
This is the **published version** of the bachelor thesis:

Caravaca Rodriguez, Marc; Navarro-Arribas, Guillermo, dir. SIMOVA : Sistema mòbil de validació. 2021. (958 Enginyeria Informàtica)

This version is available at <https://ddd.uab.cat/record/257801>

under the terms of the  license

SIMOVA: Sistema Mòbil de Validació

Marc Caravaca Rodriguez

Resum– El transport públic es un dels eixos més importants de la societat, i la seva digitalització a l'Àrea Metropolitana de Barcelona es més lenta del que s'havia previst. Desde 2014 Sóc Mobilitat està desenvolupant un sistema de validació sense contacte centralitzat que hauria d'estar en proves al 2015 i funcionant en 2016. Després de 8 anys d'enrederiment, a finals de 2021 ha començat una prova pilot on poc a poc van incorporant funcionalitats. Aquest Treball de Fi de Grau proposa la creació de SIMOVA, un sistema mòbil de validació per realitzar les validacions, compres, consultes i recàrregues de viatges, mitjançant una pàgina web, i utilitzar una tarjeta sense contacte para viatjar, facilitant la vida als ciutadans.

Paraules clau– Comunicació de Camp Proper (NFC), PHP, MySQL, Python, Raspberry Pi, Transport Públic, Bootstrap, Sense contacte, T-Mobilitat

Abstract– Public transport is one of the most important axes of society and its digitalization in the Metropolitan Area of Barcelona is slower than expected. Since 2014 the Sóc Mobilitat UTE has been developing a centralized contactless validation system that, in 2015 was meant to start the testing process, for it to be operational in 2016. After a long delay, in 2021, started the testing the functionalities gradually in phases. This TFG proposes to develop a system (Client-Server) to perform validations, purchases, queries and recharges to public transport through a website, and use a contactless card to travel, making life easier for citizens and digitalization something everyday.

Keywords– Near-Field Communication (NFC), PHP, MySQL, Python, Raspberry Pi, Public Transport, Bootstrap, ContactLess, T-Mobilitat



1 INTRODUCCIÓ - CONTEXT DEL TREBALL

VIVIM en una època molt complexa, els conceptes de "Pandèmia" i "Emergència Climàtica" han deixat de ser abstractes per concretar-se en el nostre dia a dia. Podem dir que al 2022, la digitalització és una realitat: podem comprar en línia, relacionar-nos amb el nostre nucli d'amistats des de el mòbil o fer una llarga llista de tràmits amb l'administració des de el nostre ordinador personal. Però hi ha un aspecte que s'ha mantingut inalterat, el transport públic i el seu sistema de validació.

És sense cap manera de dubte un dels eixos més importants de la societat, així i tot, a l'Àrea Metropolitana de Barcelona (AMB) encara s'utilitzen títols de cartó i banda magnètica. Això és un problema per als usuaris, perquè el títol se'ls pot perdre, trencar o ser robat, i no poden fer altra cosa que esperar que aparegui o comprar-ne un nou. Per exemple la T-Jove permet durant 90 dies fer-ne un ús continuat i il·limitat, això comporta que es desgastin significativament. També ho és per als operadors de transport públic,

que pateixen frau per culpa de la falsificació d'aquest títols i en cas que estigui malmesos han de substituir-los per un de nou amb els viatges o dies restants.

Per tant ens vam preguntar si és possible desenvolupar un sistema que permeti la digitalització de la compra i validació al Transport Públic i si aquest sistema, podria facilitar la vida a treballadors i usuaris. També ens vam preguntar si es necessari tot el temps que s'està utilitzant per desplegar un sistema similar a l'Àrea Metropolitana de Barcelona. Aquestes premisses van impulsar aquest Treball de Fi de Grau (TFG), la creació d'un prototipus de sistema que permeti consultar i comprar des d'una pàgina web, i validar sense la necessitat d'una targeta de cartó i banda magnètica.

A continuació es descriurà la situació actual i les diferents solucions que s'apliquen tant a Catalunya, com a Espanya, com a altres països. Tot seguit s'explicaran els objectius als quals es pretenen arribar i la metodologia aplicada. Després, es detallarà el desenvolupament del sistema i a la solució que s'ha acabat arribant i si s'han complert els propòsits plantejats. També s'ha fet una petita identitat corporativa on es detallen colors, tipografia i disseny de targeta.

Per finalitzar es poden trobar les conclusions del projecte on s'exposen unes línies de millora.

- E-mail de contacte: marc.caravaca@autonoma.cat
- Menció realitzada: Tecnologies de la Informació
- Treball tutoritzat per: Guillermo Navarro Arribas (DEIC)
- Curs 2021/2022

2 ESTAT DE L'ART

El Sistema Tarifari Integrat (STI) és un acord que es va implementar al gener de 2001 entre els 48 operadors que formen part de l'Autoritat de Transport Metropolità (ATM) i la Generalitat de Catalunya, l'Ajuntament de Barcelona, l'AMB i l'Associació de Municipis per la Mobilitat i el Transport Urbà (AMTU), que implica la creació d'una gran xarxa i un bitllet comú. Amb aquest bitllet comú, els usuaris i usuàries poden desplaçar-se entre els diferents modes de transport i les corones tarifàries evitant una penalització econòmica. [1]

Aquest bitllet conté una banda magnètica que codifica i emmagatzema la informació d'on s'ha validat (Línia /Estació/Transport), quan s'ha validat (Mes, dia, hora i minut), si és un títol unipersonal o multipersonal, quan caduca i quants viatges queden.

