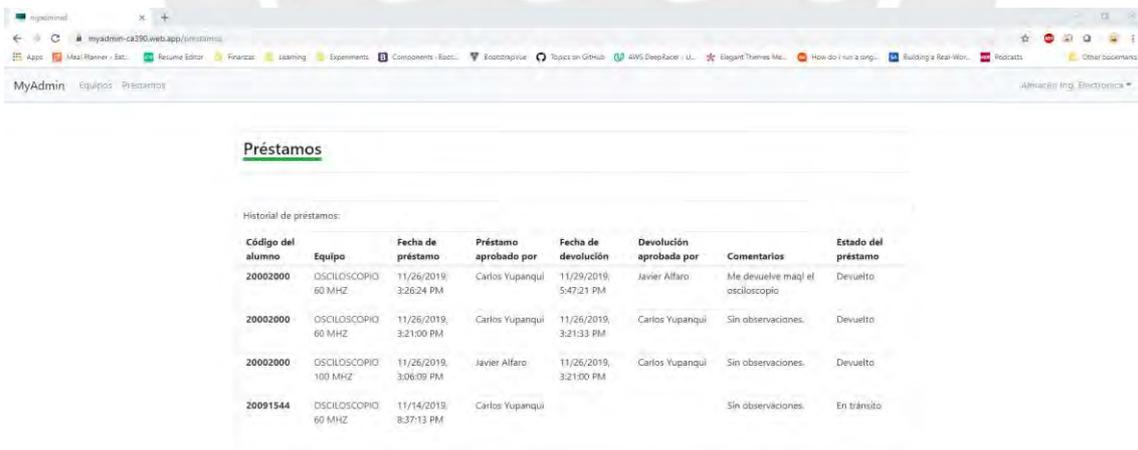


Figura 4-20: Captura de pantalla de la sección de préstamos de la aplicación.

Fuente: Elaboración propia

Finalmente, también podemos observar la pantalla de reportes de la aplicación, en la que se muestran algunos gráficos que pueden darnos un poco más de información respecto a los equipos del almacén, así como también respecto a los préstamos.

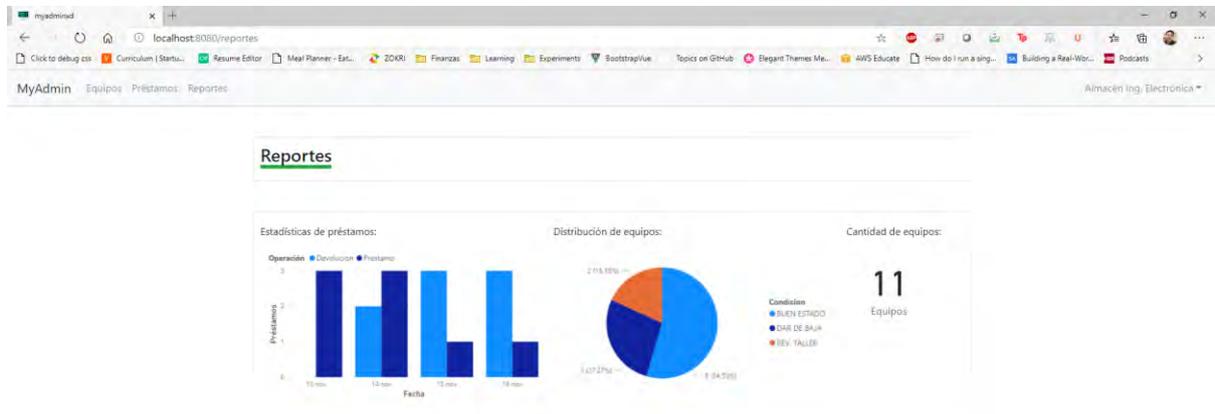


Figura 4-21: Captura de la pantalla de la sección de reportes de la aplicación.

Fuente: Elaboración propia.

#### 4.1.4. Despliegue de la base de datos

Para desplegar la aplicación es necesario que la base de datos se encuentre estructurada de acuerdo con el esquema presentado en la Tabla 3-1. Por lo tanto, se realizó el llenado de algunos datos de acuerdo a lo requerido, para poder tener un producto funcional.

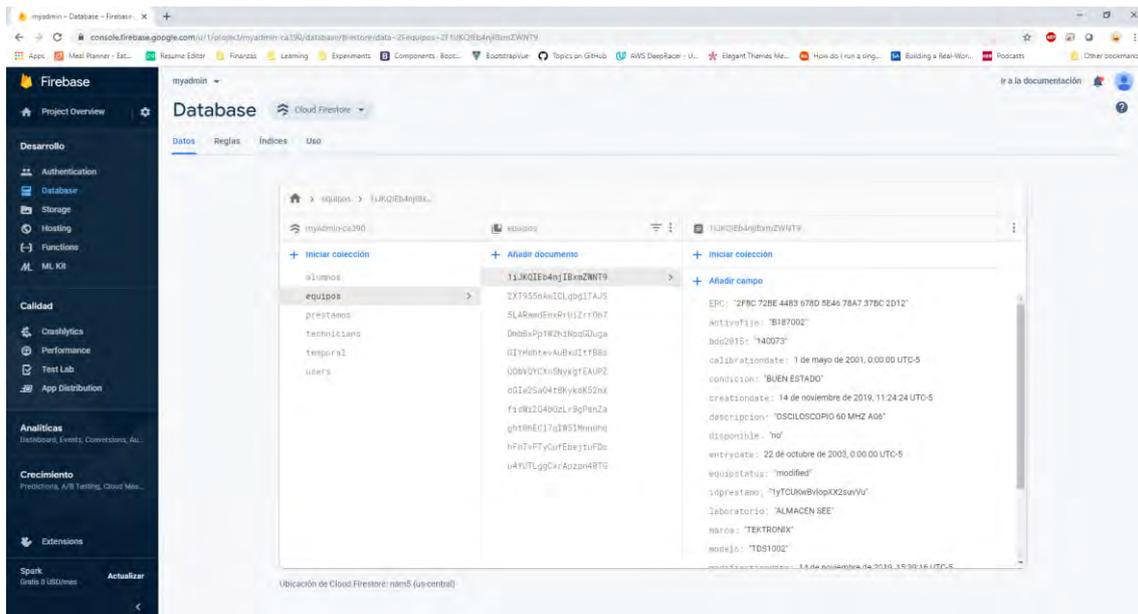


Figura 4-22: Base de datos desplegada en Firebase Firestore.

