

EcoAction: Aplicació pel reciclatge amb tècniques de reconeixement i recompenses amb tokens

Rubén Reyes Andrades

Resum– Aire contaminat a les nostres ciutats, rius amb aigua tòxica, brutícia que afecta a la fauna i flora dels mars i oceans, etc. Sobren els motius per a que les generacions actuals comencem a tenir consciència i a treballar en la millora del medi ambient. Una de les formes més fàcils per contribuir-ne és mitjançant el reciclatge. Reciclar permet obtenir matèria primera dels productes ja utilitzats prèviament, afavorint la preservació del medi ambient. Per contribuir amb la societat i per col·laborar entre tots, en aquest treball s'ha dissenyat, creat i implementat un sistema que permet a un ciutadà, saber on dipositar els productes que vol reciclar, quina és la deixalleria més propera, i obtenir-ne recompenses després de realitzar accions que milloren el medi ambient. Millorar la nostra vida i la de les futures generacions està a la nostra mà.

Paraules clau– API, Aplicació mòbil, Aprendentatge automàtic, Firebase, Intel·ligència Artificial, Ionic, Javascript, Reciclatge, Reconeixement, Residus, Tokens, VueJS.

Abstract– Polluted air in our cities, rivers with toxic water, dirt that affects the fauna and flora of the seas and oceans, etc. There are plenty of reasons for today's generations to start rising awareness and working to improve the environment. One of the easiest ways to contribute is through recycling. Recycling allows us to obtain raw materials from products that have already been used, thus helping to preserve the environment. In order to contribute to society and to collaborate with each other, this work a system has been designed, created and implemented allowing citizens to know where to deposit the products they want to recycle, where the nearest clean point is, and to obtain rewards after carrying out actions that improve the environment. Improving our life and the life of future generations is in our hands.

Keywords– API, Artificial Intelligence, Firebase, Ionic, Javascript, Machine learning, Mobile app, Recyclcing, Recognition, Tokens, VueJS, Waste.

1 INTRODUCCIÓ

ACTUALMENT, la paraula “reciclatge” ja forma part de la nostra vida diària, només cal sortir al carrer i veure els diferents contenidors que tenim davant, o llegir en molts llocs les paraules: sostenible, 100% recicitable, biodegradable, fet amb material reciclat... Al 2016, Espanya reciclava set de cada deu envasos segons EuroStat, però malgrat això, només es reciclen el 33,9% dels residus que es generen, una xifra encara allunyada del 55% que la Unió Europea vol per 2025 [1]. A Catalunya la cultura del

reciclatge ha anat creixent al llarg dels darrers anys. De fet, al 2019, Catalunya enregistrava una xifra rècord en recollida selectiva [2]. Encara això es necessiten incrementar els esforços per arribar als objectius pel 2025 i 2030, fent campañes de conscienciació de la població i proveint informació més clara a la societat per saber a on han de dipositar els productes [3].

Però llavors, quina part de la societat realitza tasques de reciclatge i quina no? Quins mecanismes es poden implementar per recompensar aquelles persones que s'esforcen per millorar la qualitat del medi ambient? Podem incentivar a la resta de la societat a contribuir-ne? A partir d'aquestes qüestions s'ha realitzat el Treball de Fi de Grau (TFG) per intentar aportar una possible solució a aquestes preguntes de forma que qualsevol ciutadà amb un dispositiu mòbil pugui començar a reciclar amb una motivació extra.

- E-mail de contacte: ruben.reyesA@e-campus.uab.cat
- Menció realizada: Tecnologies de la Informació (TIC)
- Treball tutoritzat per: Jordi Herrera Joancmartí (DEIC)
- Curs 2020/2021

En aquest article s'explica el desenvolupament que s'ha realitzat per crear un sistema que permet reconèixer un producte, a partir d'un codi de barres o d'una imatge, gràcies al model personalitzat d'etiquetatge; i d'un programa de recompenses per incentivar a la població a reciclar. En primer lloc, es descriu la situació actual envers les diferents solucions i propostes que s'han plantejat durant els darrers anys per contribuir amb la millora del medi ambient. Tot seguit s'expliquen els objectius del projecte, i en l'apartat següent es comenta la metodologia emprada i la planificació duta a terme. A continuació, un apartat sobre el desenvolupament dels dos aspectes més importants del sistema, com són el reconeixement dels productes i el programa de recompenses. Seguidament, es detallen les funcionalitats del sistema que formen part del resultat del projecte, i per últim les conclusions del projecte on s'exposen unes línies futures de treball.

2 ESTAT DE L'ART

Durant els darrers anys han anat sorgit diverses solucions i propostes per tal d'abordar el problema del canvi climàtic, la millora del medi ambient i la contribució de la societat amb la tasca del reciclatge.

Per una banda, en relació amb la cultura del reciclatge, la Generalitat de Catalunya va desenvolupar una eina web i mòbil anomenada “Residu On Vas” [4] en la qual es mostra un llistat de productes amb el seu contenidor corresponent i un mapa amb les deixalleries i la seva informació d'arreu de Catalunya. D'aquesta forma, es pot buscar un producte a la llista i veure on s'ha de dipositar i, en cas que sigui a una deixalleria, buscar-la en el mapa.

Per altra banda, en relació amb la creació de mecanismes per incentivar a la societat, hi ha diversos projectes en marxa arreu d'Europa. Un d'ells forma part de “Reciclatge 5.0” d'EcoEmbes, anomenat “Reciclos” [5], que proposa recompensar aquells usuaris que reciclin envasos que van al contingut groc mitjançant una lectura del codi de barres. A mesura que llencin envasos han d'escanejar també el codi QR adherit al contingut i així aconseguir obtenir uns punts que després es poden canviar per productes sostenibles.

Una altra proposta anomenada “The Eco Coin” [6] arriba des del Paísos Baixos que proposa recompensar als usuaris per dur a terme accions sostenibles com utilitzar les escales o dur-ne una ampolla d'aigua de casa a la oficina. A mesura que es realitzen aquestes accions, també es van obtenint punts.

Per últim, la darrera proposta prové de dos estudiants de la Universitat Carlos III de Madrid que han creat una start-up anomenada “Liight” [7], amb la qual es proposa aconseguir punts per utilitzar el transport públic, anar amb bicicleta o fer passejades a peu. A més proposen un seguiment de desafiaments i un rànquing per incentivar la realització d'aquestes activitats.

3 OBJECTIUS

La proposta d'aquest Treball de Fi de Grau (TFG) consisteix en el desenvolupament d'un sistema que inclou una aplicació per Android i iOS que es separa en dues parts ben diferenciades: per una banda, el reconeixement i obten-

ció d'informació dels productes i per altra banda, la creació d'un programa de recompenses per incentivar la participació de la població en tasques que contribueixin a millorar el medi ambient, de forma que integri una nova solució o proposta dins de totes les que existeixen actualment.

