

# PASSIVE KEYLESS ENTRY TEST AND VALIDATION FOR VEHICULAR ACCESS

José Maria Ruiz Rios, *Student, UAB*

**Resum**—El projecte consisteix a dur a terme el procés de test i validació de PKETV, un sistema que mitjançant les tecnologies Bluetooth i NFC, permetrà, al propietari d'un vehicle, desbloquejar el motor d'arrencada i obrir o tancar les portes del mateix mitjançant un telèfon mòbil o dispositiu similar. El sistema haurà de ser capaç de detectar la posició de l'usuari en tot moment permetent que el vehicle actuï en conseqüència a aquesta garantint la seva comoditat i seguretat en tot moment.

Amb l'objectiu agilitzar aquest procés de testing i reduir el temps i el cost de provar el sistema, es pretén automatitzar el nombre més gran possible de tests de forma que totes les proves que anteriorment es realitzen de forma manual, es puguin llançant mitjançant scripts, els quals hauran de donar resultats deterministes garantint així la veracitat dels resultats dels tests. D'altra banda també caldrà tant gestionar la definició i els requisits del projecte com la planificació de les validacions d'aquests en cada etapa del projecte.

**Paraules clau**—Test, Validació, Bluetooth, NFC, Vehicle, Motor, Portes, Telèfon Mòbil, Comoditat, Seguretat, Automatitzar, Manual, Scripts, Deterministes, Requisits, Planificació, Validacions.

**Resumen**—El proyecto consiste a llevar a cabo el proceso de test y validación de PKETV, un sistema que mediante las tecnologías Bluetooth y NFC, permitirá, al propietario de un vehículo, desbloquear el motor de arranque y abrir o cerrar las puertas del mismo mediante un teléfono móvil o dispositivo similar. El sistema tendrá que ser capaz de detectar la posición del usuario en todo momento permitiendo que el vehículo actúe en consecuencia, garantizando su comodidad y seguridad en todo momento.

Con el objetivo agilizar el proceso de testing y reducir el tiempos y costes de probar el sistema, se pretende automatizar el número más grande posible de tests de forma que todas las pruebas que anteriormente se hacían manualmente, se puedan lanzar mediante scripts, los cuales tendrán que dar resultados deterministas garantizando así la veracidad de los resultados de los tests. Por otro lado también hará falta tanto gestionar la definición y los requisitos del proyecto como la planificación de las validaciones de estos en cada etapa del proyecto.

**Palabras clave**—Test, Validación, Bluetooth, NFC, Teléfono Móvil, Comodidad, Seguridad, Automatizar, Manualmente, Scripts, Deterministas, Requisitos, Planificación, Validaciones.

**Abstract**—The project consists of carrying out the process of test and validation of PKETV, a system of Bluetooth and NFC that will allow the owner of a vehicle, unblocking the engine and opening or shutting down the doors of the vehicle with a mobile phone or similar device. The system will have to be capable to detect the position of the user all the time allowing the vehicle to act in consequence guaranteeing the user's comfort and security at all times.

With the aim of speed up the testing process and reduce the time and cost needed to check the system, the best solution is automatize the biggest number of tests so scripts can be launched instead of having to test the system manually, those scripts will have to give deterministic results guaranteeing the veracity of the results obtained in the testing process. On the other hand also it will be necessary to manage the definition and requisites of the project while planning the validations of this system at each stage of the project.

**Index Terms**—Test, Validation, Bluetooth, NFC, Mobile Phone, Comfort, Security, Automate, Manual, Scripts, Deterministic, Requisites, Planning, Validations.



## 1 INTRODUCCIÓ

L'entrada passiva sense clau, és un sistema innovador de seguretat pensat perquè un usuari pugui obrir una porta per proximitat, sense la necessitat de tenir una clau com a tal. En molts d'aquests sistemes, els quals normalment s'implementen a la indústria automobilística amb l'objectiu de modernitzar els vehicles, s'utilitzen dispositius electrònics per activar el procés d'apertura o tancament del sistema.

El projecte PKETV, consisteix en un sistema que mitjançant les tecnologies Bluetooth i NFC, permetrà, al propietari d'un vehicle, desbloquejar el motor d'arrencada i obrir o tancar les portes del mateix mitjançant un telèfon mòbil o dispositiu similar. Aquest sistema haurà de ser capaç de detectar la posició de l'usuari en tot moment permetent que el vehicle actuï en conseqüència a aquesta garantint la seva comoditat i seguretat en tot moment.

## 2 OBJECTIUS

L'objectiu prioritari del treball és l'automatització del màxim nombre possible de tests de tal forma que no solament es redueixi el cost i el temps necessari a l'hora de validar el PKE, sinó que aquests scripts de nova generació serviran com a base per a l'automatització de tests en projectes similars futurs.

El fet que la gran majoria de processos de validació es facin mitjançant testing manual fa perdre una gran quantitat d'hores als enginyers per tant el punt crític d'aquest projecte és l'automatització del mateix alhora que es pretén que resultats que obtingui l'enginyer encarregat de llençar els tests siguin verídics i deterministes, per aquest motiu caldrà fer un exhaustiu test del test en tots aquests scripts. Això es garantirà mitjançant una sèrie de mock objects que simularan diferents inputs que podrien rebre aquests scripts durant el seu ús.

Un altre punt clau de l'automatització és el fet que tots aquests scripts han de ser fàcilment reutilitzables per a futurs projectes, intentant ser el màxim de genèrics possibles, posat que a partir de l'automatització d'aquest projecte, es pretén implantar el mateix tipus de tests automàtics tant en altres projectes en curs com en futurs projectes.

Tot i que inicialment es preveia fer també un manteniment de la documentació i afegir els requisits i tests cases pertanyents a les noves iteracions del projecte, això no serà possible posat que actualment aquest es troba aturat.

## 3 ESTAT DE L'ART

Els sistemes d'entrada passiva sense clau són ja una realitat, fins al punt que si entrem a Amazon, podem trobar que per preus que ronden els 60 € es venen sistemes complets. L'evolució constant dels vehicles i l'equipament d'aquests, forçada per la ferotge competència que hi ha entre les diferents marques i l'increment exponencial en els vehicles elèctrics i autònoms ha provocat que qualsevol tecnologia

que faciliti o simplifiqui tasques quotidianes sigui ben acceptada socialment, i en el cas dels sistemes PKE, trobem l'afegit que estan estretament relacionats en molts casos amb dispositius mòbils, i pràcticament tothom disposa d'un.