Fuente: Elaboración propia

## 4.2. Pruebas de funcionamiento

En esta sección se detallan las pruebas de funcionamiento realizadas en conjunto con el personal del almacén. Estas pruebas sirvieron para recolectar información de uso, detectar potenciales problemas para el despliegue final del proyecto y también para detectar y en gran medida corregir posibles errores y bugs en el sistema.

Se detalla el proceso de instalación del entorno de pruebas, para finalizar con los resultados encontrados luego de haber realizado las mismas.

### 4.2.1. Instalación de equipos en el almacén

Se procedió a instalar los equipos en el almacén, de acuerdo a los parámetros óptimos detectados al final de la sección 4.1.1, es decir, a más de un metro de separación con los equipos del almacén, y con un espacio suficiente para tener entre 10 – 40 cm de separación entre la antena receptora y los tags al momento de realizar el préstamo o devolución de equipos en el

almacén. Por lo tanto, la disposición de los equipos de recepción RFID quedaría de la forma especificada en la siguiente figura.



*Figura 4-23: Disposición de equipos en la ventanilla del almacén de Ing. Electrónica.*

*Fuente: Elaboración propia*

Luego de esta instalación, se requiere conectar estos equipos a la red de la PUCP en el segmento de red local para el piso 1 del pabellón V, el cual es 192.168.233.0/24, lo cual se realizó utilizando un switch conectado a uno de los puntos de red que se tienen disponibles.

Con el motivo de no interrumpir las actividades del personal a cargo, para las pruebas, también se realizó la conexión hacia una laptop que nos serviría de host del servidor virtual. Esto debido a ciertos inconvenientes a la hora de conectar la máquina virtual que se tenía disponible en el segmento de red 192.168.35.0/24.

Por lo tanto, el esquema de la conexión es el que se observa en la Figura 4-24. Entonces, en la Figura 4-25 se puede apreciar la conexión realizada. El cable verde está conectado a uno de los puntos de red disponibles en el lugar, mientras que el cable amarillo está conectado a la

PC de uno de los encargados del almacén para no interrumpir sus actividades diarias. Los cables grises están conectados al lector RFID y a la laptop host de la máquina virtual.

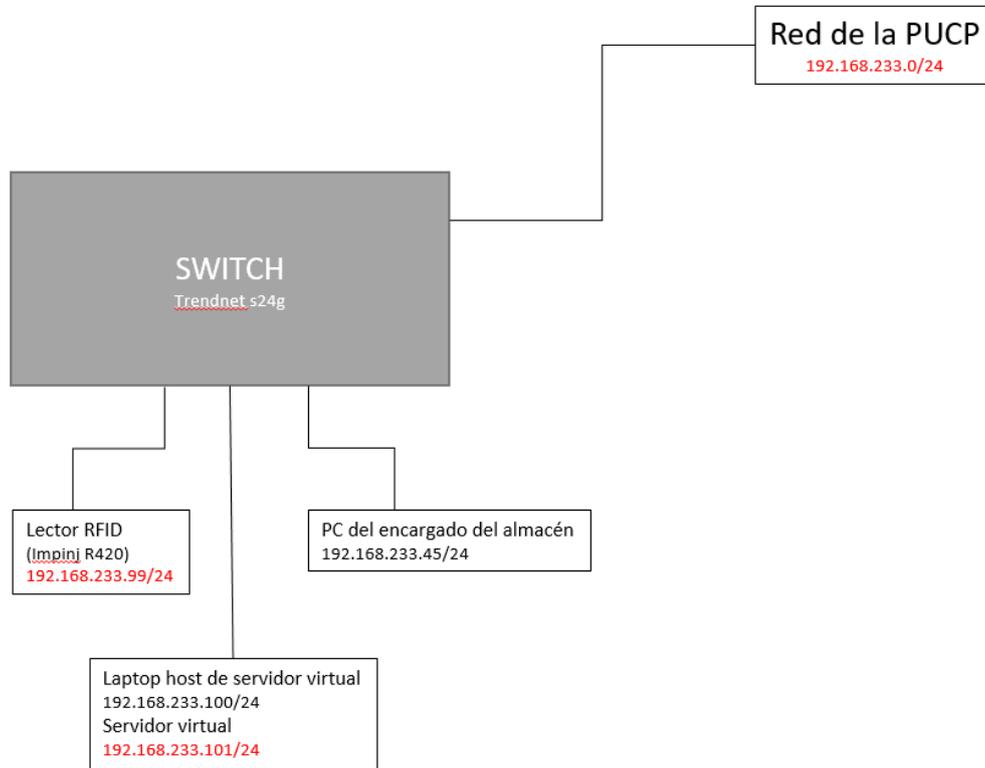


Figura 4-24: Esquema de conexión de equipos utilizado en las pruebas de funcionamiento.

Fuente: Elaboración propia.



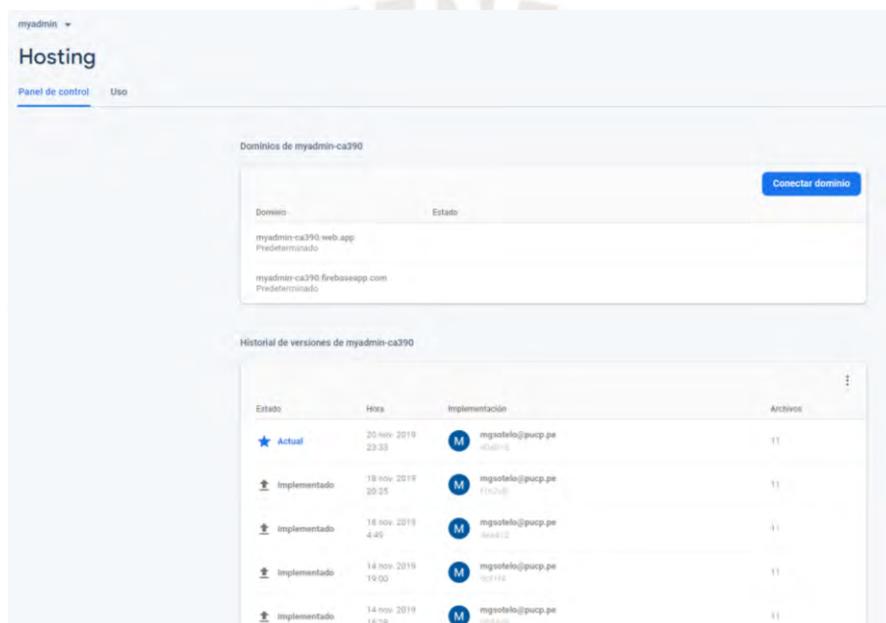
Figura 4-25: Conexión a switch en red local a la red 192.168.233.0/24.