Uns exemples poden ser el títol T-Familiar, que permet fer 8 viatges en 30 dies consecutius, la T-70/30 que permet fer 70 viatges en 30 dies o un bitllet T-Casual que permet fer 10 viatges).

Es poden comprar els bitllets tant als autobusos, com a les estacions dels transports Ferroviaris o a establiments adherits. Per realitzar la validació s'ha d'introduir en una cancel·ladora magnètica, que gravarà la banda magnètica amb la informació més recent, per exemple si és una targeta de viatges limitats, descompta un.

Altres Autoritats de Transport com la de Girona [2], Lleida [3] o Camp de Tarragona [4] tenen un STI similar basat en una targeta única, però en comptes de disposar d'un suport magnètic utilitzen un suport sense contacte (NFC), que pot ser personalitzat o anònim. El funcionament és més centralitzat que en el cas que l'ATM de Barcelona, permetent anul·lar targetes en cas de robatori i pèrdua, però les recàrregues s'han de realitzar als establiments adherits o directament als autobusos i estacions de tren. Un altre model similar als de les diferents ATM, es que es pot tobar al Consorcio de Transportes de la Comunidad de Madrid [5], que es basa en el mateix concepte.

Internacionalment podem trobar diferents models com la Oyster [6] a Londres, la Navigo [7] a París o les ID Cards com la SUICA o la PASMO [8] al Japó. La Oyster va associada a una targeta o compte bancari que permetrà que se't carregui sempre l'import més econòmic. La Navigo permet una gamma diferent de títols i tenir un compte bancari associat on es cobraran els imports. La SUICA i la PASMO, són targetes moneder que es recarreguen i permeten anar pagant l'import dels viatges. També hi ha establiments que permeten el pagament amb aquestes.

Tornant a Barcelona, si no hi ha cap altre imprevist, en acabar el 2022 hauria d'estar implementat de manera definitiva a tota l'ATM de Barcelona la T-Mobilitat [9]. Això implica la substitució del sistema de banda magnètica per un de targeta sense contacte anomenat suport. Altra banda, es preveu la implantació d'un nou sistema tarifari basat en kilometratge, tot i que encara no hi ha data ni

informació al respecte. L'usuari ha de tenir un perfil al sistema, al qual es vincula un suport NFC. Tot això permet la compra de títols mitjançant la pàgina web, l'aplicació de mòbil i les Distribuïdores d'Autovenda. Això implica la actualització de totes les màquines.

Però aquest sistema no està exempt de polèmica [10]. La T-mobilitat va ser el projecte presentat per la Unió Temporal d'Empreses (UTE) Soc Mobilitat (Caixabank, Indra, Fujitsu i Marfina (Grup Moventia)), que va guanyar la licitació al 2012 per la implementació d'un sistema sense contacte a la xarxa de transport al 2014. L'adjudicatària invertia 58M€ sense IVA i a canvi, durant 15 anys des de la signatura s'emportava una comissió per cada validació. Al 2017 es va fer una modificació del contracte per tal que fos l'ATM de Barcelona qui tingués l'exclusiva de l'ús comercial de la base de dades de les usuàries i no l'adjudicatària, també es van introduir alguns controls públics pel que fa als centres de gestió. Això va causar que s'hagués de pagar 12M€ a l'adjudicatària per les modificacions i 12M€ per endarreriments imputables a l'administració. En aquell moment, el sistema encara no s'havia implementat. Al 2021, el projecte es considera obsolet abans de començar a funcionar, i posar-ho tot al dia implica una inversió de 12M€ més, que suposa que el projecte de 58M€ amb IVA, al 2014 passes al 2019 a més de 95M€.[11]

Al 2020 tot es va paraitzar a causa de la pandèmia i al 2021 se'n van reprendre els treballs. Es van realitzar 4 fases de prova limitades a la Zona 1: una coincidint amb el Mobile World Congress de Barcelona (per comprovar la validació), un altre per la validació amb l'aplicació mòbil, una tercera on van provar les funcionalitats de consulta i recàrrega a les Distribuïdores Automàtiques (on els títols tenien preus reduïts), i una quarta que posava en funcionament la pàgina web (causant una bretxa de seguretat). Aquesta fase va suposar una fuga de dades de tots els usuaris registrats ja que l'usuari d'administrador es deia "test" i tenia per contrasenya "test". Encara no hi ha informació sobre quins son el següents passos a implementar.

3 OBJECTIUS

L'Objectiu final del projecte és la creació d'un sistema Client-Servidor *Open-Source* i d'Ús Lliure que permeti la compra, consulta, gestió i recàrrega dels títols de transport públic mitjançant una pàgina web. El sistema també ha de permetre la validació del viatge al transport públic mitjançant una targeta sense contacte, facilitant i millorant la qualitat de vida tant de treballadors com de passatgers.

Els objectius es dividiran en 3 categories de prioritats:

- 3.1 Alta
- 3.2 Mitjana
- 3.3 Baixa

3.1 Alta

Els objectius de prioritat alta són aquells que s'han de desenvolupar perquè funcioni el nucli del projecte.

Al ser una aplicació ubicada al núvol es necessita una base de dades que emmagatzemi tota la informació relacionada tant amb els usuaris, com els suports i el seu històric de viatge. També ha de contenir la informació dels títols que es poden comprar i la informació de la xarxa de transport públic.