D'altra banda, l'altra pota del projecte, que és l'automatització de tests, és clarament cap a on el món del testing camina actualment, pel fet de tots els beneficis que aporta si el comparem amb el testing manual, des d'un augment considerable de la productivitat i velocitat a l'hora de dur a terme les validacions, a un descens dels costos, incloent-hi en aquest avantatge el fet que molts d'aquests tests automatitzats es podran reutilitzar en un futur, tampoc podem obviar el fet que la consistència i la fiabilitat dels resultats augmenta considerablement amb tests automatitzats.

Així doncs podem dir que ens trobem davant d'una situació doblement favorable si tenim en compte la situació actual de mercat en ambdós casos.

## 4 METODOLOGIA

### 4.1 Introducció

El projecte PKETV és d'àmbit automobilístic, i una de les metodologies més utilitzades el projectes de software per empreses en aquest tipus de projectes és el conegut com a V-Model, així i tot, internament en cadascun dels departaments que col·laboren en el projecte, té les seves pròpies metodologies de treball, almenys en el nostre cas.

Com explicaré a continuació he triat la metodologia més adient per al projecte que duré a terme, que serà Agile, també utilitzant la tècnica de gestió Kanban, així i tot crec que és important explicar el V-Model per a conèixer el funcionament intern de les empreses que desenvolupen projectes de software relacionats amb l'àmbit automobilístic.

### 4.2 V-Model

El V-model és una metodologia de desenvolupament de software cíclica, el nom de la qual és deu a què la forma en què es van duent a terme les diferents tasques del procés que la formen recorden a la silueta d'una V. Cal puntualitzar que totes aquestes tasques es fan de forma seqüencial.

Aquest model es caracteritza per la simplicitat i perquè cada fase del mateix consta de dues parts complementàries entre si, sent respectivament una fase de disseny i una altra de test. En el nostre cas concret, els tests d'integració i els tests unitaris els porta a terme el mateix departament de software, sent les altres fases de test responsabilitat del departament de test i validació. És molt important tenir en compte que per aplicar aquest mètode s'han de tenir clars els requisits del projecte des de l'inici d'aquest.

### 4.3 Metodologia inicial del projecte

Originalment, es pretenia dur a terme el projecte utilitzant la metodologia Agile, pel fet que dintre del de-partament, els projectes es desenvolupaven dividint-los en petites fases anomenades milestones que al final són sprints. A més aquesta metodologia s'adapta molt bé als projectes que pateixen canvis constants i que compten amb equips amb gent diversa, la qual ha de col·laborar entre si.

Quant als canvis constants, cada nova iteració o milestone d'un projecte d'aquestes característiques pot comportar canvis en els requisits proposats pel client i que el projecte s'hagi d'adaptar a les noves directrius donades, per la qual cosa podem dir que ens trobem amb un projecte dinàmic i susceptible a canvis.

Finalment la forma gestionar les tasques dels diferents membres de l'equip dins del mateix departament de test i validació és mitjançant Kanban, que ens permet tenir clar quines tasques prioritzar i on es troben els colls d'ampolla.

### 4.4 Metodologia final del projecte

Tenint en compte que finalment anava a treballar completament sol, i que podríem dir que com no anava a estar en un entorn d'equip a causa del confinament, no podria afirmar de cap manera que utilitzaria la metodologia Agile durant el desenvolupament del projecte, posat que aquesta està feta per a equips, així doncs, encara que la idea era continuar seguint els passos ordenats i lògics en el desenvolupament del treball, el millor va ser optar per una metodologia de cascada.

Les fases de les metodologies de cascada són similars a les de la metodologia Agile, però aquesta metodologia per la qual he acabat optat, cadascuna de les fases es diferencia de les altres, és a dir que no es fan a la vegada. Vaig començar per desenvolupar els mock objects després de casa grup de scripts, tot que originalment estaven com a una única tasca a la planificació, això si tenint al cap com fer-los mentre avançava en el desenvolupament dels scripts. En definitiva, crec que va ser una bona decisió fer les coses així pel fet que calia desenvolupar dues parts diferenciades en el mateix projecte, els scripts d'UDS, els scripts de CAN, els mock objects d'ambdós i finalment dissenyar una interfície per a l'aplicació.

Aquesta metodologia també ha resultat satisfactoria pel fet que el client solament es té en compte al principi i al final del projecte, i no durant el transcurs d'aquest, i tot i que està feta per a treballar en equip, no s'hi incideix tant com a l'Agile en aquest factor.

## 5 REQUISITS

### 5.1 Requisits funcionals

- RF1: El sistema ha de permetre l'execució de tests cases mitjançant el llançament de scripts.
- RF2: El sistema ha de guardar els resultats de l'execució dels tests en un format comprensible.

- RF3: El sistema ha d'emmagatzemar els resultats de forma ordenada i sense que aquests es trepitgin entre si.
- RF4: El sistema he de ser genèric amb l'objectiu de ser fàcilment adaptable a altres projectes.
- RF5: El sistema ha de ser fàcilment ampliable i permetre l'addició de noves funcionalitats.
- RF6: El sistema ha de permetre a l'usuari conèixer l'estat de l'execució mitjançant el feedback oportú.
- RF7: El sistema ha de permetre a l'usuari aturar l'execució d'un test en qualsevol moment.
- RF8: El sistema he de guardar l'estat inicial al començar l'execució de qualsevol test.
- RF9: El sistema de recuperar l'estat inicial al finalitzar l'execució de qualsevol test.

### 5.2 Requisits no funcionals

- RNF1: Els scripts han de ser fàcilment executables.
- RNF2: Els resultats obtinguts de l'execució dels scripts han de ser fiables i deterministes.
- RNF3: El sistema ha de ser intuïtiu.
- RNF4: Els scripts han d'acabar ràpid a no ser que automatitzin una prova d'endurance.
- RNF5: El sistema no ha de semblar que no està fent res o s'ha quedat aturat en camp moment.
- RNF6: S'ha de poder validar els scripts sense necessitat de cap setup.

### 5.3 Requisits tècnics

- RT1: L'aplicació utilitzada per a desenvolupar el projecte serà CANape.
- RT2: Els scripts utilitzats per automatitzar els tests estaran codificats amb el llenguatge CAPL.
- RT3: Els scripts s'han de desenvolupar i validar basant-se en la possibilitat de no comptar amb una llicència durant el projecte.
- RT4: Els scripts s'han de desenvolupar i validar basant-se en la possibilitat de no comptar amb cap setup durant el projecte.

### 5.4 Requisits no assolibles

- RTNA: Serà necessari disposar d'una llicència de CANape.
- RTNA: Serà necessari disposar d'un setup complet del sistema PKETV per a validar els scripts amb el sistema si és possible.