Per la part del reconeixement i obtenció d'informació dels productes, s'ha realitzat la cerca d'un producte a partir del codi de barres, a partir d'una imatge feta per l'usuari o a partir d'un llistat dels productes més comuns. Per poder implementar aquesta funcionalitat, s'ha creat i entrenat un model d'etiquetatge personalitzat amb aprenentatge automàtic (en anglès, “Machine Learning”) [8]. A més, també s'ha realitzat una secció per mostrar una mapa amb totes les deixalleries de Catalunya, de forma que es pugui trobar la més propera per la posició actual de GPS, veure l'horari d'apertura, accedir a la pàgina web, trucar al telèfon, obrir el navegador GPS i obtenir la ruta per arribar-hi, veure quins residus tracten i veure algunes imatges de la deixalleria. També per la part de l'obtenció d'informació, es poden veure els diferents tipus de continguts que existeixen i algunes preguntes freqüents relacionades amb el reciclatge. D'aquesta forma, s'ha aconseguir agrupar tota la informació disponible de manera que sigui fàcil i intuïtiva per l'usuari.

Per la part de la creació d'un programa de recompenses, s'ha realitzat la creació d'un token d'Ethereum [9] de forma que diverses empreses puguin adquirir tokens i anar recompensant als usuaris que realitzin tasques sostenibles com per exemple, comprar targetes de transport públic, reutilitzar ampollas als mercats municipals o dur deixalles a les deixalleries. D'aquesta manera, la població que realitzi tasques que contribueixin a millorar la qualitat del medi ambient es veurà recompensada. Amb aquests tokens, després es poden canviar per xecs regals d'empreses col·laboradores que equivalen a una certa quantitat i que es poden canviar en les seves respectives pàgines web.

4 METODOLOGIA

Per poder dur a terme aquest projecte, s'ha seguit una planificació inicial amb el propòsit d'aconseguir els objectius. La metodologia que s'ha emprat en aquest projecte es Scrum [10], que forma part de les metodologies “Agile”. Degut a que el plantejament i el desenvolupament ha estat realitzat per una única persona, no hi han hagut rols i s'ha considerat que les petites reunions són les que s'han realitzat amb el tutor. Les tasques estan dissenyades de forma que s'han pogut realitzar en una o dues setmanes, per així poder anar observant com s'avancava en el desenvolupament del treball.

Pel que fa a la planificació del treball s'ha realitzat classificant les tasques en fases i subfases, de forma que es pugui veure un recorregut cap a l'objectiu final del projecte.

Les fases d'aquest treball han sigut:

- Planificació i Elaboració d'Informes
- Execució de les activitats
 - Model personalitzat d'etiquetatge
 - Programa de recompenses
 - Generació de claus i connexions amb APIs
 - Disseny d'elements visuals i de text

- Servidor Web
- Aplicació multi-plataforma
- Test
- Tancament

Cal destacar que també es va realitzar un diagrama de Gantt amb l'eina Microsoft Project per poder analitzar totes les fases i les seves respectives activitats amb el camí crític corresponent.

5 DESENVOLUPAMENT

En aquest apartat es detallen els dos aspectes més importants i diferenciadors del sistema. S'expliquen els processos de creació, desenvolupament i implementació del model personalitzat d'etiquetatge i del programa de recompenses. Dins de cada secció es comenten les eines utilitzades, les dificultats que van sorgir i la solució final. Per últim es detalla l'arquitectura de la proposta de solució del sistema fent una separació entre el back-end (constituït principalment pel servidor) i el front-end (constituït per l'aplicació multi-plataforma).

5.1 Model personalitzat d'etiquetatge

Entrenar un model basat en intel·ligència artificial aprenentatge automàtic (“Machine Learning”) requereix de molts recursos hardware per aconseguir una velocitat d’entrenament òptima. Després d’investigar diverses opcions per solucionar aquest inconvenient, es va decidir utilitzar Google Colab Notebooks que és un full de Python amb l’execució remota en servidors de Google amb la possibilitat d’utilitzar GPUs o TPUs [11]. A més, aquests fulls de Python permeten incloure totes les llibreries necessàries per dur a terme projectes d’intel·ligència artificial, com ara la llibreria FastAI que és la que s’ha utilitzat [12]. Aquesta llibreria permet definir un conjunt d’imatges com a model d’entrenament i un altre conjunt per validar el model resultant. També permet millorar els resultats de l’entrenament aplicant diferents mesures a les imatges com per exemple, rotació, deformació o canvis de mides de les imatges, entre d’altres.

L’objectiu principal de realitzar la creació d’aquest model és que es pogués crear un petit script en Python que donada una imatge, identifiqués a quin producte correspon, mostrant el TOP3 de coincidència utilitzant el model exportat després de l’entrenament [13].

El primer pas del procés ha consistit en generar una base de dades amb 128 productes. El nom d'aquests productes han sigut extrets de “residuonvas.cat” i s’han cercat per Internet 50 imatges representatives de cadascun. A la Figura 1 es pot observar l’estructura dels directoris per l’entrenament del model. D'aquestes 50 imatges, el 80% s’han utilitzat per entrenar el model de forma que busqui similituds i les etiqueti amb el nom del directori corresponent. L’altra 20% s’ha utilitzat per validar el model i millorar-lo. Per poder entrenar al model, s’ha començat a partir d’un model genèric entrenat prèviament (Resnet152), de forma que els resultats fossin més acurats amb una millor taxa d’èxit. Un cop s’inicia el procés d’entrenament es van realitzar “loops” anomenats èpoques a tot el conjunt de les imatges. A

Image Data Training

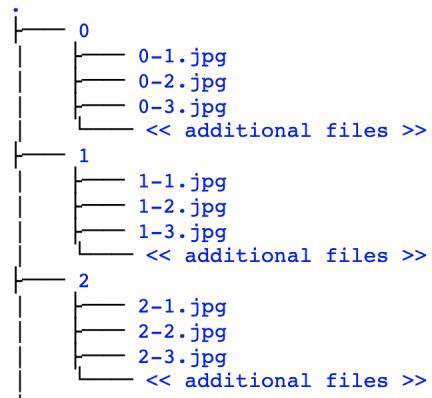


Fig. 1: Estructura dels directoris i fitxers

mesura que van passant les èpoques, les imatges s’apropen més a una etiqueta que una altra i el model comença a entendre que aquell tipus d’imatge correspon a una etiqueta. Després de cada època, s’utilitza el model de validació per comprovar si realment el model ha après correctament com assignar les etiquetes. El resultat d'aquesta assignació per cada època correspon a la taxa d’error (error_rate).