Per realitzar la càrrega dels títols i la seva validació a les màquines s'ha de desenvolupar un programa de lectura-escriptura. Per llegir i gravar els suports de PVC s'utilitzaran antenes actives connectades a un microPC.

A més es necessita un sistema de validació que estigui constantment escoltant fins que s'apropi un suport i consulti si és possible una validació o no. En cas afirmatiu, que realitzi la validació i ho actualitzi a la base de dades.

Per últim serà necessari un aplicatiu web que permeti la compra i recàrrega de títols de manera remota, sense necessitat d'utilitzar una Distribuïdora de Venda Automàtica.

3.2 Mitjana

Els objectius de prioritat mitjana són aquells que s'han de desenvolupar per complementar la funcionalitat nucli del projecte.

Per poder parlar d'un sistema al núvol i que permeti més transparència a l'usuari, s'ha de desenvolupar una web que permeti la consulta de tota la informació relativa a l'usuari: el seu suport, viatges realitzats, caducitat del seu títol o si ha sigut bloquejat (per pèrdua o robatori). També ha de permetre l'accés a l'aplicatiu de venda i recàrrega desenvolupat anteriorment.

De manera paral·lela, es va duent a terme la documentació del codi per facilitar el seu enteniment i manteniment futur.

3.3 Baixa

Els objectius de prioritat baixa són aquells que estan plantejats com a addicionals i millores al sistema, però que en cas de no desenvolupar-se, la funcionalitat del nucli del projecte no es veuria afectada.

Un d'aquests objectius és la realització d'una aplicació mòbil de validació que permeti substituir al suport de PVC de l'usuari, i que en cas de fallada generalitzada, permeti als treballadors del transport públic realitzar les validacions a mà.

Una millora prevista per al programa de lectura-escriptura és utilitzar la memòria que té la targeta. De manera inicial, està previst fer servir de manera exclusiva l'identificador de targeta (UID) per portar a cap la identificació. Per tant, afegir dades a la memòria de la targeta

dotaria al sistema de major fiabilitat.

Per últim, està prevista una millora visual, tant del software, com del Hardware, millorant l'experiència d'usuari a la pàgina web, i emprant impressió 3D per millorar el prototipus de màquina validadora.

4 TECNOLOGIES UTILITZADES

Es va decidir utilitzar HTML (HyperText Markup Language) i CSS (Cascading Style Sheets) per al Front-End i PHP i MySQL per al Back-End. Respecte al dispositiu, es va optar per fer ús Python 3.10.

4.1 HTML

El HTML és el component més bàsic de la web ja que defineix l'estructura i del contingut de la pàgina web i el seu significat [12]. Utilitza diferents "tags" per etiquetar cada part de la web, en funció si és una imatge, text o elements.

4.2 CSS

El CSS és el llenguatge d'estil utilitzat per descriure la presentació de documents HTML [13]. Desenvolupar des de zero tot l'estil de la pàgina pot ser molta feina, i per a agilitzar-lo s'ha usat una llibreria de Bootstrap [14] [15], que és un framework que facilita plantilles adaptatives sense gaire complicació. Tot i que per complir amb els requeriments de disseny i les necessitats, s'han fet modificacions al mateix.

4.3 PHP

PHP ha sigut el llenguatge escollit per realitzar el back-end del sistema, que fa les consultes SQL a la base de dades i envia el resultat a la vista de l'usuari [16].

4.4 Python

Python és un llenguatge de programació interpretat, interactiu i orientat a objectes [17]. És un llenguatge molt potent amb una sintaxi clara i multiplataforma. Té una gran base d'usuaris que crea mòduls que faciliten molt el desenvolupament de solucions.

5 INFRAESTRUCTURA

Abans de tractar el desenvolupament del sistema, es contextualitzarà la infraestructura i les tecnologies utilitzades, justificant els canvis realitzats. La infraestructura es divideix en dues parts: el Sistema de Lectura-Escriptura i el Sistema Web.

5.1 Sistema de Lectura-Escriptura

L'entorn de treball utilitzat consta d'un mòdul hardware compost d'una Raspberry Pi4 amb Raspbian (una distribució de Debian), com a micro PC i com antena activa un mòdul RFID RC522 com es veu a la Fig.1 [18]. El sistema està dissenyat per que el mòdul estigui col·locat sobre la validadora magnètica. Els suports de PVC seran targetes

MIFARE Classic, ja que són molt esteses comercialment i són de baix cost.



Fig. 1: Imatge del Sistema de Lectura i Escriptura.

5.2 Sistema Web

Inicialment, es comptava amb un espai al servidor del departament amb Apache i phpMyAdmin per gestionar la base de dades, però es va haver de modificar degut a l'atac informàtic que va patir la Universitat Autònoma de Barcelona (UAB) el passat 11 d'Octubre de 2021 [19] (afectant essencialment, el sistema de virtualització), on de manera preventiva va causar la desconexió de tots els ordinadors i servidors.

Es va intentar muntar un servidor a casa però, no va ser possible. Seguidament, es van intentar aprofitar els recursos que proporcionen Amazon o Microsoft a estudiants, i per incompatibilitats van acabar sent descartats.

Finalment, es va contractar un servei de Hosting i un domini on allotjar el sistema web i es va aprofitar el phpMyAdmin que oferien per la base de dades.