*Fuente: Elaboración propia*

Una vez que se tenía todo conectado, se levantó el servicio rfidapp (Figura 4-9) que es el que monitorea el lector RFID y permite la conexión entre este y la base de datos Firestore de Firebase.

#### 4.2.2. Implementación de la aplicación

Luego de realizadas estas configuraciones, se procedió a desplegar la versión de la aplicación más reciente en Firebase de acuerdo con la documentación [16]



*Figura 4-26: Pantalla de despliegue del proyecto en Firebase.*

*Fuente: Elaboración propia.*

#### 4.2.3. Registro de equipos para propósito de pruebas

En este punto, el sistema se encuentra listo para ser utilizado en las pruebas del personal, sin embargo, aún quedaba registrar los equipos con los que se realizarán las mismas, por lo tanto se realizó este paso.

Primero se procedió a añadir las etiquetas RFID a los equipos y a registrarlos en la aplicación. Con el propósito de realizar pruebas de funcionamiento, se etiquetaron los

osciloscopios y se agregaron sus datos en la aplicación, a través del formulario de la Figura 4-18.

Este etiquetado se realizó teniendo en cuenta las condiciones óptimas mencionadas al final de la sección 4.1.1.



*Figura 4-27: Etiqueta RFID adherida en uno de los lados de uno de los osciloscopios.*

*Fuente: Elaboración propia.*

#### **4.2.4. Realización de pruebas**

Luego de tener instalados los equipos y antes de comenzar las pruebas, se explicó detalladamente el funcionamiento de la aplicación al personal del almacén que se encontraba disponible en aquel momento.

Una vez realizado este paso previo, se procedió a mostrar las funcionalidades que la aplicación posee, así como también a resolver dudas y conocer la opinión del personal acerca del proyecto realizado. También se tomaron en cuenta algunas sugerencias para los trabajos futuros que puedan derivar de este proyecto de tesis.

Finalmente, se realizaron algunos préstamos y devoluciones de equipos utilizando el aplicativo, asimismo se realizó el registro de un equipo de prueba por parte del personal del almacén (Figura 4-28 y Figura 4-29).



*Figura 4-28: Personal del almacén visualizando la sección de equipos de la aplicación.*

*Fuente: Elaboración propia.*



*Figura 4-29: Personal del almacén realizando prueba de préstamo de equipos usando el sistema RFID.*

*Fuente: Elaboración propia.*

#### **4.2.5. Resultados de pruebas**

Las pruebas realizadas fueron exitosas, lográndose realizar como parte de las pruebas una devolución de equipo correctamente (siendo que los pasos requeridos tanto para realizar un préstamo y una devolución son los mismos) usando los tags de los equipos y los tags asociados a los encargados del almacén. (Figura 4-30 y Figura 4-31).

## Préstamos

Historial de préstamos:

| Código del alumno | Equipo               | Fecha de préstamo      | Préstamo aprobado por | Fecha de devolución    | Devolución aprobada por | Comentarios                     | Estado del préstamo |
|-------------------|----------------------|------------------------|-----------------------|------------------------|-------------------------|---------------------------------|---------------------|
| 20002000          | OSCILOSCOPIO 60 MHZ  | 11/26/2019, 3:26:24 PM | Carlos Yupanqui       | 11/29/2019, 5:47:21 PM | Javier Alfaro           | Me devuelve mal el osciloscopio | Devuelto            |
| 20002000          | OSCILOSCOPIO 60 MHZ  | 11/26/2019, 3:21:00 PM | Carlos Yupanqui       | 11/26/2019, 3:21:33 PM | Carlos Yupanqui         | Sin observaciones.              | Devuelto            |
| 20002000          | OSCILOSCOPIO 100 MHZ | 11/26/2019, 3:06:09 PM | Javier Alfaro         | 11/26/2019, 3:21:00 PM | Carlos Yupanqui         | Sin observaciones.              | Devuelto            |
| 20091544          | OSCILOSCOPIO 60 MHZ  | 11/14/2019, 8:37:13 PM | Carlos Yupanqui       |                        |                         | Sin observaciones.              | En tránsito         |

Figura 4-30: Registro de devolución de equipo realizada en las pruebas de funcionamiento vista desde la aplicación.

Fuente: Elaboración propia.

| myadmin-ca390  | prestamos   | To246Co115j2q...   |
|--|---|--|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>Iniciar colección</li> <li>alumnos</li> <li>equipos</li> <li>prestamos</li> <li>tecnicianos</li> <li>temporal</li> <li>users</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>Añadir documento</li> <li>1yTCUk8v1opXX2suVvu</li> <li>2jgVRwPfvIMETmT5utW4</li> <li>JNN9aN65XE1tUTmIzk0J</li> <li>QfyRPhIkH7AskcFnp2iz</li> <li>To246Co115j2qC18mMuD</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>Iniciar colección</li> <li>Añadir campo</li> <li>codigoAlumno: "20002000"</li> <li>codigoItem: "QObvQYCXnSNykgfEAUPZ"</li> <li>devolucionApproverId: "uziMLId4DvmlXjSvSLxI"</li> <li>devolucionApproverName: "Javier Alfaro"</li> <li>fechaDevolucion: 29 de noviembre de 2019, 17:47:21 UTC-5</li> <li>fechaPrestamo: 26 de noviembre de 2019, 15:26:24 UTC-5</li> <li>nombreItem: "Osciloscopio 60 MHz"</li> <li>observaciones: "Me devuelve mal el osciloscopio"</li> <li>prestamoApproverId: "4oCjYWL6jgKSVHajA5y"</li> <li>prestamoApproverName: "Carlos Yupanqui"</li> <li>statusFinal: "Devuelto"</li> </ul> |

Figura 4-31: Registro de devolución de equipo vista desde la base de datos.