epoch	train_loss	valid_loss	error_rate	time
0	1.817193	0.997769	0.243159	2:16:10
1	1.019737	0.719988	0.179046	2:17:12
2	0.996546	0.689432	0.167484	2:14:27
3	0.895430	0.652329	0.149312	2:20:05

Fig. 2: Resum de l’entrenament del model

A la Figura 2 es pot observar el resum de les èpoques i els valors finals obtinguts. Després de quatre èpoques i al voltant d’unes nou hores d’entrenament, el resultat obtingut és suficient per implementar la funcionalitat de reconeixement, ja que el marge d’error (“error_rate”) no supera el 15%. Cal destacar però, que normalment aquests tipus d’entrenaments aconsegueixen donar resultats més bons (al voltant d'un 0,5% de marge d’error) ja que el vector d’imatges inicials sol ser del voltant de 500-1000 imatges. Després de l’entrenament i abans d’exportar el model resultant s’ha emprat una eina que inclou la llibreria FastAI que permet la creació d’una matriu de confusió del model (Figura 3). En aquesta matriu es pot comprovar que la coincidència entre el model entrenat i el conjunt d’imatges de validació és correcta, ja que la línia resultant forma una diagonal inversa. Per tant, el model està prou bé entrenat i que hi ha escasses confusions amb el conjunt d’imatges proporcionat inicialment, encara que a l’entorn real sí que podrien sorgir-ne algunes. Per evitar-ho, s’hauria d’ampliar el conjunt d’imatges inicials i el hardware que entrena el model.

Per tant, en forma de resum, un exemple general seria el següent: El producte identificat amb l’etiqueta ‘1’ té 50 imatges. Aquest producte correspon a una ampolla d’oli. D'aquestes 50 imatges, 40 s’han utilitzat per entrenar el model aplicant-hi tècniques de rotació i establint la mida de la imatge en 224px per costat, de forma que totes les imatges

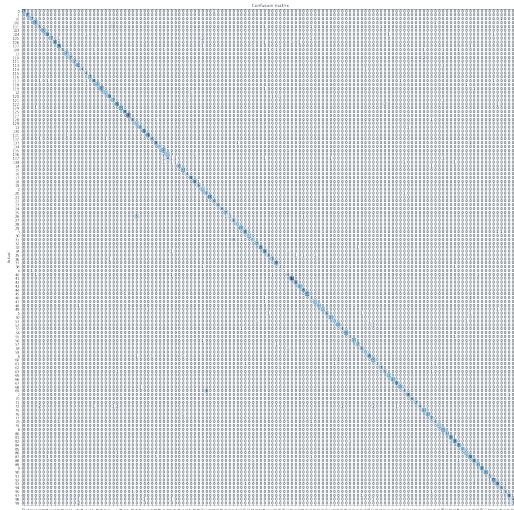


Fig. 3: Matriu de confusió

tinguin relació 1:1, i les 10 restants s'han utilitzat per validar el model. Després de l'entrenament, es pot comprovar a la mateixa Figura 3 que la confusió és nul·la i que per tant el model ha après correctament a identificar aquest producte. Ara amb el model exportat, es pot enviar una imatge d'una ampolla d'oli a l'script i aquest ha de retornar com a major coincidència l'etiqueta '1'.

Després de realitzar tot aquest procés, s'ha aconseguit el resultat esmentat anteriorment, i per tant s'ha exportat el model i s'ha emmagatzemat en el servidor del sistema.

Per últim, també s'ha emmagatzemat al servidor l'script en Python realitzat que permet comparar una imatge amb el model exportat. Per poder executar aquest script, el servidor executa la següent comanda i rep el resultat de la forma que es mostra a la Figura 4.

```
ruben107@ruben107: ~$ python3 analysis.py model.pkl IMG_TEST.jpeg
[{"residuID": "1", "prob": 0.899668239212086}, {"residuID": "19", "prob": 0.03467860072851181}, {"residuID": "11", "prob": 0.02527846954762956}
ruben107@ruben107: ~$
```

Fig. 4: Comanda i resultat de l'script

Aquest resultat s'envia a la aplicació que és qui sap identificar i relacionar les etiquetes amb els noms dels productes.

5.2 Programa de recompenses (tokens)

Un altre aspecte important del sistema és incentivar a la societat a contribuir en les tasques de reciclatge i millora del medi ambient. La idea que es presenta en aquest apartat és la creació d'un token fungible [9] basat en un contracte d'Ethereum [14]. El funcionament general d'aquesta tasca ha consistit en crear un smart-contract amb la eina Remix [15], utilitzant el llenguatge Solidity [16]. En aquest contracte s'han definit diverses variables i funcions per poder gestionar correctament els tokens.

L'estructura del contracte és simple i consta de les següents parts: En primer lloc, el token s'anomena "Eco-Action" i les seves sigles són "EAs" o "EA2C", que és

l'acrònim de "EcoAction2Coin". El valor d'una unitat d'aquest token fungible és de 0,00001 ETH. Cada usuari que es registra en el sistema obté una adreça d'Ethereum que s'utilitza en el contracte per identificar-lo. Dins del contracte s'emmagatzemen dues llistes: una que indica el saldo d'una adreça i l'altra que recull tot l'historial de transaccions que té una adreça amb atributs com l'emissor o el receptor, la quantitat rebuda o enviada, la data de recepció o d'enviament, etc. D'aquesta forma, l'usuari pot visualitzar a l'aplicació el saldo que té disponible en aquell moment i quins són els moviments que ha realitzat amb el seu compte.

En segon lloc, un usuari o entitat col-laboradora que vulgui adquirir tokens pot contactar amb l'administrador del sistema EcoAction per sol·licitar una compra de tokens indicant l'adreça del compte del destinatari. En aquesta primera versió, només l'administrador pot realitzar la compra de tokens directament ja que no s'ha implementat cap pasarel·la de pagament per autoritzar la compra amb monedes Fiat, com són l'Euro, el dòlar dels EUA o la libra esterlina.

En tercer lloc, s'han definit diverses funcionalitats que permeten l'enviament de tokens entre diferents usuaris del sistema, la recepció de tokens després d'haver guanyat la recompensa d'haver completat un assoliment i la possibilitat de canviar els tokens per xecs regals de les entitats o empreses col-laboradores.

Per últim, un cop s'ha dissenyat completament el contracte, s'ha realitzat el desplegament sobre la xarxa de proves Ropsten d'Ethereum. El resultat és la obtenció d'una adreça corresponent al contracte i la inclusió d'aquest dins de la blockchain [17] (Figura 5).