## 6 PLANIFICACIÓ

### 6.1 Planificació Inicial

Aquesta planificació es va dur a terme tenint en compte que es treballaria una mitjana de dues hores diàries com a mínim, utilitzant els caps de setmana per recuperar les hores no assolides durant la setmana que provoquessin endarreriments en alguna tasca. Aquesta planificació no contemplava en cap cas la possibilitat que una pandèmia com la que hem viscut succeís.

La planificació de les tasques escollides inicialment va ser la següent.

#### Iteració inicial

- Estudi del sistema (Setmana 1)
- Familiarització amb les eines i llenguatges a utilitzar (Setmana 2)
- Manteniment i planificació de requisits i test cases (Setmana 3)
- Automatització dels primers scripts (Setmanes 4 i 5)
- Preparació informe de seguiment (Setmana 6)

#### Iteració mitjana

- Manteniment i planificació de requisits i test cases (Setmana 7)
- Automatització de tests (Setmanes 8 i 9)
- Test del test (Setmana 10)
- Preparació informe de seguiment (Setmana 11)

#### Iteració final

- Test del test (Setmana 12)
- Preparació informe final (Setmana 13 i 14)

Podem veure el diagrama de Gantt corresponent a la planificació pensada a l'inici del projecte a la següent imatge, que va ser dissenyada amb l'aplicació Gantt Project.

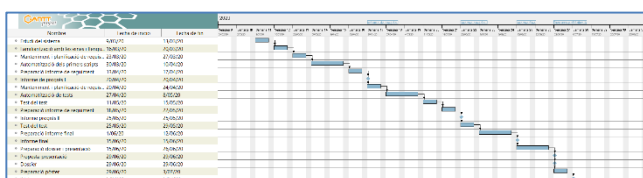


Figura 1. Ruiz Rios, José M<sup>a</sup> (2020). PKETV. Diagrama de Gantt de la planificació inicial del projecte.

## 6.2 Adaptació de la planificació per el COVID-19

A causa del confinament i als problemes provocats pel COVID-19, com la gran majoria d'empreses Idneo va tancar, a més que als becaris de la UAB únicament podien fer treball telemàtic en cas que aquest pogués dur-se a terme de forma correcta.

Aquesta crisi en el cas del projecte PKETV ha provocat la seva aturada immediata fins que la situació es normalitzi, afegint el fet que he de buscar una forma nova de treballar pel fet de no disposar dels setups necessaris per poder comprovar quan arribi el moment si els scripts de tests automatitzats donen els resultats esperats. És per això que he hagut de fer algunes modificacions en la planificació que havia elaborat prèviament intentant no fer massa canvis o desviar-me de la idea inicial.

## 6.3 Planificació final

Com que en certa manera els objectius han variat encara que el projecte persegueix els mateixos resultats, he hagut de modificar la planificació amb l'objectiu d'adaptar-la a la nova situació de forma realista, i canviant les tasques que no es podran complir almenys no de forma segura per altres que pretenen reforçar els punts que han guanyat importància com és el desenvolupament dels mock objects o

la possibilitat de dissenyar una interfície al final del projecte.

També cal mencionar que ara les tasques referents al desenvolupament de scripts es troben partides en dos blocs, els d'UDS i els de CAN. Això ho he decidit d'aquesta forma per les diferències que separen ambdós protocols i que a l'hora de fer mock objects per a cada tipus, aquests seran diferents.

D'altra banda crec que la nova planificació no es veurà afectada d'aquí al final si no és per una altra catàstrofe, i també que la nova planificació em permetrà treballar millor, ja que està adaptada a la situació i he tingut en compte que podran sorgir problemes i els hauré de solucionar sense cap ajut, és per això que en cas que hi hagi desviacions es retallaria temps de les últimes tasques de test del test per poder tornar al bon camí si calgués. Aquestes tasques de tests del test les he volgut deixar obertes i deixar-les al final, posat que és possible que per aquelles dates ja pugui anar a l'empresa i accedir a alguna de les eines a les quals no tinc accés des de casa, de la mateixa forma que per temps o que pel simple fet que no es pugui això no sigui així, per tant la idea es anar treballant en les tasques assolibles i en certa manera quan arribi el moment afrontar les fases finals amb les eines que disposi cosa que ara mateix no puc saber.

La planificació de les tasques escollides va ser la següent.

#### Iteració inicial

- Estudi del sistema (Setmana 1 i 2)
- Selecció i planificació dels tests a automatitzar (Setmana 3)
- Familiarització amb el llenguatge (Setmana 4)
- Automatització tests UDS (Setmana 5)
- Preparació informe de seguiment (Setmana 6)

#### Iteració central

- Planificació i inici de la implementació dels mock objects (Setmana 7)
- Automatització tests CAN i continuació dels mock objects (Setmanes 8 i 9)
- Test del test (Setmana 10)
- Preparació informe de seguiment (Setmana 11)

#### Iteració final

- Test del test i implementació interfície (Setmana 12)
- Preparació informe final (Setmana 13 i 14)

Podem veure el diagrama de Gantt corresponent a la planificació sorgida després de la crisi del coronavirus i per tant la planificació final del projecte a la següent imatge, que va ser dissenyada amb l'aplicació Gantt Project.



l'ECU simulada, en aquest cas del vehicle amb l'ECU del Master, la qual serà alimentada per la font mencionada anteriorment, també podem observar les diferents anchors connectades al private CAN.

En aquest cas solament ens hem connectat al Body CAN, obviant el Private CAN, això és perquè en aquest cas no ens interessa la comunicació que hi ha entre l'ECU Master i els Anchors, ja que com podem veure solament captarem la informació que l'ECU enviaria a través del Body CAN cap al vehicle.

### 11.2 Setup Master

Aquest setup té com a objectiu permetre validar exclusivament totes les funcionalitats de l'ECU Master.

Podem apreciar a l'esquema de la *Figura 3* de l'Annex com tant els Anchors com l'ECU del vehicle seran simulades pel portàtil, i que ens connectarem a ambdós canals CAN, tant al Body com al Private, per així poder validar totes les funcionalitats del Master que calgui. En aquest cas podem veure com les anchors no apareixen al diagrama, això és pel fet que aquestes també seran simulades amb el portàtil.

### 11.3 Setup Anchors

Aquest setup té com a objectiu permetre validar exclusivament totes les funcionalitats dels Anchors.