6 PREPARATIUS

En aquesta secció està detallada tota la planificació del projecte 6.1 i la metodologia utilitzada 6.2, a més d'anar explicant mentrestant les modificacions, contratemps i problemes trobats.

6.1 Planificació

Per facilitar l'organització del desenvolupament es va dur a terme la Taula 1 de fites amb una data d'entrega.

Es va fer una estimació a l'alta de la durada de les tasques, amb la previsió que poguessin sortir bloquejos o contratemps i encara pogués arribar a concloure les tasques a la fita final.

Prioritat Alta		
Objectiu	Entrega	Descripció
Base de Dades	11/10	Diseny BD
Aplicatiu Lect-Escript	18/10 25/10	Enmagatz. en BD Lectura i enviament de dades
Sistema de Validació	1/11	Validació correcta i enviament de resposta
Web de compra	8/11	Diseny realitzat i web funcional
Prioritat Mitjana		
Web de consulta	15/11	Web funcional
Prioritat Baixa		
App de Validació	13/12	Diseny realitzat i app funcional
Informes		
Realitz. d'Informe	1/1	Proposta d'informe
Realitz. de presentació	14/1	Proposta de presentació
Realitz. de poster	1/2	Proposta de poster

TAULA 1: PLANIFICACIÓ TEMPORAL INICIAL

A conseqüència de l'atac que va patir la UAB i altres contratemps que van sorgir, es va haver de reorganitzar la planificació inicial a la mostrada a la Taula 2.

Prioritat Alta		
Objectiu	Entrega	Descripció
Base de Dades	11/10	Diseny BD
Aplicatiu Lect-Escript	18/10 19/11	Enmagatz. en BD Lectura i enviament de dades
Sistema de Validació	26/11	Validació correcta i enviament de resposta
Web de compra	3/12	Diseny realitzat i web funcional
Prioritat Mitjana		
Web de consulta	10/12	Web funcional
Prioritat Baixa		
App de Validació	31/12	Diseny realitzat i app funcional
Informes		
Realitz. d'Informe	1/1	Proposta d'informe
Realitz. de presentació	14/1	Proposta de presentació
Realitz. de poster	1/2	Proposta de poster

TAULA 2: PLANIFICACIÓ TEMPORAL ACTUALITZADA

6.2 Metodologia

Tot i que un projecte que ha estat realitzat per una sola persona és difícil aplicar una metodologia de programació es va decidir adaptar-les. S'ha utilitzat una metodologia amb un enfocament àgil (Similar a SCRUM), de manera que s'ha pogut implementar els objectius de manera seqüencial però enfocat a la funcionalitat.

Cada setmana s'ha avaluat l'estat de compliment de les fites proposades. Si hi havia alguna tasca pendent s'ha intentat prioritzar per deixar-la acabada.

Per portar el control de tasques es van utilitzar les funcionalitats de "Notion", que permeten una gestió de les tasques i informació molt eficients [20], i dos repositoris de GitHub, un pel sistema de validació [21] i un altre pel sistema web [22]. Respecte a la manera de programar el Sistema Web, s'ha seguit el MVC (Model Vista Controlador)

7 DESENVOLUPAMENT

Aquesta secció és, sense dubte, la més important del projecte. Aquí es troba detallat el desenvolupament objectiu a objectiu.

7.1 Base de Dades

La base de dades ha tingut diferents versions. La primera versió (Fig.2) només contemplava en el sistema d'usuari, el suport i els títols i l'històric de viatges.

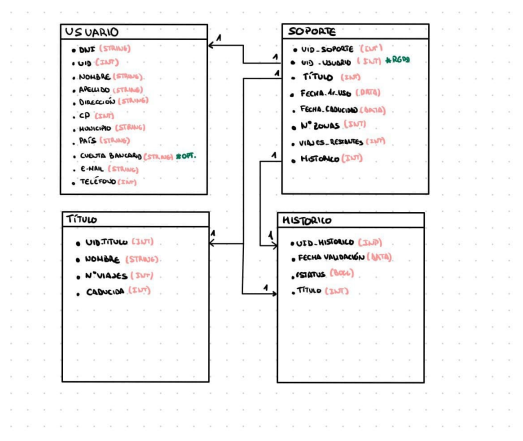


Fig. 2: Disseny Inicial de la Base de Dades

A mesura que avançava el desenvolupament, va anar creixent el número de taules (Fig.3), per contemplar les estacions i transports. Aquestes taules eren necessàries perquè les funcionalitats implementades i per implementar funcions sin correctament.

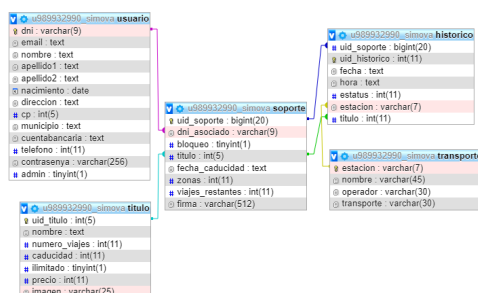


Fig. 3: Disseny Final de la Base de Dades

7.2 Sistema de Lectura-Escriptura

Un cop feta la primera versió de la base de dades, es va fer la instal·lació del lector a la Raspberry i es va començar a programar el sistema del lector. Es va fer una recerca sobre com establir una connexió amb una base de dades i com fer les consultes. D'entre les diferents llibreries, es va optar per utilitzar pymysql [23]. Es van realitzar una sèrie de consultes simples per comprovar si la connexió era correcta i es va donar per validada la fita.