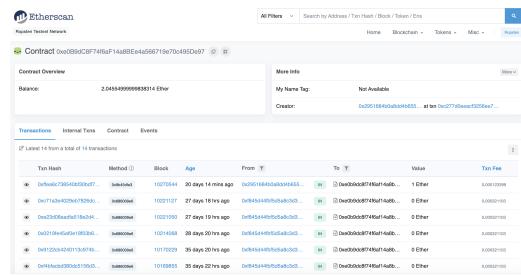


Fig. 5: Visualització del contracte a EtherScan

Un cop s'ha realitzat el desplegament, es pot veure informació general de l'estat del contracte, quines són les transaccions que ha emès o rebut i quina és la quantitat de tokens hi ha entre tots els usuaris inscrits en el sistema. Després, gràcies a la llibreria de Web3JS [18], des del servidor del sistema es poden realitzar peticions (crides a les funcions dissenyades i implementades al contracte) per obtenir la informació que es necessiti en un moment donat. Hi ha dos tipus de mètodes: els mètodes de consulta i de modificació de l'estat. Els mètodes de consulta (llegir saldo d'un compte i veure els moviments) no tenen associada cap tipus de comissió degut a que només consisteix en llegir l'estat més recent del contracte que hi ha a la blockchain. En canvi, la resta dels mètodes que constitueixen una modificació de l'estat del contracte tenen associada una comissió que l'usuari pot veure en tot moment des de l'aplicació. Aquesta comissió és, exclusivament, la taxa que s'ha de pagar per poder incloure aquell canvi dins de la blockchain i generar un nou estat del contracte.

5.3 Arquitectura

Per aconseguir el funcionament correcte del sistema, aquest s'ha dividit en dues parts: el back-end i el front-end.

Per una banda, el back-end consisteix en un servidor web basat en NodeJS i Express [19]. S'ha generat l'script esencial que forma part del codi “main” i s'han distribuït en diversos fitxers les funcions, per tal de que el codi sigui entenedor i manejable. Inicialment estava previst muntar el servidor web sobre una plataforma web anomenada Heroku. Degut a que finalment no era adequada per termes econòmics, es va plantejar la solució d'Amazon Web Services, la qual tampoc va resultar encertada. Finalment, per tal d'evitar complicacions i l'augment de la complexitat del sistema en aquesta fase inicial, s'ha decidit fer funcionar el servidor de forma local a través d'una màquina virtual d'Ubuntu 20.04.2 LTS [20] configurada amb tots els paquets i llibreries necessàries.

Per l'altra banda, el front-end consisteix en una aplicació multi-plataforma basada en el framework de Vue [21], que utilitz JavaScipt, juntament amb els frameworks d'Ionic [22] i Capacitor [23], que permeten la integració de l'aplicació web com a aplicació nativa tant en Android com en iOS i que permet l'ús del hardware (com el GPS). Aquesta aplicació està construïda amb diferents vistes mantenint sempre la barra de navegació inferior amb les pestanyes d'Inici, Cerca, Informació i Configuració. Degut a l'abast d'aquesta solució en fase inicial, l'aplicació no està disponible a la App Store ni a la Play Store.

En aquesta secció s'explica l'estructura final del sistema i com s'han organitzat les dues parts que constitueixen i fan funcionar el sistema. El codi font de les dues parts es troba en un repositori de GitHub [25].

5.3.1 Back-end (servidor)

Per la part del back-end del sistema s'ha organitzat en forma d'arbre, on el fitxer més important és el “main.js” que gestiona totes les peticions HTTP, crea i executa el servidor, i gestiona la comunicació amb la resta de fitxers JavaScript. Les funcions implementades en aquests fitxers envien les respostes a l'aplicació que les gestiona i mostra el resultat per pantalla, segons sigui necessari. A la Figura 6 es mostra l'estructura final de fitxers i directoris del servidor.

Back-end (Server)

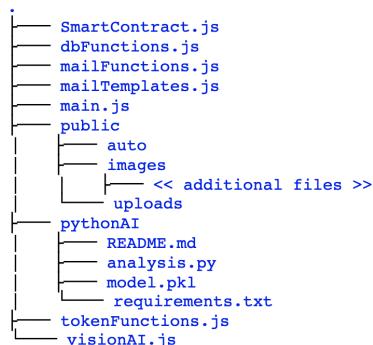


Fig. 6: Estructura de directoris del servidor

En primer lloc, els fitxers “SmartContract.js” i “tokenFunctions.js” inclouen totes les funcions necessàries i el do-

cument “.abi” per permetre la comunicació entre el servidor i el contracte que es troba a la xarxa de Ropsten. El directori “PythonAI” i el fitxer “visionAI.js” conformen totes les funcions encarregades d'analitzar imatges i de relacionar un codi de barres amb el producte corresponent. És aquí on es troba el model exportat d'etiquetatge personalitzat i l'script amb Python que permet la interacció. Per altra banda, els fitxers “mailFunctions.js”, “mailTemplates.js” i “dbFunctions.js” gestionen i implementen totes les funcions relacionades amb la connexió a Google Firebase, el registre i l'inici de sessió, els assoliments, la generació de codis aleatoris per les recompenses i l'enviament de correus electrònics després de canviar tokens per algun producte. Per últim, el contingut de la carpeta “Public” és temporal i s'utilitza per gestionar les imatges descarregades d'Internet (a partir del codi de barres) o bé per desar temporalment la imatge que l'usuari envia.

5.3.2 Front-end (aplicació - client)

Per la part del front-end del sistema hi ha dues seccions ben diferenciades: el directori “public” i el directori “src”. Els directoris “Android” i “iOS” inclouen els fitxers que són necessaris per la execució de forma nativa de l'aplicació.

Front-end (App)

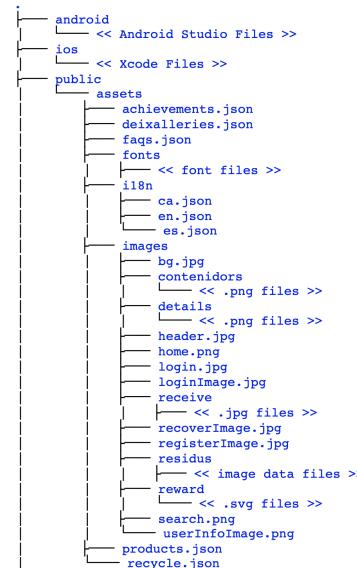


Fig. 7: Estructura de directoris de l'aplicació (I)

Per una banda, tal i com es mostra a la Figura 7, al directori “public” hi ha tres sub-directoris que inclouen imatges, fonts i les traduccions dels textos a les tres llengües suportades. La resta són diferents fitxers JSON que inclouen tota la informació que s'ha de mostrar per pantalla a l'aplicació. El fitxer “achievements.json” inclou la informació referent a les petites recompenses per utilitzar l'aplicació, el fitxer de “deixalleries.json” inclou la informació referent a totes les deixalleries de Catalunya. Aquesta informació ha estat extreta de la web oficial de la Agència de Residus de la Generalitat de Catalunya [24]. També, hi ha un fitxer anomenat “faqs.json” que inclou les preguntes més freqüents sobre reciclatge, i els fitxers “products.json” i “recycle.json” inclouen tots els detalls dels residus i contenidors que es poden trobar dins l'aplicació.