Fuente: Elaboración propia.

Asimismo, también se logró registrar un equipo utilizando la aplicación utilizando el formulario que se muestra en la Figura 4-18. La vista en la base de datos de este proceso se muestra en la Figura 4-32.

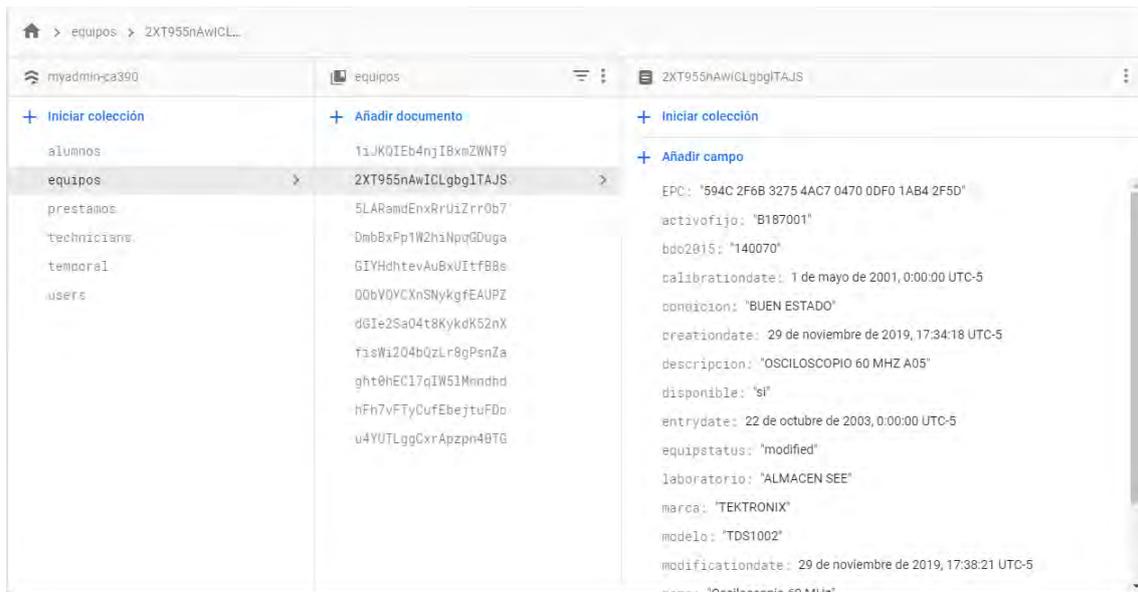


Figura 4-32: Registro de equipo visto desde la base de datos.

Fuente: Elaboración propia.

#### 4.3. Análisis de resultados

Dados los resultados de las pruebas de funcionamiento del sistema en la Sección 4.2.5 y con los equipos registrados en la base de datos de acuerdo con la Figura 4-32 se puede determinar lo siguiente:

- Debido al tamaño de las etiquetas RFID se observa que los equipos del almacén a ser considerados aptos para utilizar el software son aquellos equipos cuyas medidas sean superiores a las dimensiones de la etiqueta RFID, como el mostrado en la Figura 4-27. Se estima que estos equipos aptos para ser utilizados en el sistema representan alrededor del 80% de los equipos del almacén.
- Para propósito de pruebas, se han registrado 11 de los 700 equipos aproximadamente. En su totalidad estos equipos han sido osciloscopios, repartidos entre equipos en buen y mal estado para poder probar la funcionalidad informativa del software.

- Durante las pruebas se notó que los tiempos de respuesta del sistema RFID oscilan alrededor de los 10 segundos desde que el equipo pasa frente a la antena RFID hasta que se muestra en la pantalla, por lo que no es un sistema completamente en tiempo real. Se tiene pensada una opción de optimización de este tiempo, la cual será incluida en la sección de Recomendaciones de este documento.
- Se ha observado que los tags RFID deben tener una línea de vista con las antenas. Esto concuerda con la teoría de diseño de antenas aplicada a los tags RFID.

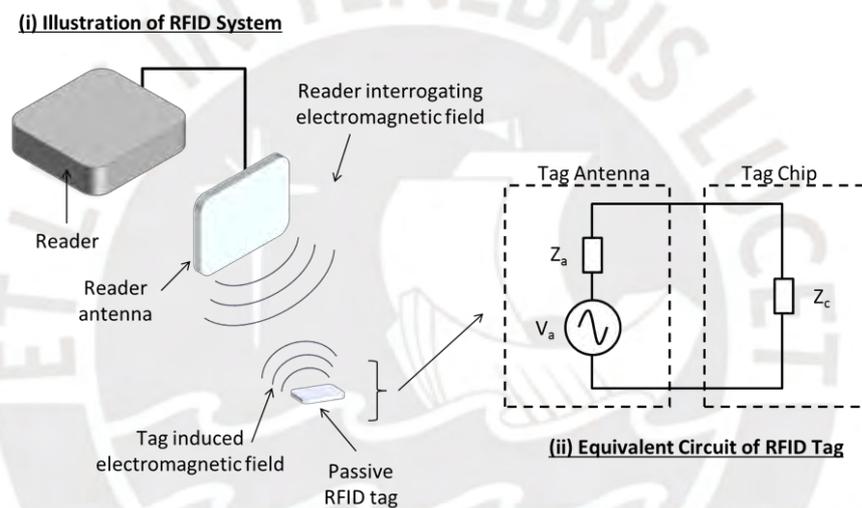


Figura 4-33: Esquema de uso de un tag RFID.