Un cop configurada la nova infraestructura, replanificat el projecte i comprovada la funcionalitat anterior amb la nova base de dades, es va procedir a investigar el funcionament del mòdul de l'antena RFID. Es va fer un codi senzill que llegís les dades de la targeta i guardés unes altres.

Un cop entès el funcionament, es va fer un petit codi capaç de comprovar quan es presenta una targeta al lector, si es troba en la base de dades i imprimir un missatge per pantalla. Un cop es va aconseguir es va donar la fita per superada i es va començar a detallar el sistema de validació.

7.3 Sistema de Validació

Inicialment es van crear dos títols, un de 10 viatges i un altre de viatges il·limitats, per poder dissenyar correctament el sistema de validació. Per fer la validació, el sistema rep l'identificador del suport i cerca a la base de dades tota la seva informació. Després comprova si aquest suport ha sigut bloquejat (en cas de pèrdua o robatori), si té carregat algun títol, i si és il·limitat o no.

Si no és de viatges il·limitats, es descompta un viatge als restants i actualitza la base de dades. Si és il·limitat, es comprova si no ha caducat (és a dir, que no han passat els dies de validesa). Posteriorment registra a la base de dades el viatge, de manera que quedaria constància de la data, hora i estació on s'ha realitzat la validació.

En aquest moment es va decidir guardar una signatura hash del moment en què es duu a terme a la memòria del suport i a la base de dades per tal que quedés com a comprovant de la validació.

En el cas que fos un títol de viatges il·limitats i fos el primer cop que s'utilitza, s'estableix la data de caducitat en funció del títol i ho guarda a la base de dades.

7.4 Web de compra

A partir d'aquest moment el desenvolupament es va centrar en la plataforma web. Es va optar per utilitzar la mateixa plataforma per fer les compres i les consultes de l'usuari.

Per començar es van adaptar les pàgines de registre (Fig.4) i inici de sessió (Fig.5) que ens proporcionava Bootstrap perquè complissin amb els camps que necessitem per a l'usuari.

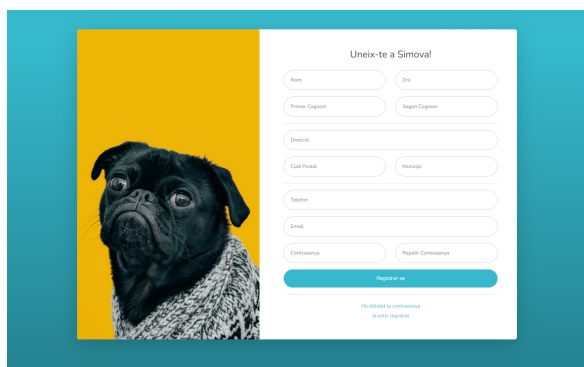


Fig. 4: Pàgina de registre d'usuari

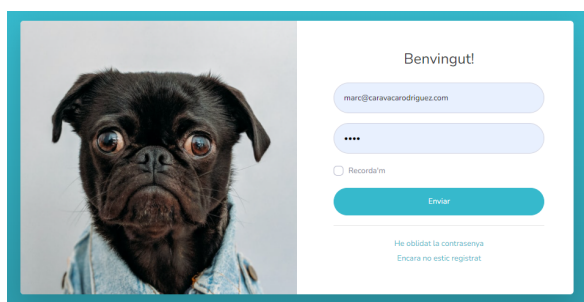


Fig. 5: Pàgina d'Inici de sessió

Al registre es recull la informació mitjançant un formulari i es comunica a un controlador mitjançant un POST d'HTML. El controlador, en PHP, fa les crides als mètodes de consulta (per saber si ja està registrat) i d'inserció a base de dades. Després redirigeix a l'inici de sessió. Durant tot el procés s'utilitza el sistema de sessions de PHP.

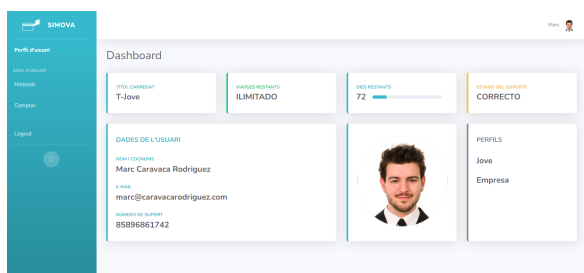


Fig. 6: Pàgina principal

Un cop l'usuari té un perfil a la pàgina web, un administrador ha d'assignar-li un número de suport. Aquest procés s'ha de fer a mà perquè implica inicialitzar la targeta amb un títol i vincular el seu UID a un usuari. Es va desenvolupar un mòdul en python per poder fer-ho.

Quan l'usuari disposa de la targeta, ja pot iniciar la sessió. Accedeix a una pàgina (Fig.6) on pot trobar la informació relativa a ell mateix, al seu suport i el títol que té disponible. Desde aquesta pàgina pot accedir tant al mòdul de compra com al mòdul de consulta del seu historial de viatges.

La següent fita plantejada era el mòdul de compra, per tant, es van dissenyar uns mètodes que consulten a la base de dades els títols disponibles i es mostren amb la

seva informació en una targeta amb un botó que permet la compra.