Front-end (App)

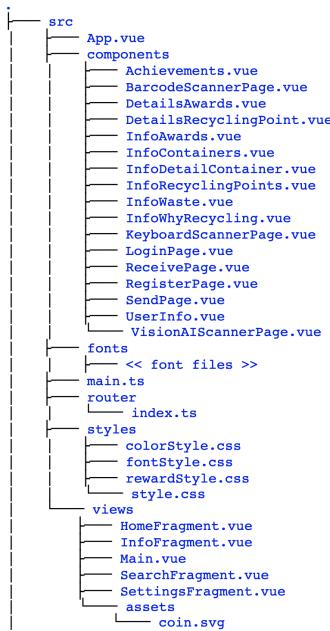


Fig. 8: Estructura de directoris de l'aplicació (II)

Per l'altra banda, tal i com es mostra a la Figura 8, el directori “src” conté diversos arxius que generen la interfície d’usuari de l’aplicació. Els directoris de “router”, “fonts” i “styles” inclouen els fitxers que fan possible la navegació entre els diferents components de l’aplicació i que posen l’estil a la interfície d’usuari. Pel que fa al directori “components”, aquí es troben tots els components de l’aplicació, és a dir, totes les pantalles que hi ha incloses dintre de les diferents pestanyes que té l’aplicació. De fet, aquestes pestanyes es troben dissenyades i implementades al directori de “views”. Per últim, els fitxers “App.vue” i “Main.vue” generen la façana principal de l’aplicació i permet la interacció entre la resta de fitxers que la conformen.

6 FUNCIONALITATS DE L’APLICACIÓ

Un cop finalitzat el procés de desenvolupament de les dues parts més extenses del projecte, aquestes s’han integrat amb la resta de funcionalitats a la solució del sistema. En aquest apartat es recullen totes les funcionalitats implementades i testejades després d’haver realitzat tota la implementació inicial i l’estructura principal de les pantalles i vistes.

En primer lloc, s’ha implementat l’inici de sessió i registre d’un usuari. Aquest, és el primer pas que ha de fer l’usuari per utilitzar la resta de funcionalitats.

A la pantalla d’inici (Figura 9(a)) es mostren dos botons per accedir a les següents pantalles que integren l’inici de sessió i el registre. A la pantalla de registre (Figura 13(b) a l’apèndix) s’han d’introduir les dades bàsiques com són el nom, els cognoms, l’adreça de correu electrònic, una paraula de pas i el DNI. Un cop s’han introduït les dades del registre correctament, el servidor processa la petició, crea un nou compte de tokens i una adreça d’Ethereum i desa les dades a la base de dades de Google Firebase. A partir d’aquí, sempre que l’usuari iniciï l’aplicació, caldrà que realzi l’inici de sessió. En aquesta pantalla (Figura 13(a) a l’apèndix) es demana l’adreça de correu electrònic i la

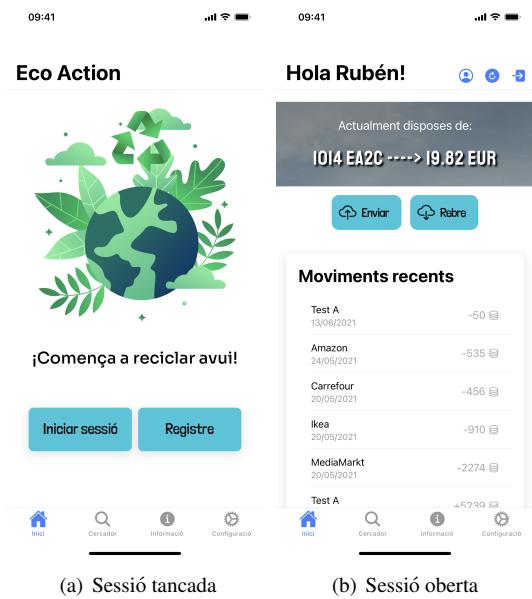


Fig. 9: Pantalla d’Inici

contrasenya. De forma opcional, sempre i quan el dispositiu ho permeti, es pot activar l’inici de sessió amb dades biomètriques.

En segon lloc, després d’iniciar sessió, l’aplicació carrega el saldo de tokens del compte i els moviments recents. En aquest moment, la pantalla principal s’actualitza (Figura 9(b)). En la part superior de la pantalla, hi ha dos botons que implementen les funcionalitats d’enviar i rebre tokens. Per una banda, en la pantalla de rebre tokens (Figura 14(b) a l’apèndix) només s’expliciten les instruccions que el remitent ha de realitzar per tal d’aconseguir enviar els tokens. Per altra banda, en la pantalla d’enviar tokens (Figura 14(a) a l’apèndix), es mostra un primer quadre que permet introduir la quantitat de tokens o bé la quantitat en la moneda habitual a enviar. Després ha d’introduir el DNI del destinatari, i verificar que aquest està registrat al sistema. En cas afirmatiu, es pot confirmar la transacció i veure el saldo i els moviments actualitzats.

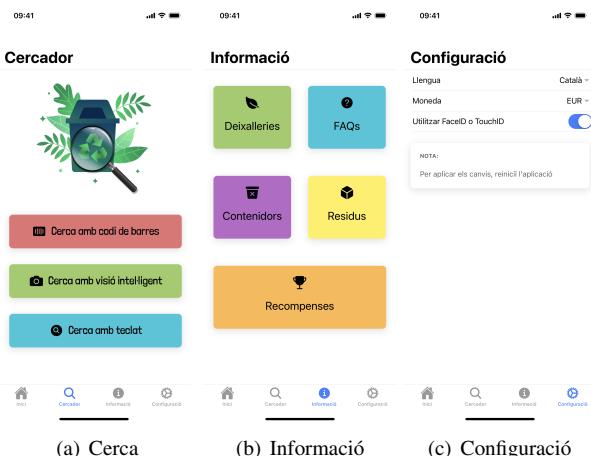


Fig. 10: Pantalles de l’aplicació

En tercer lloc, en la pantalla de cerca (Figura 10(a)) hi ha els tres botons corresponents a les tres cerques implementades: a partir de codi de barres, mitjançant una foto-

grafia o bé per teclat. En la cerca per codi de barres, s'obre la càmera per escanejar el codi de barres i en la cerca mitjançant una fotografia s'obre la càmera per fer-la. Un cop el codi s'escaneja, el servidor intenta trobar el producte associat amb quatre imatges representatives i les envia a l'script de Python per trobar a quin producte correspon. En el cas de la imatge, un cop es pren, s'envia al servidor i s'analitza directament amb el mateix script per trobar el producte corresponent. En tots dos casos, el resultat es mostra per pantalla amb les imatges i quins són el TOP 3 de productes amb més coincidència (Figura 11(a)). Llavors l'usuari pot seleccionar el producte corresponent i veure'n els detalls del residu (Figura 11(b)). En el cas de la cerca per teclat, s'obre una pantalla on es mostra una llista amb tots els productes llistats amb el color corresponent al lloc on s'ha de dipositar el residu i un quadre de cerca per teclat (Figura 11(c)). Si es selecciona un producte s'obre la mateixa pantalla anterior amb els detalls d'aquest residu (Figura 11(b)).