Fuente: [17]

- También durante las pruebas se ha comparado diversos escenarios en tiempos de respuesta del sistema vs el llenado manual de la cartilla (tiempos con el proceso automatizado vs tiempos con el proceso manual)

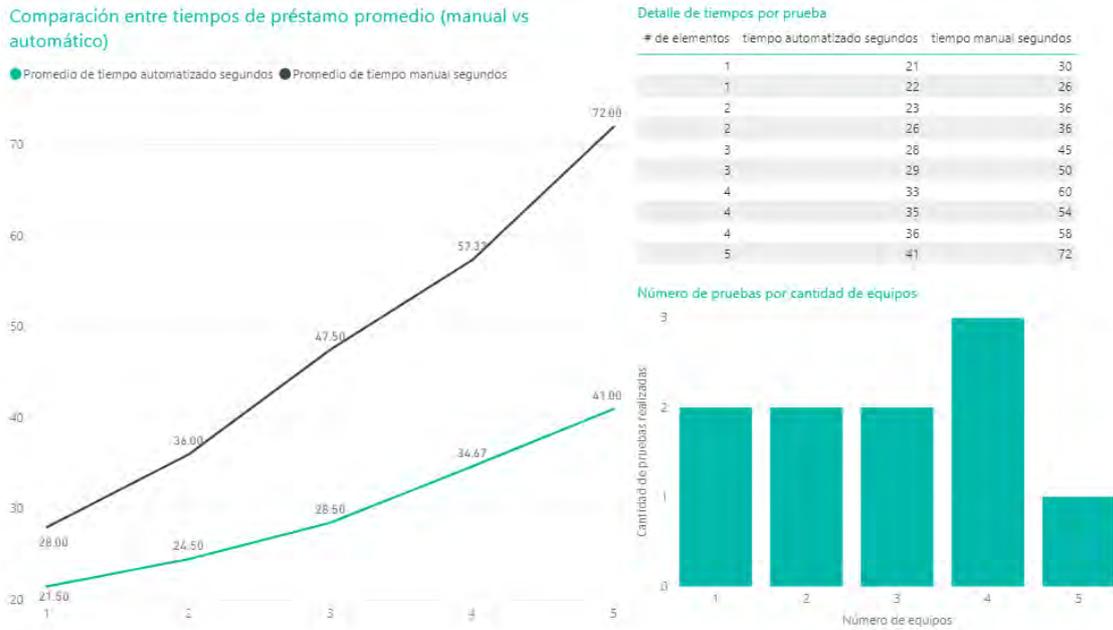
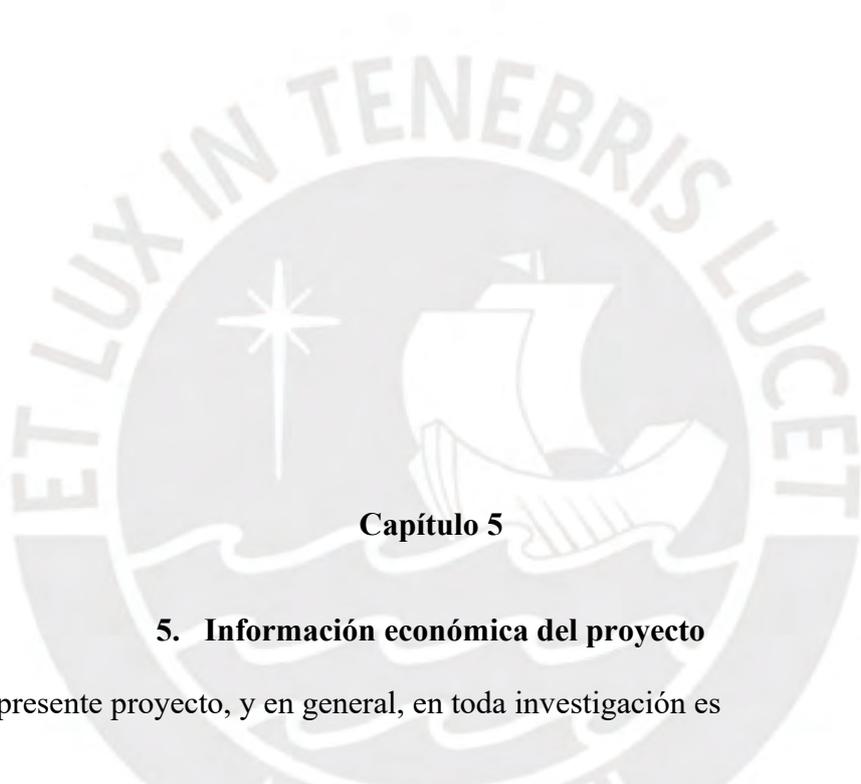


Figura 4-34: Comparación entre estadísticas de tiempos de préstamo promedio (manual vs automatizado).

Fuente: Elaboración propia

- Se estima que cuando la modalidad de trabajo es presencial, el porcentaje de tareas automatizadas (préstamos y devoluciones de equipos) representan aproximadamente el 80 a 90% de transacciones realizadas durante una semana cotidiana en el almacén, siendo el porcentaje restante el referido a los procesos de mantenimiento, baja de equipos, entre otros.



## Capítulo 5

### 5. Información económica del proyecto

En el presente proyecto, y en general, en toda investigación es

*“muy importante considerar los recursos financieros que requiere el proyecto para llegar a buen término. En principio, es importante saber con qué recursos se cuenta, para poder determinar qué es lo que se deberá adquirir, y en función de ello hacer un presupuesto que nos permita, desde el inicio, gestionar las fuentes de financiamiento que asegurarán que el proyecto podrá desarrollarse adecuadamente”*. [18].

#### 5.1. Organización de costos

Para el caso de este proyecto, los costos serán divididos en cuatro categorías principales, las cuales son las siguientes [21]:

- Costos operacionales: se refieren a los costos directos relacionados a la realización del trabajo.
- Costos organizativos: se refieren a los costos asociados a la organización para realizar el proyecto. Estos comúnmente son denominados costos fijos, tales como alquiler de espacios, licencias de software, etc.
- Costos de empleo de personal: se refiere al costo de personal que realizará el trabajo.
- Costos de inversión: se refiere a los costos de compra de materiales o equipos para la realización del proyecto.