Quan un títol es seleccionat, es mostra una pantalla per confirmar la compra. Si es confirma, el sistema comprovarà si l'usuari té algun títol actiu. En cas que l'usuari el tingui, donarà un error, comunicant-li que encara té un títol actiu i no durà a terme la compra. En cas contrari, se l'informarà que la compra ha sigut exitosa i es redirigirà a la pantalla principal.

En tractar-se d'un prototipus no es fa cap cobrament, però el sistema està pensat per disposar d'una passarel·la de pagament domiciliada en cas que es confirmés la compra.

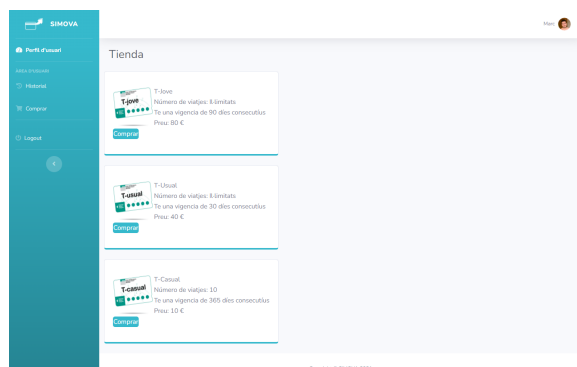


Fig. 7: Pàgina de compra

L'última part del sistema és la pàgina de consulta d'historial. Des de aquesta pàgina l'usuari pot consultar i veure tot el seu historial de viatges. La web li mostra la data i hora del viatge, l'estació (i, per tant, l'operador amb el qual viatja), el títol amb el que va viatjar i l'estat de la validació. En funció si disposa un títol vàlid, si hi ha hagut algun problema amb la validació o si està bloquejat, sortirà un missatge d'informació diferent.

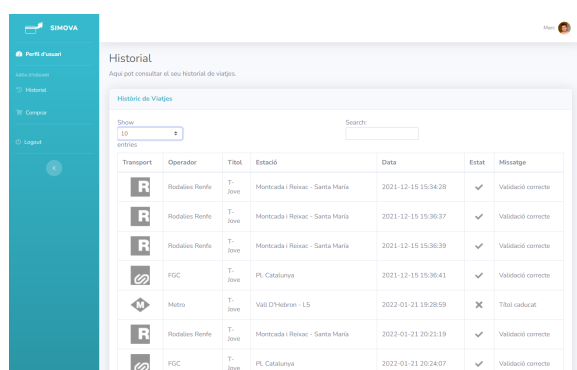


Fig. 8: Pàgina d'historial de viatges

7.5 Aplicació Mòbil i Millors Visuals

En aquesta fita, al inici del plantejament van començar a sorgir dubtes que no sabíem resoldre. Idealment, l'aplicació hauria de permetre la validació amb el mateix títol que es tingués en un suport de PVC, per tant, seria possible que dues persones poguessin viatjar amb el mateix títol, cometent frau.

En el cas que l'aplicació i el suport de PVC es comportessin com targetes diferents, l'usuari hauria de comprar el títol dos cops i seria com disposar de dos suports de PVC, no soluciona el problema.

Per últim va sorgir un altre dubte. Com actuar en cas que l'usuari no tingués bateria al mòbil, però tingues un títol vàlid per viatjar. Disposar d'un títol validat per viatger serveix com assegurança en cas que ocorregués algun accident.

Respecte a les millores visuals, les referents al software es van anar realitzant després d'una fase de testatge mentre que la de hardware no s'han realitzat, més enllà fer un disseny de les targetes (Fig.9 i Fig.10).

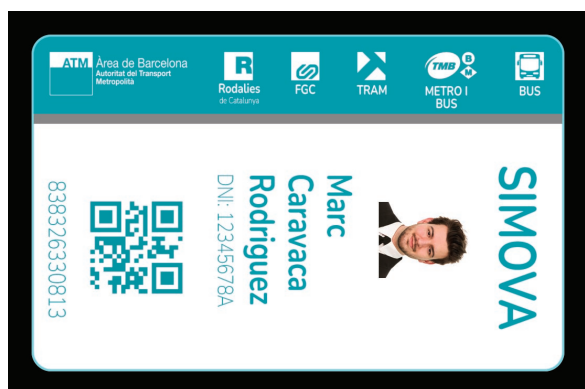


Fig. 9: Anvers de la targeta



Fig. 10: Revers de la targeta

Un cop completats tots els objectius de prioritat Alta i Mitjana, i valorades les complicacions aparegudes amb l'objectiu de prioritat Baixa, es va decidir no dur a terme el desenvolupament de l'aplicació mòbil.

8 TEST

Encara que el sistema dissenyat és una demo d'un futur sistema que es pugui crear, s'ha sotmès a test per tal de comprovar que les funcionalitats creades funcionen correctament i si el sistema resulta intuïtiu i és fàcil d'utilitzar.

Les persones que van desenvolupar la funció de testadors són usuaris del Transport Públic i treballadors de Transport Públic. Es va considerar oportú conèixer l'opinió de treba-

lladors del sector per tenir en compte les seves necessitats.

A les persones que han fet les funcions de testers se'ls ha demanat que es creessin un usuari mitjançant el registre, iniciessin sessió i que carreguessin un títol al seu suport. Un cop realitzat, amb un script es carregaven diversos viatges i se'ls demanava que consultessin els viatges realitzats.

El 100% dels usuaris podien realitzar el testatge correctament i van donar un Feedback positiu, proposant millores, com que es veiés el logotip de l'operador de transport (que va ser implementat posteriorment).