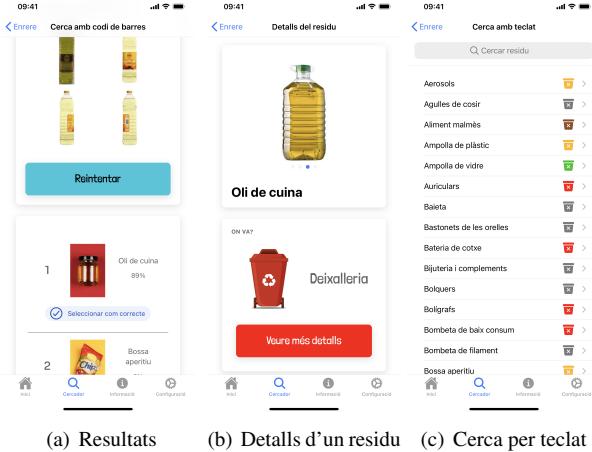


Fig. 11: Pantalles i vistes referents a la cerca

En quart lloc, en la pantalla d'informació hi ha diversos botons que implementen la resta de funcionalitats associades a la obtenció d'informació (Figura 10(b)). Per una banda, en el botó de les recompenses es poden canviar els tokens per xecs regal. En aquesta nova pantalla es poden observar quines són les empreses col·laboradores i quin és el saldo actual (Figura 12(a)). Després de seleccionar l'empresa desitjada s'obre una nova pantalla on es pot seleccionar la quantitat del xec que es vol obtenir i amb el botó per confirmar (Figura 12(b)). En cas de confirmar la recompensa, s'actualitza el saldo, els moviments i arriba al correu electrònic de l'usuari un correu amb el codi del xec (Figura 12(c)).

Per altra banda es troba la informació referent a les deixalleries, preguntes freqüents, contenidors i residus. En la pantalla de deixalleries es mostra una llista amb totes les deixalleries de Catalunya i, sempre i quan el dispositiu tingui GPS, es mostra la distància en kilòmetres entre la ubicació actual i la deixalleria i la llista s'ordena per proximitat (Figura 15(a) a l'apèndix). També hi ha la possibilitat de veure un mapa amb les deixalleries (Figura 15(b) a l'apèndix). Si es selecciona una deixalleria es poden observar imatges, l'horari i informació sobre aquesta. També hi ha un botó que permet trucar, obrir el GPS per obtenir indicacions o obrir la pàgina web associada (Figura 15(c) a

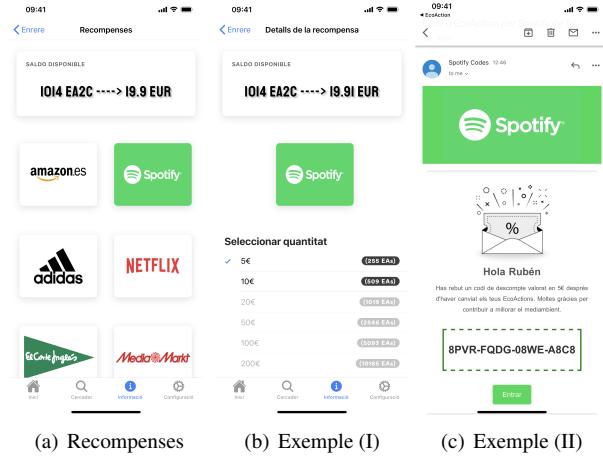


Fig. 12: Vista: Recompenses

l'apèndix). En la pantalla de preguntes freqüents es mostren les preguntes i respostes més freqüents pels usuaris (Figura 16 a l'apèndix), en la pantalla de residus s'accedeix a la cerca per teclat (Figura ?? a l'apèndix) i en la pantalla dels contenidors es mostren un llistat dels contenidors (Figura 17(a) a l'apèndix) i en cas de seleccionar-ne un, es pot veure informació addicional i quins són els residus que s'hi dipositen (Figura 17(b) a l'apèndix). Cal destacar també la implementació de la vista amb informació referent a l'usuari i el seu compte que es pot accedir des de la pantalla principal. En aquesta nova pantalla es mostren les seves dades (amb la possibilitat de canviar el nom i els cognoms), unes breus estadístiques de les cerques realitzades, l'adreça d'Ethereum associada al compte d'EcoAction i un botó per accedir als assoliments que atorguen petites recompenses (Figura 18(a) a l'apèndix). En cas d'accendir als assoliments s'observa una llista amb tots els assoliments disponibles, el premi per aconseguir-los i un botó per reclamar-los (Figura 18(b) a l'apèndix).

Per últim a la pantalla de configuració es pot canviar els paràmetres més bàsics de l'aplicació com són la llengua (entre el castellà, el català i l'anglès), la moneda (entre l'Euro, el dòlar dels EUA i la libra esterlina) i desactivar l'autenticació amb dades biomètriques (Figura 10(c)).

7 CONCLUSIONS

Després d'analitzar els objectius previstos per aquest projecte, es pot determinar que, dins del marge de temps que un alumne té per realitzar el Treball Fi de Grau (TFG), els resultats són els desitjats havent aconseguit que la proposta i finalitat d'ús d'aquesta aplicació estiguï garantida.

Després de realitzar la planificació i el desenvolupament d'aquest projecte, la metodologia seguida ha estat correcta, ha sigut adient i les reunions realitzades amb el tutor han sigut profitoses per mantenir un ritme de treball, i un camí recte cap a la finalitat del projecte.

Pel que fa a la planificació, aquesta no s'ha vist greument alterada durant el transcurs del desenvolupament. Ha funcionat com s'esperava i ha sigut una guia per tenir clar el que s'estava fent i el que s'havia de fer. Les modificacions que s'han realitzat a la planificació eren necessàries i milloren el resultat final del projecte.

Pel que fa a la part del desenvolupament i tenint en compte els resultats obtinguts, els objectius principals s'han assolit. L'aplicació EcoAction funciona, permetent la realització de totes les funcionalitats que s'havien previst i que es volien aconseguir.