## **5.2. Detalle de costos**

Los costos, organizados en las categorías mencionadas en la sección anterior, se encuentran en la Tabla 5-1. Estos costos están detallados de manera que se tenga una vista del costo anual del proyecto.

| Detalle  | Cantidad | Unidad de medida | Frecuencia | Moneda  | Costo ya planificado previamente / ya asumido / recurso ya disponible | Responsable / Propietario | Precio Unitario | Subtotal  |
|--|----------|------------------|------------|---------|---|---------------------------|-----------------|-----------|
| <b>Costos Operacionales</b>  |          |                  |            |         |   |                           |                 |           |
| Consumo eléctrico lector RFID + antena   | 12       | estimación       | Mensual    | soles   | no  | Ing. Electrónica          | 12.00           | 144.00    |
| Gasto operativo de servidor físico de máquina virtual (solamente para la operación de la máquina virtual)      | 12       | estimación       | Mensual    | dólares | no  | Ing. Electrónica          | 10.00           | 120.00    |
| Extensión de puntos de red del cableado en el almacén (incluye cable Ethernet Cat 5E, canaletas, mano de obra) | 1        | estimación       | Única      | soles   | sí  | DTI PUCP                  | 35.00           | 35.00     |
|  |          |                  |            |         |   |                           | Subtotal (S/.)  | 179.00    |
|  |          |                  |            |         |   |                           | Subtotal (\$)   | 120.00    |
| <b>Costos Organizativos</b>  |          |                  |            |         |   |                           |                 |           |
| Licencia de Software   | 1        | licencia         | Anual      | dólares | no  | Ing. Electrónica          | 120.00          | 120.00    |
| Mantenimiento y actualización de Software  | 12       | licencia         | Mensual    | dólares | no  | Ing. Electrónica          | 600.00          | 7,200.00  |
|  |          |                  |            |         |   |                           | Subtotal (S/.)  | 0.00      |
|  |          |                  |            |         |   |                           | Subtotal (\$)   | 7,200.00  |
| <b>Costos de Empleo de personal</b>  |          |                  |            |         |   |                           |                 |           |
| Sueldo de personal del almacén (2 personas)  | 12       | sueldo           | Mensual    | soles   | sí  | Ing. Electrónica          | 3,600.00        | 43,200.00 |
|  |          |                  |            |         |   |                           | Subtotal (S/.)  | 43,200.00 |
|  |          |                  |            |         |   |                           | Subtotal (\$)   | 0.00      |
| <b>Costos de Desarrollo e Implementación</b>   |          |                  |            |         |   |                           |                 |           |
| Desarrollo de Software   | 2        | sueldo           | Mensual    | soles   | no  |                           | 8,500.00        | 17,000.00 |
| Pruebas de implementación  | 4        | jornada          | Diaria     | soles   | no  |                           | 200.00          | 800.00    |
|  |          |                  |            |         |   |                           | Subtotal (S/.)  | 17,800.00 |
|  |          |                  |            |         |   |                           | Subtotal (\$)   | 0.00      |
| <b>Costos de Inversión</b>   |          |                  |            |         |   |                           |                 |           |
| Lector Impinj Speedway Revolution R420 UHF RFID reader (4 port)  | 1        | equipo           | Única      | dólares | sí  | Ing. Telecom.             | 1,585.00        | 1,585.00  |
| Caja IP66 PCE12106-04W para lector RFID  | 1        | equipo           | Única      | dólares | no  | Ing. Electrónica          | 99.99           | 99.99     |
| Brazo STAND-V101GTU  | 1        | equipo           | Única      | dólares | no  | Ing. Electrónica          | 499.00          | 499.00    |
| Antena RFID  | 2        | equipo           | Única      | dólares | sí  | Ing. Telecom.             | 139.00          | 278.00    |
|  |          |                  |            |         |   |                           | Subtotal (S/.)  | 0.00      |
|  |          |                  |            |         |   |                           | Subtotal (\$)   | 2,461.99  |
| <b>Resumen</b>   |          |                  |            |         |   |                           |                 |           |
|  |          |                  |            |         |   |                           | Total (S/.)     | 61,179.00 |
|  |          |                  |            |         |   |                           | Total (\$)      | 9,901.99  |

Tabla 5-1: Detalle de costos anuales del proyecto.

Fuente: Elaboración propia

En esta tabla, algunos costos han sido estimados. Los criterios de estimación de precios se encuentran en la Tabla 5-2. [20], [21] y [22]

| Detalle  | Tipo de precio | Criterio   |
|--|----------------|--|
| Consumo eléctrico lector RFID + antena   | APROXIMADO     | Aproximación de precio respecto al gasto de la PUCP en servicios de energía eléctrica  |
| Gasto operativo de servidor físico de máquina virtual (solamente para la operación de la máquina virtual)      | APROXIMADO     | Comparación con máquinas EC2 en AWS (cargo mensual aproximado)   |
| Extensión de puntos de red del cableado en el almacén (incluye cable Ethernet Cat 5E, canaletas, mano de obra) | APROXIMADO     | Consulta de materiales hecha en PROMART y SODIMAC. Mano de obra se encuentra incluida en el salario del personal PUCP, pero se hizo una cotización estimada. |
| Licencia de Software   | APROXIMADO     | Personal   |
| Mantenimiento y actualización de Software  | APROXIMADO     | Personal   |
| Sueldo de personal del almacén (2 personas)  | APROXIMADO     | Promedio en el mercado   |
| Desarrollo de software   | APROXIMADO     | Promedio en el mercado   |
| Pruebas de Implementación  | APROXIMADO     | Promedio en el mercado   |
| Lector Impinj Speedway Revolution R420 UHF RFID reader (4 port)  | FIJO           | Precio en atlasrfidstore.com/rfid-readers/   |
| Antena RFID  | FIJO           | Precio en atlasrfidstore.com/rfid-antennas/  |

Tabla 5-2: Criterios de aproximación de precios para el proyecto.

Fuente: Elaboración propia.

## Conclusiones

Las conclusiones a las que se ha llegado se presentan a continuación:

- Los criterios de éxito en un proyecto de automatización, al ser adaptados al presente proyecto basándonos en una de las fuentes consultadas [23] se estima como:
  - El proyecto reduce tiempo de espera a los estudiantes/profesores al momento de solicitar un préstamo de equipos. (Figura 4-34)
  - El proyecto es capaz de trabajar con al menos el 80% de los equipos del Laboratorio. (Sección 4.3)
  - El proyecto automatiza al menos el 75% de operaciones de préstamo/devolución de equipos del almacén. (Sección 4.3)

En este caso, el proyecto está diseñado para superar estos 3 criterios luego de ser implementado y comenzar a funcionar al servicio de sus usuarios.