Respecte al procés de validació, la totalitat dels usuaris van reclamar alguna manera de verificar si la validació havia estat correcta o no, ja que el prototip no facilita cap mena d'informació, quedat pendent d'implementar.

Com a apèndix es troben unes gràfiques amb els resultats de les preguntes realitzades sobre el sistema.

9 TREBALL PENDENT I PROBLEMES TROBATS

S'han hagut de realitzar canvis a la planificació i han sorgit diversos contratemps. Començant per l'atac patit a la UAB, que va afectar les funcionalitats on-line, però no a les que es podien desenvolupar en local sense connexió a internet, i la COVID-19, que va provocar una aturada de dues setmanes.

La dificultat més gran trobada, és que la connexió entre python i MySQL eventualment caducava. Per resoldre això es va reestructurar el codi de manera que només s'establís la connexió a la base de dades en el moment que es presentés algun suport al lector.

Al finalitzar la fase de testatge, els treballadors van comentar que seria necessari un rol que els permetés consultar els viatges realitzats i els usuaris existents. Es va desenvolupar un rol d'administrador molt bàsic que mostra tots els usuaris inscrits i tots els viatges portats a cap. Queda per implementar una manera de cercar només un usuari i filtrar els viatges.

Respecte al sistema web, a vegades la sessió es tanca i s'ha de tornar a obrir, però no s'ha aconseguit trobar la causa. A més, en el testatge es van trobar errors que van ser resolts, com un que impedia comprar una targeta si es disposava d'una que ja estava caducada o una errada que comptabilitzava els dies i donava per vàlid dates que no haurien de ser, ja que es retornava la diferència entre els dies de manera absoluta. També hi ha hagut alguna inconsistència amb el CSS que no s'ha pogut solucionar i quedaria pendent.

De cara a futur, el projecte podria establir-se si es millorés la seguretat afegint més informació a la targeta o prevenint atacs als formularis i base de dades de la pàgina web. També es podria desenvolupar l'aplicació de validació manual per als treballadors, perquè en cas de fallada del siste-

ma, aquest puguin realitzar les validacions de manera manual amb l'antena NFC del dispositiu mòbil.

10 CONCLUSIONS

Per finalitzar, repassarem si s'han assolit els objectius fixats inicialment al projecte. L'Objectiu principal del projecte ha sigut "la creació d'un sistema Client-Servidor que permeti la compra, consulta, gestió i recàrrega dels títols de transport públic mitjançant una aplicació o pàgina web, i realitzi la validació del viatge al transport públic mitjançant una targeta Sense contacte" i com s'ha vist a l'apartat 7 de Desenvolupament s'han complert i realitzat les funcions que planificades (Com la validació sense contacte o la compra i consulta mitjançant una web). Tot i que han quedat alguns objectius sense fer a causa dels problemes anteriorment mencionats.

Respecte a les preguntes que proposades a la introducció del projecte s'ha vist que és possible desenvolupar un sistema que permeti la digitalització de la compra i validació al Transport Públic. S'ha de matisar que en aquest TFG només s'ha dissenyat un prototipus i que en cas d'implementar-lo a gran escala és possible que apareguin diverses complicacions, degut a la escalabilitat i compatibilitat amb el sistema actual.

Respecte a si el sistema pot facilitar la vida a treballadors i usuaris, després de la fase de testeig, aquests fan una valoració positiva. Per posar un exemple, la càrrega més grossa que tenen els treballadors del Metro de Barcelona, després de conduir, és la realització de bescanvis de bitllets perquè no funcionen. És bastant habitual trobar bitllets en males condicions per un mal ús, però també és molt habitual que els bitllets de llarga durada, com els passis de pensionista, les T-16 o les T-jove, fallin perquè són títols que s'utilitzen durant molt de temps.

Els suports de PVC fallen menys que els títols magnètics i, per tant, la seva càrrega de treball respecte a els bescanvis es redueix. Pel que fa als usuaris, en fallar menys també tenen més seguretat que quan vulguin viatjar ho podran fer, millorant la seva experiència d'usuari.

Per finalitzar, podem concloure que no són necessaris 8 anys de desenvolupament per dur-lo a terme, i que amb un equip més gran i una infraestructura més sòlida es pot portar al mercat un producte acabat en menys temps.

AGRAÏMENTS

Primerament, vull agrair al meu professor del projecte, Guillermo Navarro, perquè m'ha donat molta autonomia i sempre que ha estat a la seva mà m'ha proporcionat ajuda. També vull agrair a la meua família, especialment a la meua germana Miriam, pel suport i l'ajuda que m'han donat durant aquests anys de grau universitari, ja que sense ells no hagués pogut arribar on estic ara mateix. Per últim però no menys importants vull agrair als meus amics, que han estat al meu costat quan els he necessitat i en els pitjors moments han sigut un pilar fonamental.