És cert, però, que el programa de recompenses no està funcionant al 100% de forma real, degut a que aquesta part funciona gràcies a l'associació d'empreses col·laboradores que afavoreixen que l'aplicació acabi arribant a ser utilitzada pel major nombre d'usuaris possible. Malgrat això, es pot comprovar que funciona correctament, encara que la recompensa que l'usuari rep actualment no és vàlida.

En línies generals, personalment, em sento satisfet amb el desenvolupament realitzat i amb la idea de contribuir en la millora del medi ambient, del planeta i dels valors de la societat. Segons el meu punt de vista, aquest projecte dóna un tret de sortida per diversos projectes que es puguin desenvolupar en els pròxims anys per aconseguir resoldre un dels problemes en els quals les generacions actuals i futures hem i haurem de fer front. Al llarg d'aquest projecte, he après a treballar seguint una metodologia i amb la finalitat d'assolir uns objectius establerts, a utilitzar nous frameworks de desenvolupament actuals d'aplicacions i a crear un contracte d'Ethereum basat en la blockchain, entre d'altres.

7.1 Línies futures

Degut a que el temps que té un alumne per desenvolupar el seu treball és limitat, s'ha intentat acotar el màxim possible els temps i les funcionalitats per aconseguir arribar a mostrar una idea o proposta del que es podria arribar a aconseguir en un projecte futur. A continuació es mostra una llista amb algunes de les possibles millors que es podrien realitzar o funcionalitats que es podrien afegir per tal de progressar i avançar cap a una versió més sofisticada del sistema.

- Millorar el model d'etiquetatge personalitat afegint més imatges representatives al conjunt inicial i millorant la capacitat de computació, de forma que el marge d'error és redueixi i els resultats siguin més acurats.
- Augmentar el nombre de productes que es poden detectar i/o buscar per teclat.
- Continuar entrenant el model a partir de les cerques dels ciutadans, de forma que el model sempre estigui actualitzat.
- Afegir la resta de deixalleries d'Espanya per aconseguir que la resta de ciutadans puguin utilitzar el sistema en la seva totalitat.
- Afegir com a recompenses, esdeveniments municipals, teatres, concerts o activitats esportives que afavoreixin a la cultura i les petites empreses o municipis.
- Facilitar la compra de tokens, descentralitzant el procés utilitzant una passarel·la de pagament segur.
- Canviar l'identificador de l'usuari per a que sigui el telèfon mòbil en comptes del DNI.
- Realitzar una petita secció on els usuaris poden realitzar preguntes que afegir a la vista de "Preguntes Freqüents".

AGRAÏMENTS

Vull agrair tot el suport rebut en tot moment a Jordi Herrera Joancomartí, tutor d'aquest Treball Fi de Grau (TFG), pels consells, suggerències i l'ajuda rebuda durant aquests darrers mesos de desenvolupament de projecte. També per l'esforç que tots hem fet durant aquesta difícil etapa de la COVID-19. Finalment, donar les gràcies a la meva família pel suport que em donen diàriament.

REFERÈNCIES

- [1] El Periódico. Qué puesto ocupa España en el ranking del reciclaje? (juny 2021). [En línia]. Disponible: <https://wwwelperiodico.com/es/medio-ambiente/20190306/que-puesto-ocupa-espana-ranking-reciclaje-7327098>
- [2] El País. Cataluña registra una cifra récord en la recogida selectiva. (juny 2021). [En línia]. Disponible: <https://bit.ly/3wn0T9I>
- [3] Recytrans. Los mayores problemas de España a la hora de reciclar. (juny 2021). [En línia]. Disponible: <https://www.recytrans.com/blog/los-mayores-problemas-de-espana-a-la-hora-de-reciclar/>
- [4] Generalitat de Catalunya. Residu On Vas. (juny 2021). [En línia]. Disponible: <https://www.residuonvas.cat/>
- [5] EcoEmbes. Reciclos. (juny 2021). [En línia]. Disponible: <https://www.ecoembes.com/es/empresas/sobre-nosotros/proyectos-destacados/reciclaje-5-0>
- [6] NextNature Netowrk. The Eco Coin. (juny 2021). [En línia]. Disponible: <https://bit.ly/3gi6G9V>
- [7] Liight. Liight. (juny 2021). [En línia]. Disponible: <https://liight.es/>
- [8] Amazon Web Services. What is data labeling? (juny 2021). [En línia]. Disponible: <https://aws.amazon.com/sagemaker/groundtruth/what-is-data-labeling/>
- [9] CoinTelegraph. What is a token and how does it work. (juny 2021). [En línia]. Disponible: <https://es.cointelegraph.com/explained/what-is-a-token-and-how-does-it-work>
- [10] Softeng. Metodología Scrum. (juny 2021). [En línia]. Disponible: <https://www.softeng.es/es-es/empresa/metodologias-de-trabajo/metodologia-scrum.html>
- [11] Colab Research. Google. (juny 2021). [En línia]. Disponible: <https://colab.research.google.com/drive/1JptYs2PhJ9hfFmBZRq3mychRdGBfphO>
- [12] FastAI. FastAI. (juny 2021). [En línia]. Disponible: <https://fast.ai/>
- [13] TowardsDataScience. Create a multi label classification. (juny 2021). [En línia]. Disponible: <https://towardsdatascience.com/create-a-multi-label-classification-ai-train-our-ai-part-2-85064466d55a>

- [14] Ethereum. Smart-Contracts. (juny 2021). [En línia]. Disponible: <https://ethereum.org/en/developers/docs/smart-contracts/>
- [15] Remix-Project. Remix. (juny 2021). [En línia]. Disponible: <https://remix-project.org/>
- [16] SolidityLang. Solidity. (juny 2021). [En línia]. Disponible: <https://docs.soliditylang.org/en/v0.6.1/index.html>
- [17] Etherscan. Contracte Ropsten. (juny 2021). [En línia]. Disponible: <https://bit.ly/3xiYBZr>
- [18] Web3JS. Web3JS. (juny 2021). [En línia]. Disponible: <https://web3js.readthedocs.io/en/v1.3.4/>
- [19] ExpressJS. ExpressJS. (juny 2021). [En línia]. Disponible: <https://expressjs.com/es/4x/api.html>
- [20] Ubuntu. Get Ubuntu for Developers. (juny 2021). [En línia]. Disponible: <https://ubuntu.com/desktop/developers>
- [21] VueJS. VueJS. (juny 2021). [En línia]. Disponible: <https://vuejs.org/v2/guide/>
- [22] Ionic Framework. Ionic Framework. (juny 2021). [En línia]. Disponible: <https://ionicframework.com/docs>
- [23] CapacitorJS. CapacitorJS. (juny 2021). [En línia]. Disponible: <https://capacitorjs.com/docs/v3>
- [24] Agència de Residus de Catalunya. Deixalleries. (juny 2021). [En línia]. Disponible: <http://www.arc.cat/deix3/listDeix3Instalacio.action>
- [25] EcoAction. GitHub. (juny 2021). [En línia]. Disponible: <https://github.com/RubenReyesA/EcoAction>

APÈNDIX

En aquest apèndix es mostren un seguit de captures sobre l'aplicació.