- Tras las pruebas se determinó que debe existir una línea de vista entre la antena y el tag RFID para que este pueda ser detectado, por lo que se debe tomar en cuenta este detalle al momento de utilizar esta implementación.

## Recomendaciones

Para este sistema, o para alguna implementación futura basada en este sistema, es necesario tener en cuenta las siguientes recomendaciones:

- Teniendo en cuenta que toda aplicación puede mejorarse y actualizarse durante su período de vida útil, durante las pruebas se sugirieron funcionalidades interesantes que no estaban contempladas en el desarrollo inicial. Estas son las siguientes:
  - Exportar la base de datos de registro de alumnos directamente desde los registros de la universidad, con énfasis en los alumnos cuyas carreras hacen que sea más probable que soliciten equipos al almacén, tales como Ing. Electrónica, Ing. Mecatrónica, Ing. Telecomunicaciones.
  - Separar a los alumnos de acuerdo al curso y al laboratorio que llevan, ya que a veces algunos laboratorios o cursos compran sus propios instrumentos y/o materiales que son administrados en el almacén. Actualizar esta data periódicamente.
- Para que el sistema funcione completamente es necesario que se realicen algunas gestiones logísticas que escapan del alcance de esta tesis, las cuales son:
  - Solicitar a la PUCP (DTI) la instalación de más puntos de red para el almacén.
  - Solicitar a la PUCP (DTI) la realización del cableado respectivo para conectar el lector RFID al punto de red que sea instalado.
  - Solicitar (a la sección de Ing. Electrónica o a la DTI) el almacenamiento permanente de una máquina virtual (o en el mejor de los casos, un servidor real) dentro de la red del primer piso del pabellón V (192.168.233.0/24).

- Realizar el traspaso de los equipos RFID cuyo propietario / responsable es la sección de Telecomunicaciones hacia la sección de Electrónica.
- También es posible mejorar los tiempos de reacción de la aplicación de dos formas: utilizar el servidor virtual como almacenamiento de caché, lo que reduciría el número de consultas a la base de datos por lo tanto incrementaría la efectividad de la aplicación; y también al poner el lector RFID en modo de trabajo LOW\_DUTY\_CYCLE lo cual permitiría ahorrar potencia al equipo, costos de fluido eléctrico y también aligeraría la carga de la aplicación java dentro del servidor virtual, haciendo que esta funcione más rápidamente y de forma más eficiente, obteniendo con ello un aumento en la velocidad de respuesta de la aplicación.
- Se recomienda motivar a los alumnos a que utilicen los equipos del almacén para su aprendizaje, ya que es muy importante que tengan la capacidad de enfrentar problemas reales y estos equipos están pensados para ello.
- Se recomienda que en base a la data que pueda recopilarse con el uso continuo de la aplicación se pueda detectar los equipos con alta demanda que ya sean obsoletos; y adquirir equipos nuevos que apoyen al alumno en su aprendizaje.

## Trabajos a futuro

A partir de esta tesis se proponen los siguientes trabajos a futuro:

- Desarrollo de aplicación móvil o integración con alguna de las aplicaciones ya existentes de la universidad que permita a los interesados en solicitar algún equipo del almacén poder conocer la disponibilidad de algún equipo determinado. Además, la aplicación debería tener la capacidad de reservar un equipo o incluso de sugerir equipos similares en caso el equipo deseado no se encuentre disponible.
- Extensión del proyecto de tesis hacia otros almacenes de la universidad u otras universidades, con los requerimientos particulares que pueda presentar cada uno de ellos.
- Mantenimiento y actualización del software y de la base de datos, corrección de posibles errores e integración de nuevas funcionalidades.

## Bibliografía

- [1] ISOTools, «¿Por qué automatizar los procesos en tu organización?,» 28 Marzo 2018. [En línea]. Available: <https://www.isotools.org/2018/03/28/por-que-automatizar-los-procesos-en-tu-organizacion/>.
- [2] NÜO, «¿Qué es RFID?,» [En línea]. Available: <https://nuoplanet.com/blog/que-es-rfid/>. [Último acceso: Julio 2019].
- [3] R. Herschel y P. Rafferty, «Understanding RFID Technology within a Business,» *Intelligent Information Management (IIM)*, vol. 4, pp. 407-414, 2012.
- [4] ClearStreamRFID, «Download a Free Trial of ClearStream RFID,» 2018. [En línea]. Available: <https://www.clearstreamrfid.com/download/>.
- [5] ClearStream RFID, «ClearStream Software for RFID and Bluetooth Beacons,» 2019. [En línea]. Available: <https://www.clearstreamrfid.com/software/>.
- [6] C. Swedberg, «Portable Technology Solutions Releases ClearStream Software,» Abril 2012. [En línea]. Available: <https://www.rfidjournal.com/articles/view?9414>.
- [7] Tracerplus, «Pricing,» 2019. [En línea]. Available: <https://www.tracerplus.com/shop/pricing>.
- [8] Vue JS, «Introduction,» 2017. [En línea]. Available: <https://vuejs.org/v2/guide/>.
- [9] BBVA API\_Market, «Firebase: cómo Google quiere mejorar las aplicaciones a través de los datos,» Noviembre 2018. [En línea]. Available: <https://bbvaopen4u.com/es/actualidad/firebase-como-google-quiere-mejorar-las-aplicaciones-traves-de-los-datos>.
- [10] Firebase, «Firebase,» 2019. [En línea]. Available: <https://firebase.google.com/>.
- [11] Signaturit, «¿Qué es Business Intelligence (BI) y qué herramientas existen?,» Octubre 2017. [En línea]. Available: <https://blog.signaturit.com/es/que-es-business-intelligence-bi-y-que-herramientas-existen>.
- [12] Firebase, «Planes de precios,» 2019. [En línea]. Available: <https://firebase.google.com/pricing/>.