Podem apreciar en l'esquema de la *Figura 4* de l'Annex que tant l'ECU Master com la del vehicle seran simulades pel portàtil, estant aquest connectat únicament el canal Private CAN, ja que és l'únic que necessita per a validar els Anchors exclusivament. Podem apreciar com ni l'ECU Master ni el mateix Body CAN apareixen al diagrama, això és perquè únicament volem validar el correcte funcionament de les anchors, i aquests elements seran simulats mitjançant el portàtil.

## 8 RESULTATS

El resultat d'aquests mesos de treball és que tenim una aplicació que es podria desglossar en quatre parts, dues de les quals es troben estretament lligades a causa de les seves similituds. D'una banda tenim els tests que es volien implementar, dinou en total, i d'aquests nou relatius al protocol CAN, i nou a UDS, cadascun d'aquests dinou tests porta associat un mock object el qual permet en tot moment canviar a l'aplicació entre el mode normal el qual funcionaria si estiguéssim connectats a un dels setups que fos funcional i el mode mock, en el qual se simularan els senyals i els valors que aquest test hauria de rebre durant una execució d'aquest. Cal esmentar també que per a cada test s'han preparat valors simulats correctes i incorrectes per a poder provar tant el seu correcte funcionament indiferentment dels valors d'entrada que revés, podent ser aquests positius o negatius.

Els diferents tests implementats es resumeixen en el següent llistat:

- [UDS] Identificador del vehicle: l'identificador del vehicle VEHICLE\_ID ha de poder ser modificat mitjançant el protocol UDS.
- [UDS] RSSI Threshold 1M: el valor de 1M\_RSSI\_THRESHOLD ha de poder ser modificat mitjançant el protocol UDS.
- [UDS] RSSI Threshold 3M: el valor de 3M\_RSSI\_THRESHOLD ha de poder ser modificat mitjançant el protocol UDS.
- [UDS] RSSI Hysteresis Timer: el valor de RSSI\_HYSTERESIS\_TIMER ha de poder ser modificat mitjançant el protocol UDS.
- [UDS] Bluetooth no detectat: el valor de NO\_BLE\_DETECTED\_TIMER ha de poder ser modificat mitjançant el protocol UDS.
- [UDS] RSSI Firmware dimensió: el valor de RSSI\_FIR\_DIMENSION\_TIMER ha de poder ser modificat mitjançant el protocol UDS.
- [UDS] Versió de software: la versió de software SOFTWARE\_VERSION ha de ser únicament de lectura i no es podrà modificar.
- [UDS] Identificadors dels Anchors: els identificadors dels Anchors ANCHOR\_IDX on X és el número d'Anchor poder ser modificat mitjançant el protocol UDS.
- [UDS] Missatges de desenvolupador: els missatges de desenvolupador han d'estar desactivat per defecte i s'ha de donar l'opció d'activar-los i desactivar-los mitjançant UDS.
- [CAN] Comunicació del Master amb el Body Controller: el Master ha de comunicar al Body Controller el nivell de RSSI rebut per les anchors dels dispositius predefinitos que aquestes hagin detectat mitjançant Bluetooth.
- [CAN] IDNEO NFC tag Master: el Master ha d'informar a través del body CAN quan a través de l'anchor 2 detecti o deixi de detectar una targeta o emissor NFC amb l'identificador d'Idneo.
- [CAN] IDNEO NFC tag Anchors: els anchors que disposin d'NFC han d'informar al Master quan detectin o deixin de detectar una targeta o emissor NFC amb l'identificador d'Idneo.
- [CAN] Directive radiaton patern: les antenes Bluetooth dels anchors han de presentar un patró de radiació determinat.
- [CAN] Càlcul del nivell RSSI: el Master ha de calcular el nivell d'RSSI d'un anchor amb les últimes mostres d'RSSI



obtingudes de RSSI\_FIR\_DIMENSION.

- [CAN] Suport de dos dispositius Bluetooth alhora: el Master ha de poder suportar i seguir dos dispositius Bluetooth.
- [CAN] Actuació del Master en detectar targeta NFC: el Master ha de canviar la lògica de SG\_PKEM\_Status\_ExteriorAuth i SG\_PKEM\_DriveAuthorized si l'anchor 2 detecta una targeta NFC.
- [CAN] CAN bus request: el Master ha d'enviar al principi la petició de bus CAN BusReqOn mentre la variable XCP\_NO\_BUS\_REQUEST\_TIMER valgui 1000.
- [CAN] CAN bus request condicional: el Master ha d'enviar una petició determinada quan es compleixi que NO\_BUS\_REQUEST\_TIMER no hagi expirat i la autenticació exterior i l'autorització per a conduir siguin positives.
- [CAN] Estructura dels paquets CAN de NFC: els paquets CAN de NFC han de seguir l'estructura següent:  
 VEHICLE\_ID (offset: 0, Size: 4 Bytes)  
 KEY\_ID (offset: 4, Size: 1 Byte)

D'altra banda, la tercera part del projecte la qual també té una gran importància tenim totes les funcions i scripts, no tots d'ells implementats en CAPL, ja que vaig creure que alguns seria millor fer-los en Python que han servit per crear els logs, escriure per la consola, fer conversions de tipus, comunicar els diferents scripts i la interfície amb el codi, els quals englobaré a la categoria de scripts i funcions útils que tot i tindre aparentment un paper secundari i que no llueixen tant a l'hora d'explicar un projecte, permeten fer el codi més ordenat i separar les diferents funcionalitats de forma correcta.

Per acabar, la quarta part, que tot i que inicialment no es contemplava entre els objectius del projecte, va sorgir surant la replanificació fruit del confinament i que és la interfície.

Aquesta interfície permet en tot moment a l'enginyer encarregat de llençar els tests canviar entre els modes mock i normal, seleccionar el test a executar, seleccionar en cas que estigui en mode mock el conjunt d'inputs que rebrà el sistema, i monitorar els resultats i controlar el progrés del test amb la barra de progrés d'aquest.

Tot i que quan no estem connectats a una ECU els botons implementats no respondran i s'haurà de llençar el test o netejar les dades de forma manual mitjançant l'execució de l'script encarregat, en una situació en què es disposi dels dispositius necessaris aquests botons tindran un funcionament correcte. Això es deu simplement a què el programa CANape14 no permet que els botons funcionin fora de l'execució normal que necessàriament necessita estar connectada a una ECU.