A.1 Imatges

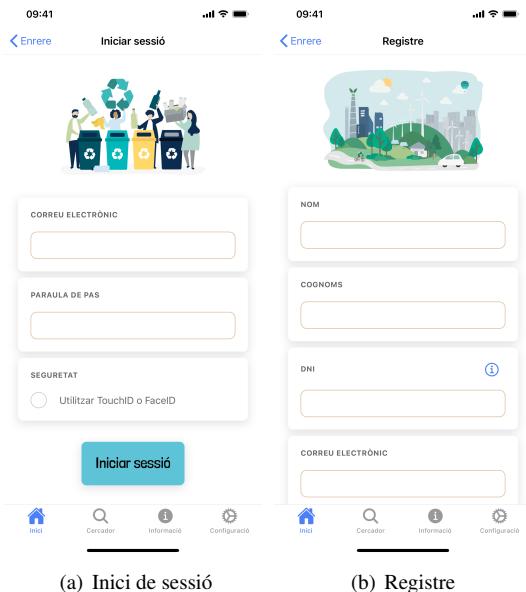


Fig. 13: Vista: Inici de sessió i registre

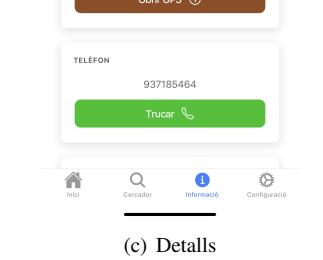
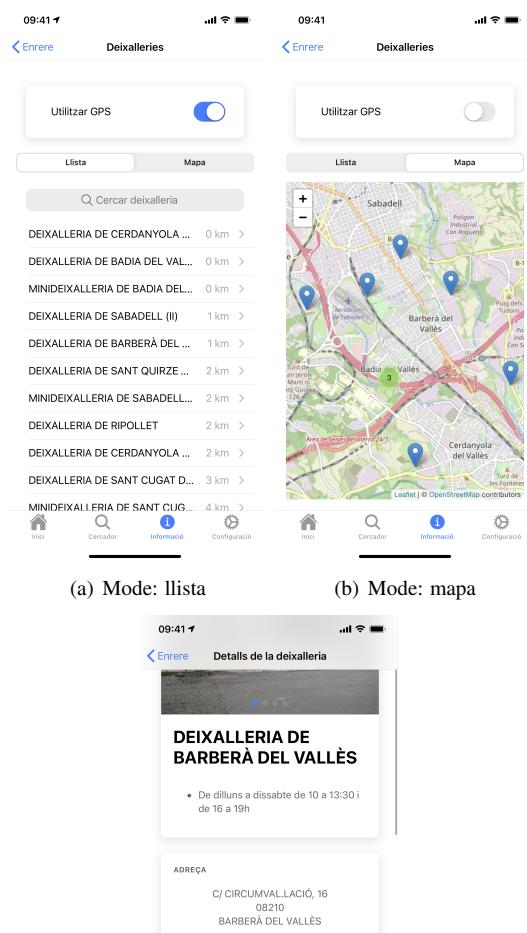


Fig. 15: Vista: Deixalleries

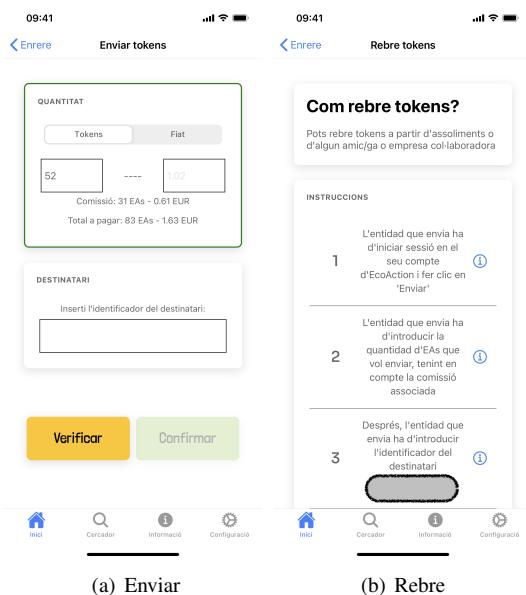


Fig. 14: Moviment de tokens



Fig. 16: Vista: Preguntes freqüents (FAQs)

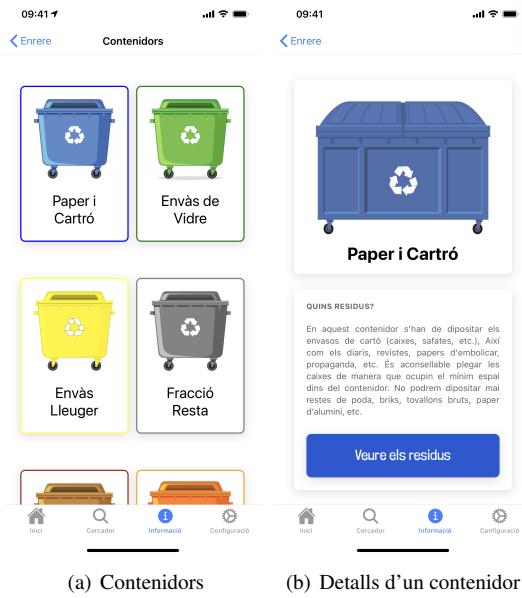


Fig. 17: Vista: Contenidores i detalls

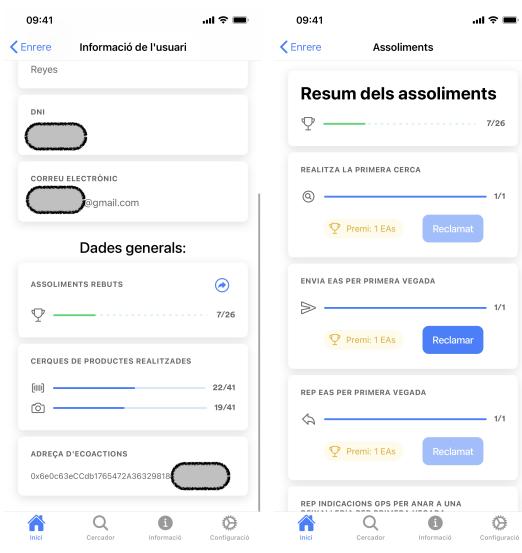


Fig. 18: Vista: Informació de l'usuari i assoliments