- [13] F. Zúñiga, «¿Para qué sirve un wireframe?,» Octubre 2015. [En línea]. Available: <https://blog.ida.cl/disenio/para-que-sirve-un-wireframe/>.
- [14] Arcadian Incorporated, «ArcAntenna.com,» 2020. [En línea]. Available: <https://www.arcantenna.com/products/pce1210604w-pce12106r420002-rfid-reader-enclosure-12x10x6-inch-ip66-nema-for-impinj-zebra-alien-thingmagic>. [Último acceso: Diciembre 2020].
- [15] VIVO, «VIVO Desk solutions, screen mounting and more,» 2020. [En línea]. Available: <https://vivo-us.com/products/stand-v101gtu>. [Último acceso: Diciembre 2020].
- [16] L. Rendek, «Install GUI on Ubuntu Server 18.04 Bionic Beaver,» 16 Julio 2018. [En línea]. Available: <https://linuxconfig.org/install-gui-on-ubuntu-server-18-04-bionic-beaver>.
- [17] DZone, «Run Your Java App as a Service on Ubuntu,» 20 Octubre 2017. [En línea]. Available: <https://dzone.com/articles/run-your-java-application-as-a-service-on-ubuntu>.
- [18] Firebase, «Agrega Firebase a tu proyecto de JavaScript,» 2019. [En línea]. Available: <https://firebase.google.com/docs/web/setup>.
- [19] M. Yeoman, «RFID Tag Read Range and Antenna Optimization,» Comsol, Octubre 2014. [En línea]. Available: <https://www.comsol.com/blogs/rfid-tag-read-range-antenna-optimization/>. [Último acceso: 2020].
- [20] Universidad de Colima, «El presupuesto en un proyecto de investigación,» 2019. [En línea]. Available: [https://recursos.ucol.mx/tesis/presupuesto\\_proyecto\\_investigacion.php](https://recursos.ucol.mx/tesis/presupuesto_proyecto_investigacion.php).
- [21] J. Shapiro, «Budgeting,» 2004. [En línea]. Available: [https://www.ndi.org/sites/default/files/budgeting\\_EN.pdf](https://www.ndi.org/sites/default/files/budgeting_EN.pdf). [Último acceso: 2020].
- [22] PUCP, «Datos administrativos,» Enero 2019. [En línea]. Available: <https://www.pucp.edu.pe/la-universidad/nuestra-universidad/pucp-cifras/datos-administrativos/?seccion=4datos-economicos&indicador=1>.
- [23] atlasRFIDstore, «RFID ANTENNAS,» Diciembre 2019. [En línea]. Available: <https://www.atlasrfidstore.com/rfid-antennas/>.

[24] atlasRFIDstore, «RFID READERS,» Diciembre 2019. [En línea]. Available: <https://www.atlasrfidstore.com/rfid-readers/>.

[25] M. Yurovsky, "Analytics for Your RPA Deployment: A KPI Playbook," UiPath, Septiembre 2019. [Online]. Available: <https://www.uipath.com/blog/analytics-for-rpa-deployment>. [Accessed 2020].



## Anexos

### i. Código de la aplicación

El código de la aplicación puede ser encontrado en un repositorio privado en github, sin embargo este por el momento se encuentra con acceso restringido ya que posee credenciales de Firebase ingresadas en uno de los archivos de configuración.

Acceso disponible a solicitud.

<https://github.com/mgsotelo/myadminxd>

El acceso a la versión pública de la aplicación se puede encontrar en el siguiente enlace:

<https://myadmin-ca390.web.app/login>

Las credenciales de acceso también se encuentran disponibles a solicitud.

Esta web es personalizable, y en caso de proceder a la implementación y despliegue del proyecto se puede utilizar el propio dominio de la universidad.

**ii. Código del servicio en java instalado en el servidor local**

El código del servicio puede ser encontrado en el siguiente repositorio en github.

<https://github.com/mgsotelo/AgentRFID>



### iii. Plan de llenado de base de datos

Se ha diseñado el siguiente plan de llenado de base de datos para adaptar gradualmente al alumnado y al personal del laboratorio para poder utilizar el sistema de automatización de Préstamos y Devoluciones de equipos.

En la Figura 4-17 se aprecia la pantalla de Registro de Equipos en la que se basa el procedimiento que debe seguir el plan adjunto.

#### Plan de llenado de Base de Datos de Equipos

##### 1. Resumen Ejecutivo

Este plan detalla la programación de registro de equipos en la base de datos, de modo que el proceso sea realizado de la manera más eficiente posible y que el sistema sea adoptado de manera gradual.

##### 2. Servicios Afectados

Plataforma:

**MyAdmin – Software de Gestión del Almacén de Equipos de la Sección de Ing. Electrónica de la PUCP**

##### 3. Plan de Registro de Equipos

Continuar con los siguientes pasos de este procedimiento.

| Duración | Equipos  | Responsable         |
|----------|--|---------------------|
| 1 Semana | Registro de Equipos Grandes (Osciloscopios, Módulos, etc.) | Personal de Almacén |

|          |  |                     |
|----------|--|---------------------|
| 1 Semana | Adaptación del Personal de Almacén, de los Estudiantes y de los Profesores al uso del Software y a su flujo de trabajo con Estudiantes, Profesores, etc. | Personal de Almacén |
| 1 Semana | Registro de Equipos Medianos (Algunos Osciloscopios, Multímetros, etc.)  | Personal de Almacén |
| 1 Semana | Adaptación del Personal de Almacén, de los Estudiantes y de los Profesores.  | Personal de Almacén |
| 1 Semana | Registro de Equipos Pequeños, pero lo suficientemente grandes como para tener la Etiqueta RFID   | Personal de Almacén |

#### 4. Diagrama de Red:

No aplica.

#### 5. Condiciones de Éxito

Condiciones de éxito:

- Se logra registrar en la base de datos de Equipos al 80% o más de los Equipos del Almacén.
- Se logra reducir el tiempo de espera de los estudiantes o de profesores.
- Se logra utilizar el sistema en más del 75% de transacciones en el Almacén.

Especialistas involucrados:

| Rol                 | Nombre          | Contacto |
|---------------------|-----------------|----------|
| Tesista             | Mario Sotelo    |          |
| Personal de Almacén | Carlos Yupanqui |          |

Nivel de criticidad:

**Bajo**

#### 6. Flujo de Servicios

No aplica.

## **7. Herramientas Utilizadas**

Plataforma:

**MyAdmin – Software de Gestión del Almacén de Equipos de la Sección de Ing. Electrónica de la PUCP**

## **8. Tipo de trabajo:**

**Presencial**