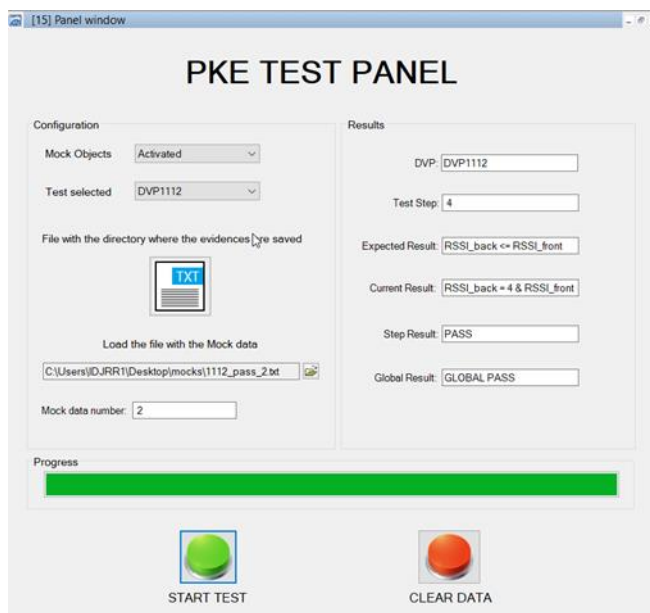


Figura 4. José M<sup>a</sup> Ruiz Rios. PKE. Interfície de l'aplicació.

En la imatge anterior podem apreciar la interfície de l'aplicació amb les seves diferents parts just després d'haver acabat l'execució d'un test.

Si en volem fixar-nos en el codi implementat, des del meu punt de vista diria que és diferent de la majoria d'aplicacions o practiques elaborades durant els meus estudis, com que únicament podia implementar scripts mitjançant el programa utilitat també funcions que es podrien executar durant certes situació en una execució del programa on es comptés amb una ECU funcional.

Així doncs el codi del projecte està format per una sèrie de scripts escrits en CAPL, en els quals he intentat formar una estructura coherent implementant funcions en els que he cregut necessaris i comunicar-les entre ells amb l'objectiu d'encapsular les funcions i separa les diferents funcionalitats entre elles per així poder generar dintre de les possibilitats que tenia un codi comprensible, lògic i fàcilment mantenible. També he implementat dos scripts en Python que es cridaven des del codi CAPL amb l'objectiu de poder utilitzat certs avantatges que em donava el llenguatge Python a l'hora de tractar els fitxers d'evidències i formatar-los com jo volia i que amb el llenguatge del CANape14 no podia dur a terme.

A la Figura 5 de l'annex es pot apreciar l'estructura de scripts i com aquests interactuen entre ells per a permetre el correcte funcionament de l'aplicació.

## 9 CONCLUSIONS

Com a conclusió final del projecte i amb l'objectiu de fer una valoració de com ha anat tot fins ara, en general estic content amb els resultats, tot i que de la mateixa manera

que ningú esperava el que ha passat durant aquestes últimes setmanes i mesos, crec que la idea inicial del treball no ha quedat compromesa per la situació, i amb els canvis introduïts durant aquesta iteració tant als objectius com als requisits, la planificació i la metodologia permetran obtenir uns resultats una mica diferents dels esperats inicialment però igualment interessants i vàlids que compliran amb la premissa del treball sense desviar-se molt del que es va plantejar a l'inici.

D'altra banda també és cert que amb el pas de les setmanes he hagut de prendre certes decisions que canviaven dependent de com ha anat avançant la situació, però així i tot, després de replantejar fins a cert punt el projecte durant l'etapa de desenvolupament prèvia a l'entrega de l'informe de seguiment I, he aconseguit que no es condicioni el resultat final més gràcies al fet que la planificació està pensada per poder arribar a bon port passes el que passes durant les últimes setmanes de treball.

Així doncs tot i els entrebancs que he trobat valoro el treball de forma positiva fins al moment donat valor especial al fet que es pugui continuar sense grans desviacions. El fer de poder veure els avenços i de disposar ja d'una interfície totalment funcional i acabada sumant que tots els tests que es van proposar per a implementar s'han dut a terme i provat amb el sistema amb resultats exitosos, em porta a fer una valoració general de la feina feta positiva on s'ha respectat la idea original de fer un sistema capaç de permetre realitzar aquestes validacions de forma automatitzada i senzilla, ajudant tant als treballadors com a l'empresa i donant moltes més facilitats a l'hora de realitzar aquestes tasques amb èxit a l'hora que s'estalvien diners i temps en el procés.

El punt negatiu de tot plegat és que tot i haver assolit amb èxit tot el que s'havia proposat en les condicions actuals, no s'ha pogut fins al moment fer proves de camp amb el sistema desenvolupat i els dispositius necessaris que es trobaven a l'empresa, cosa que és una llàstima, ja que d'aquesta forma, no es podrà dur a terme cap experiment en l'entorn per al qual el sistema està dissenyat abans de la finalització del treball.

Finalment volia també donar importància a la idea central de fer tot el sistema genèric, però no en la forma que dins del projecte PKETV diferents tipus de tests comparteixen estructures o funcions similars per fer-los homogenis i sigui fàcilment escalable, sinó per a l'aplicació de la metodologia de treball aplicada a aquest projecte la qual crec que aporta molt valor a qualsevol departament de test i validació en un àmbit més global i que es pugui aplicar no solament als projectes similars al que he portat sinó també a altres projectes que inclús utilitzin llenguatges o aplicacions diferents, posat que la idea essencial és invertir cert temps i uns recursos de-terminats en fer un treball previ que mitjançant el sistema i la forma de treball pensada en aquest treball es puguin preparar basant-se en el treball ja fet aquí sigui ampliant-lo o adaptant-lo a les necessitats de

cada cas, una eina capaç d'automatitzar la major part de tests d'un projecte garantint la seva validesa en tot moment a l'hora que tot el procés es beneficia dels avantatges aquí exposats.

Tot i que òbviament és una llàstima patir les limitacions de la pandèmia i no poder fer proves en un entorn realista en aquests moments i veurem limitat a treballar en tot moment amb inputs simulats, crec que si es té en consideració el que s'ha arribat a construir i la idea original del treball, la distància no és gaire gran, i fins i tot s'ha donat el cas que ha sorgit la idea de generar una interfície que potser si s'haguessin pogut fer totes les proves amb els dispositius pertinents en la situació que originalment es considerava ideal, no hauria pogut treballar el projecte en aquest sentit i crec que hauria estat una llàstima no haver tingut aquesta idea i haver pogut dur-la a terme.

## AGRAÏMENTS

Voldria agrair als meus pares per haver-me donat l'oportunitat d'estudiar i haver-me encoratjat Durant aquests anys, també al meu tutor, en Marc Tallo per haver-me guiat i ajudat sempre que ho he necessitat durant aquest projecte.