REFERÈNCIES

- [1] Que es el Sistema Tarifari Integrat? Autoritat de Transport Metropolità (Setembre 2021) [En línia] <https://www.atm.cat/es/sistema-tarifario-integrado>
- [2] Autoritat de Transport Metropolità de Girona. (Setembre 2021) [En línia] <http://www.atmgirona.cat/es/descripcio-funcionament-sistema-integrat>
- [3] Autoritat de Transport Metropolità de Lleida. (Setembre 2021) [En línia] <http://www.atmlleida.cat/es/descripcio-funcionament-sistema-integrat>
- [4] Autoritat de Transport Metropolità del Camp de Tarragona. (Setembre 2021) [En línia] <https://www.atmcamp.tarragona.cat/es/descripcion-y-funcionamiento-sti/>
- [5] Consorcio Regional de Transportes de Madrid (Setembre 2021) [En línia] <https://www.crtm.es/billetes-y-tarifas.aspx>
- [6] Oyster Card, Transport for London. (Setembre 2021) [En línia] <https://oyster.tfl.gov.uk/oyster/entry.do>
- [7] Navigo Tickets (Desembre 2021) [En línia] <https://www.iledefrance-mobilites.fr/en/tickets-fares/list?d=travel-cards-and-passes>
- [8] JRailPass, SUICA i PASMO (Desembre 2021) [En línia] <https://www.jrailpass.com/blog/es/utilizar-ic-cards-japon>
- [9] T-Mobilitat. Què és i com funciona? (Setembre 2021) [En línia] <https://t-mobilitat.atm.cat/web/t-mobilitat/que-es-i-com-funciona>
- [10] T-Mobilitat. Portal Col·laboratiu d'informació de la T-Mobilitat (Setembre 2021) [En línia] <https://mobilitat.info/t-mobilitat/>
- [11] La T-Mobilitat acumula seis años de retrasos y un sobre coste de al menos 37 millones de euros, Diari Ara, Natàlia Vila (Setembre 2021) [En línia] https://es.ara.cat/sociedad/t-mobilitat-acumula-seis-anos-retrasos-sobre coste-37-millones-euros_130_4160687.html
- [12] Mozilla ORG., HTML: Lenguaje de etiquetas de hipertexto (Desembre 2021) [En línia] <https://developer.mozilla.org/es/docs/Web/HTML>
- [13] Mozilla ORG., CSS (Desembre 2021) [En línia] <https://developer.mozilla.org/es/docs/Web/CSS>
- [14] Hostinguer, ¿Qué es Bootstrap? – Una guía para principiantes (Octubre 2021) [En línia] <https://www.hostinger.es/tutoriales/que-es-bootstrap>
- [15] Start Bootstrap, Theme SB-Admin (Setembre 2021) [En línia] <https://startbootstrap.com/theme/sb-admin-2>
- [16] PHP.net, ¿Qué es PHP? (Desembre 2021) [En línia] <https://www.php.net/manual/es/intro-what-is.php>

- [17] Python.org, General information. (Decembre 2021) [En línia] <https://docs.python.org/3/faq/general.html>
- [18] Kolwidi, LECTURA DE ETIQUETAS RFID RC522 CON RASPBERRY PI (Setembre 2021) [En línia] <https://kolwidi.com/blogs/blog-kolwidi/lectura-de-etiquetas-rfid-rc522-con-raspberry-pi>
- [19] Direcció de Tecnologies de la Informació i la Comunicació, Avisos (Octubre 2021) [En línia] <https://www.uab.cat/web/avisos-1345852238397.html>
- [20] Crehana, ¿Qué es Notion? La mejor app de productividad que organizará tu vida (Setembre 2021) [En línia] <https://www.crehana.com/es/blog/negocios/ques-notion/>
- [21] Github, SIMOVA Sistema Validació. [En línia] <https://github.com/ElDracoUniversitario/TFG-SIMOVA-CORE>
- [22] Github, SIMOVA Sistema Web. [En línia] <https://github.com/ElDracoUniversitario/TFG-SIMOVA>
- [23] Copito Sistem, La Forma Mas Sencilla De Conectar Python Y MySQL. (Setembre 2021) [En línia] <http://copitosystem.com/es/python-mysql-database/>

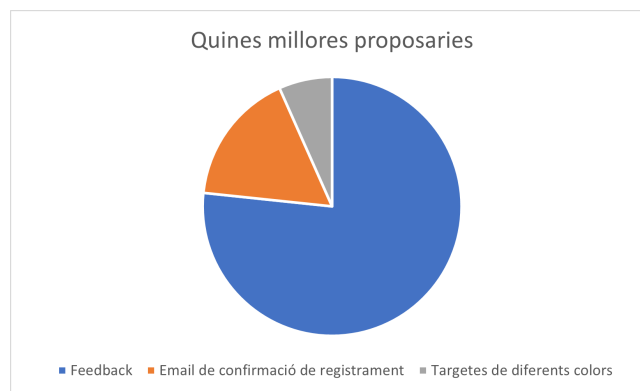


Fig. 12: Propostes de Millora.

APÈNDIX

A.1 Resultats TEST

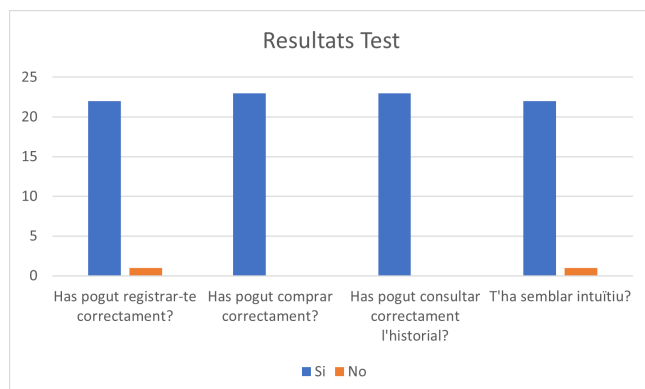


Fig. 11: Resultat del Test.