D'altra banda també voldria donar les gràcies al Jordi Pons per haver-me guiat i ajudat quan ho vaig necessitar durant les pràctiques curriculars que vaig fer a Idneo les quals van fer possible que acabés realitzant el meu TFG allà. Òbviament per acabar també voldria agrair a l'empresa Idneo i en especial al meu tutor d'empresa, en David Estévez l'oportunitat de tindre la meva primera experiència laboral allà i de poder desenvolupar un TFG tan interessant com el que he acabat.

## REFERÈNCIES

- [1] Agile Project Management, Mindtools. <https://www.mindtools.com/pages/article/agile-project-management.htm>
- [2] Kumar, Dharmendra. Software Engineering: SDLC VModel. GeeksforGeeks. <https://www.geeksforgeeks.org/software-engineering-sdlc-v-model/>
- [3] Rouse, Margaret. Passive keyless entry (PKE). WhatIs. <https://whatis.techtarget.com/definition/passive-keyless-entry-PKE>
- [4] Tips and Tricks for the Use of CAPL, Vector. <https://kb.vector.com/entry/875/>
- [5] Gomez, C. Oller, J i Paradells, J. (2012). Overview and Evaluation of Bluetooth Low Energy: An Emerging Low-Power Wireless Technology. MDPI.
- [6] Cao, Z. Chen, P, Ma, Z. Li, S. Gao, X. Wu, R. Pan, L i Shi, Y. (2019). Near-Field Communication Sensors. MDPI.
- [7] CAN bus explained, CSSElectronics. <https://www.csselectronics.com/screen/page/simple-intro-to-can-bus/language/en>
- [8] CAN bus, From Wikipedia, the free encyclopedia. [https://en.wikipedia.org/wiki/CAN\\_bus](https://en.wikipedia.org/wiki/CAN_bus)
- [9] Portal ISO 33000. Iso33000. <https://www.iso33000.es/>



[10] Portal ISO. Road vehicles, Unified diagnostic services.  
<https://www.iso.org/standard/55283.html>

## GLOSSARI

**PKE:** Sistema de seguretat emprat sovint en l'àmbit automobilístic que permet a l'usuari bloquejar o desbloquejar portes en acostar-se o allunyar-se d'aquestes.

**ECU:** És l'abreviació d'unitat de control electrònic, i es refereix a qualsevol sistema encastat dissenyat amb l'objectiu de controlar els diferents dispositius electrònics que hi ha a un vehicle.

**CAN:** Protocol de comunicació utilitzat per a la transmissió de missatges en entorns distribuïts i que és molt popular a la indústria automobilística, ja que permet la comunicació dels diferents microcontroladors i aparells electrònics presents a qualsevol vehicle actual sense la necessitat de tenir un ordinador a bord que administri aquesta comunicació.

**XCP:** Protocol de comunicació que treballa estretament amb el protocol CAN i permet realitzar calibratges en ECUs metre aquestes estan treballant.

**CAPL:** Llenguatge de programació basat en C utilitzat en les aplicacions de Vector relacionades amb xarxes CAN.

**UDS:** Protocol de comunicació de l'àmbit automobilístic validat per un estàndard ISO que serveix per validar la correctesa de les diferents funcions de diagnosi que ha de tenir una ECU d'un vehicle.

**BLUETOOTH:** És un tipus de xarxa sense fils d'àrea personal molt popular que permet realitzar transmissions de dades mitjançant connexions de radiofreqüència entre diferents dispositius.

**BLUETOOTH LOW ENERGY (BLE):** Nova versió del Bluetooth tradicional que millora les prestacions d'aquest reduint el consum d'energia considerablement. És el tipus de Bluetooth utilitzat al projecte.

**NFC:** És un tipus de comunicació sense fils amb un camp d'acció reduït que permet l'intercanvi de dades entre diferents dispositius.

**ANCHOR:** Quan ens referim a un Anchor en el projecte PKETV estem parlant d'una de les cinc ECUs que mitjançant tecnologies Bluetooth i en el cas de dues també NFC, permeten al sistema ubicar la posició del sistema d'apertura del vehicle que porta l'usuari i comunicar la posició d'aquest i altres dades d'interès a l'ecu Master.

**MASTER:** Quan ens referim al Master en el projecte PKETV estem parlant de l'ECU central del sistema, la qual ha de comunicar-se amb els Anchors i amb el vehicle, funcionant com a enllaç entre les dades que recullen aquestes i a partir d'aquestes i les dades que té ella exclusivament comunicar ordres en forma de missatge CAN al vehicle.

**RSSI:** És una mesura utilitzada per a poder mesurar la potència de senyals sense fils, en el nostre cas servia per mesurar la potència del senyal Bluetooth que reben els Anchors del dispositiu d'apertura.

# ANNEX

José Maria Ruiz Rios, *Student, UAB*



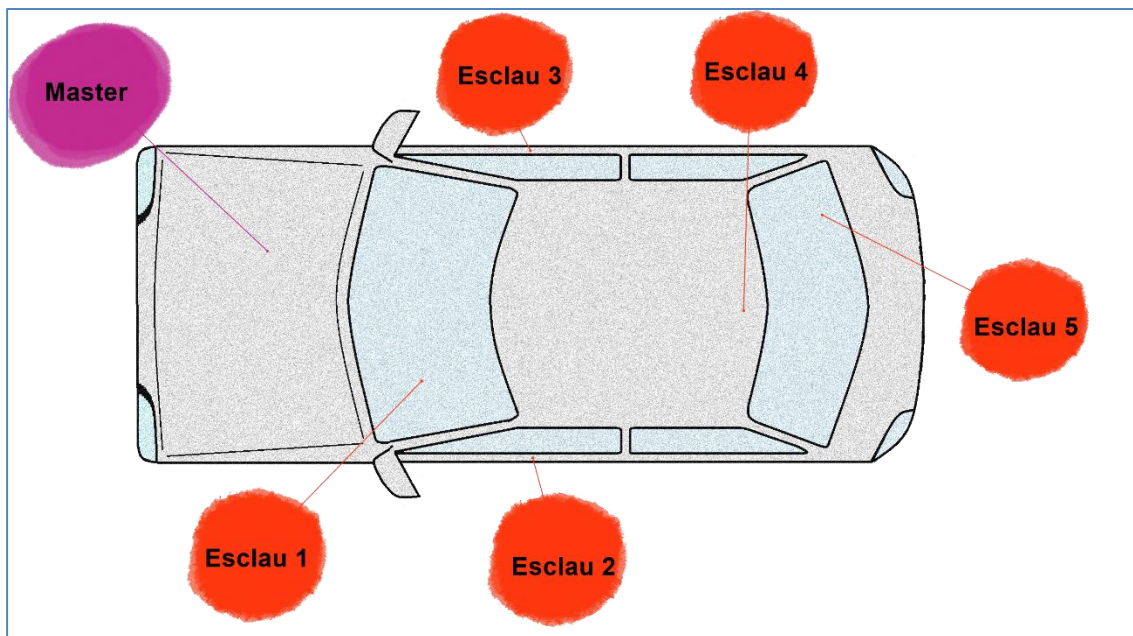


Figura 1. Ruiz Rios, José Mª (2020). PKETV. Esquema de les ECUs del sistema PKETV.

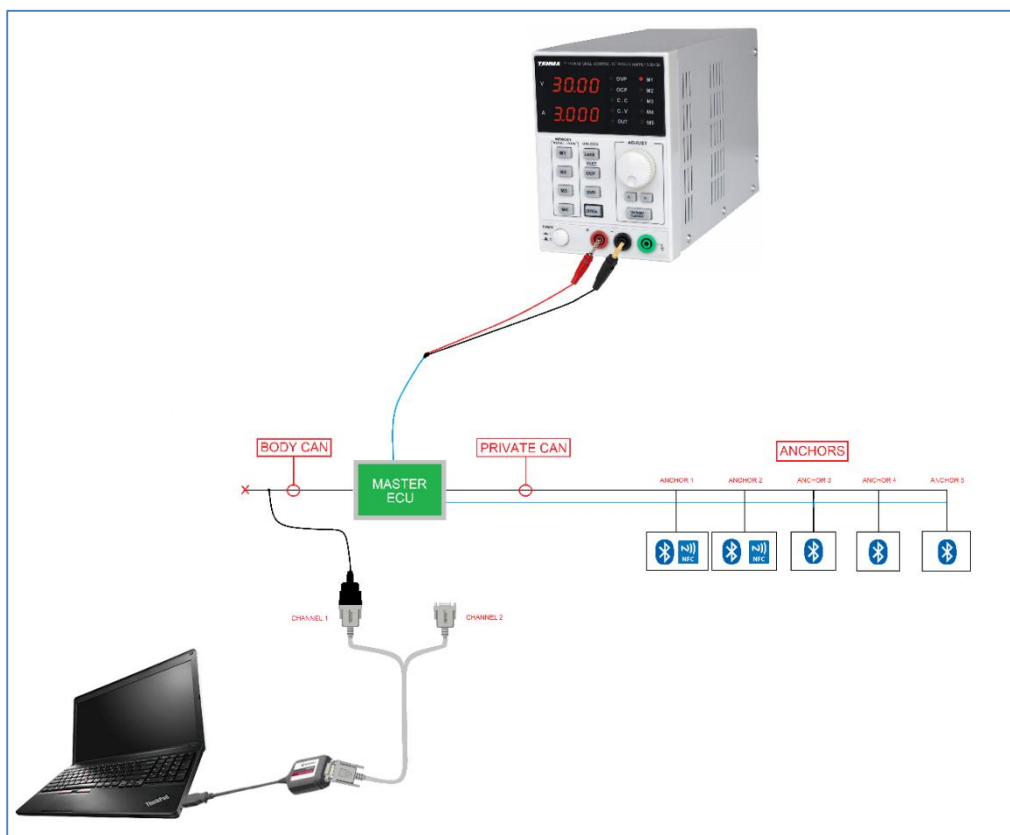


Figura 2. Ruiz Rios, José Mª (2020). PKETV. Esquema del setup general.

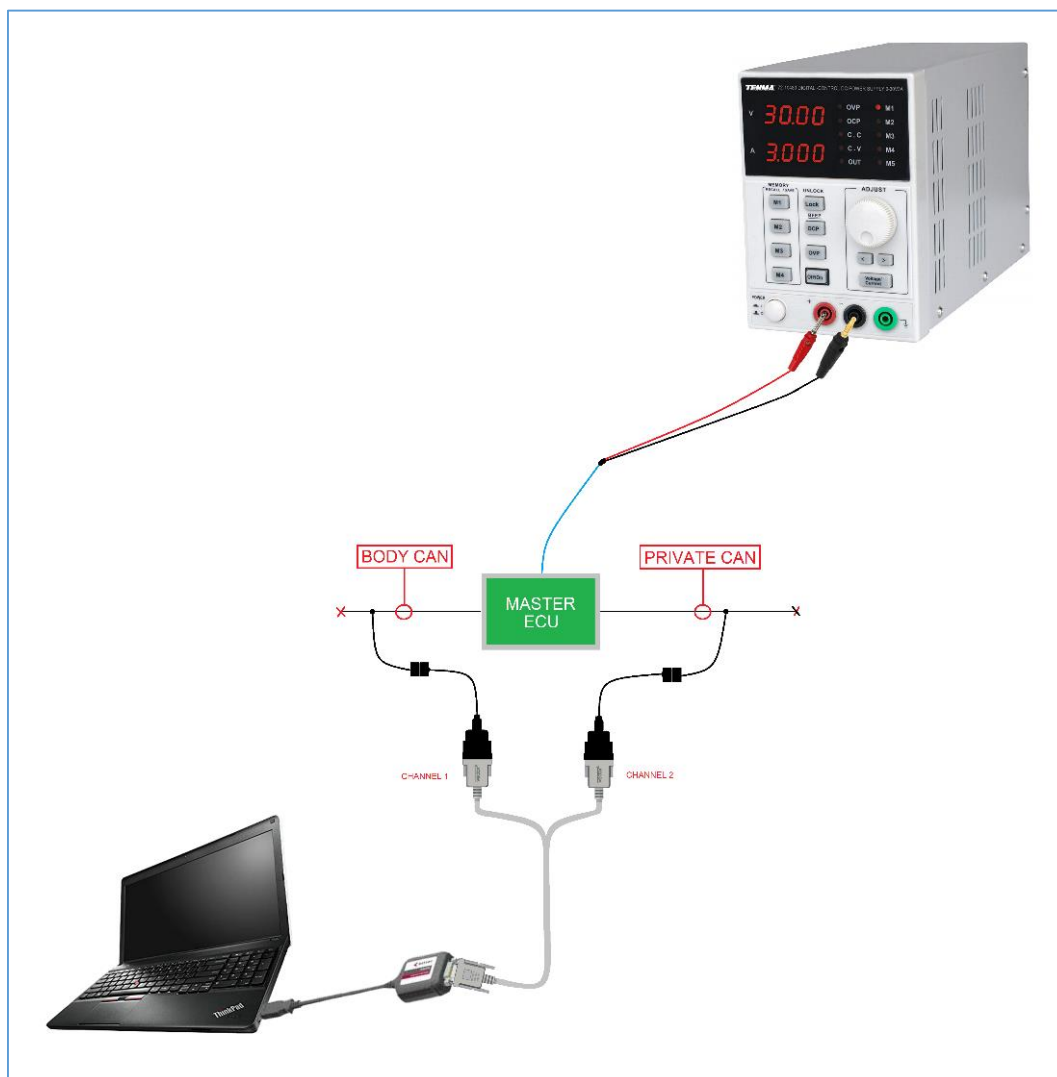


Figura 3. Ruiz Rios, José M<sup>a</sup> (2020). PKETV. Esquema del setup Master.

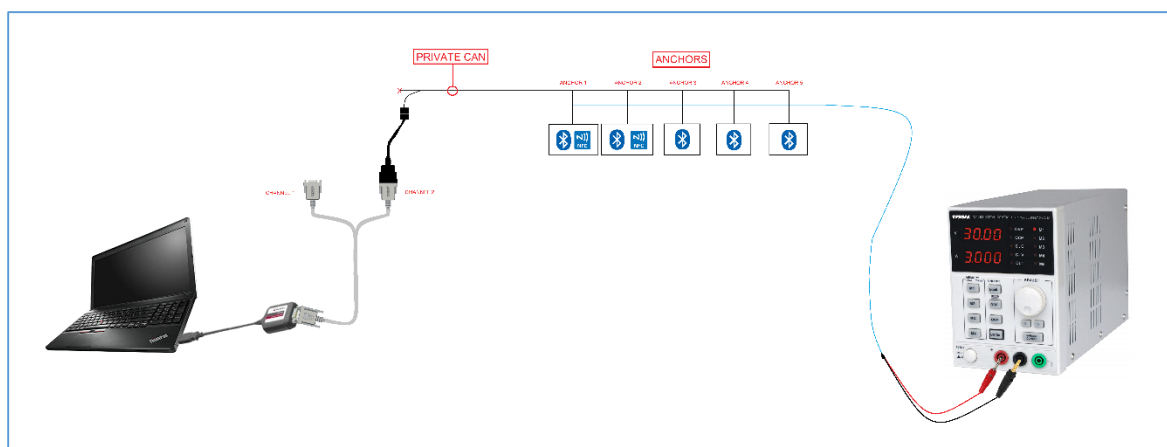


Figura 4. Ruiz Rios, José M<sup>a</sup> (2020). PKETV. Esquema del setup Anchors.

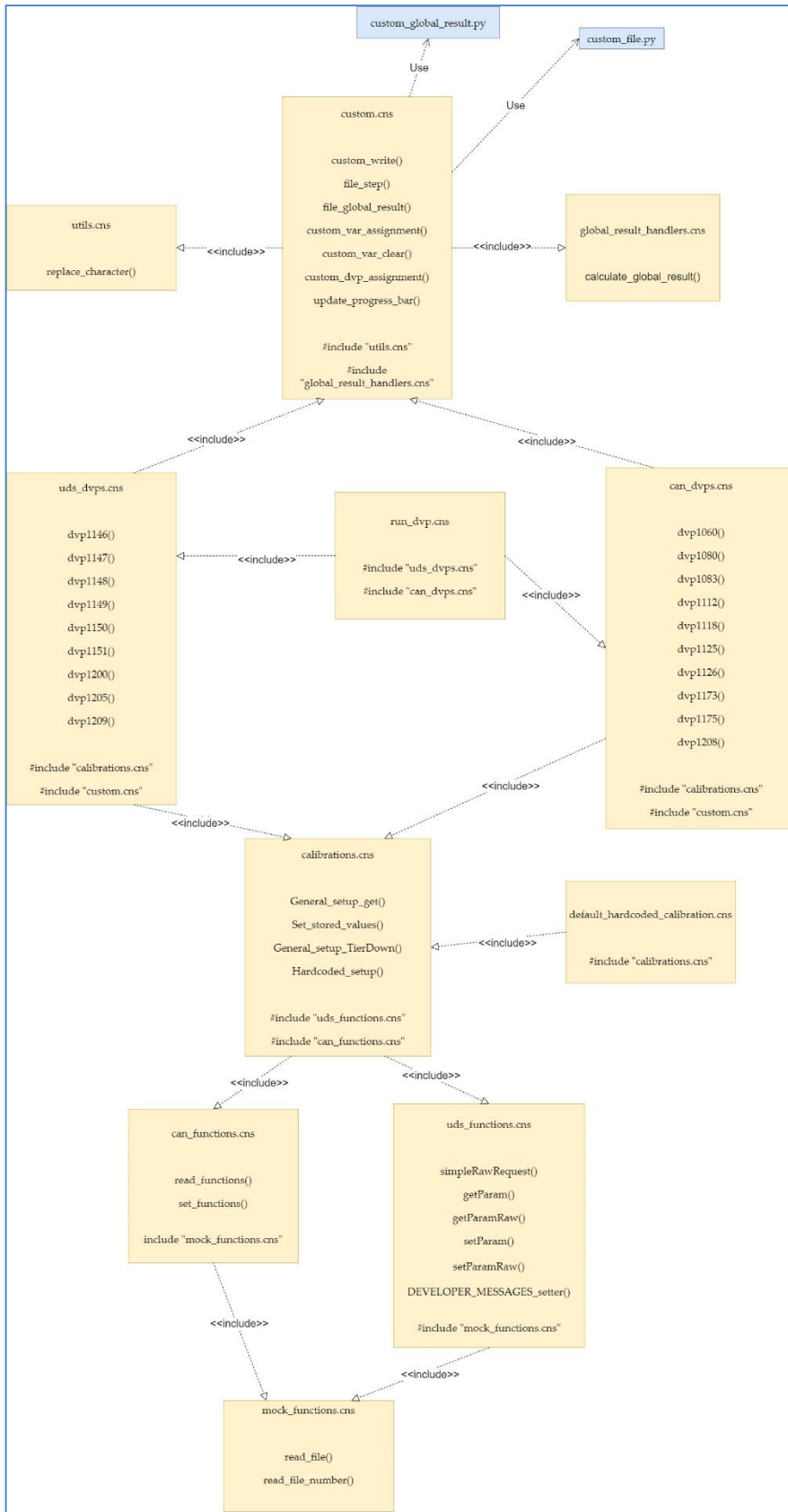


Figura 5. Ruiz Rios, José M<sup>a</sup> (2020). PKETV. Esquema del codi.