



Proposta d'Automatització de *Picking* de Maletes a l'Hipòdrom amb *RFID* per reduir temps

Realitzat per:

Jan Coma Roca

1630432

Dirigit per:

Laura Calvet

**Treball de Fi de
Grau**

Grau en Gestió Aeronàutica

Juny 2025

**Escola
d'Enginyeria**

Universitat Autònoma de Barcelona

La sotasignada, Laura Calvet, directora del Treball de Fi de Grau, professora de l'Escola d'Enginyeria de la UAB,

CERTIFICA:

Que el treball al que correspon la present memòria
ha estat realitzat sota la seva direcció per

Jan Coma Roca

I per a que consti firma la present.

Sabadell, **juny de 2025**

Signat: Laura Calvet

FULL DE RESUM – TREBALL DE FI DE GRAU DE L'ESCOLA D'ENGINYERIA

Títol del Treball de Final de Grau:

Proposta d'Automatització de Picking de Maletes a l'Hipòdrom amb RFID per reduir temps

Autor: Jan Coma Roca

Data: Juny 2025

Tutora: Laura Calvet

Titulació: Gestió Aeronàutica

Paraules Clau:

Català:

Aeroport, *handling*, BRS, RFID, equipatge, retards, IATA

Anglès:

Airport, *handling*, BRS, RFID, bagatge, delays, IATA

Abstract:

Català:

En el present treball es planteja l'objectiu d'avaluar una proposta de millora del procés de picatge dels equipatges mitjançant la implementació de la tecnologia RFID. Per verificar la viabilitat de la proposta, el projecte es basa en un marc teòric que contextualitza els elements que intervenen en el procés, així com una anàlisi de viabilitat tècnica, legal i econòmic. Finalment, el projecte inclou un petit prototip i també planteja un cas real a l'aeroport de Barcelona.

Anglès:

This project aims to evaluate a proposal to improve the baggage tagging process through the implementation of RFID technology. To assess the feasibility of the proposal, the study is based on a theoretical framework that contextualizes the key elements involved in the process, as well as an analysis of its technical, legal, and economic viability. Finally, the project includes the development of a small-scale prototype and the application of the proposal to a real case at Barcelona Airport.

ÍNDIX

1. INTRODUCCIÓ.....	1
1.1. Motivació	2
1.2. Objectius	2
1.3. Context	3
1.4. Metodologia	6
2. FONAMENTS TEÒRICS	7
2.1. IATA 740 i 753	8
2.2. Tecnologia BHS	11
2.2.1. Descripció del sistema	11
2.3. Tecnologia BRS.....	12
2.3.1. Descripció del sistema	12
2.3.2. Beneficis.....	14
2.4. Tecnologia RFID	15
2.4.1. Descripció del sistema	15
2.4.2. Beneficis.....	19
2.4.3. Riscos	20
2.4.4. Usos actuals en el sector aeronàutic	20
2.5. Material “Handling”	21
3. ANÀLISI DE VIABILITAT	24
3.1. Anàlisis de viabilitat de tècnica	24
3.2. Anàlisis de viabilitat legal.....	25
3.3. Anàlisis de viabilitat econòmica	27
3.4. Riscos	29
4. DISSENY	32
5. IMPLEMENTACIÓ	33
6. IMPLEMENTACIÓ DEL SISTEMA EN UN CAS REAL	36
7. OBSERVACIONS I RESULTATS	38

8. CONCLUSIONS.....	39
REFERÈNCIES.....	42
ANNEX.....	48

ACRÒNIMS

AESA	Agència Estatal de Seguretat Aèria
BHS	<i>Baggage Handling System</i>
BRS	<i>Baggage Reconciliation System</i>
HF	<i>High frequency</i>
IATA	<i>International Air Transport Association</i>
ICAO	<i>International Civil Aviation Organization</i>
LF	<i>Low frequency</i>
LIR	Loading Instruction Report
PDA	<i>Personal Digital Assitant</i>
PNR	Codi de referència de la reserva
RFID	<i>Radio Frequency Identificacion</i>
SATE	Sistema Automàtic de Tractament d'Equipatges
STD	<i>Scheduled Time Departure</i>
UHF	<i>Ultra high frequency</i>
UID	<i>Unique identifier</i>
ULD	<i>Unit Load Device</i>

1. INTRODUCCIÓ

En el sector del transport aeri, un dels aspectes més importants és la correcta gestió dels equipatges per tal de garantir la puntualitat dels vols. Avui dia, els mètodes utilitzats a l'hora de gestionar l'equipatge no són gaire eficients, ja que hi ha una manca d'automatització en el procés, que, en ocasions, provoca el retard dels vols (IATA, 2023). Així mateix, el temps que es destina al picatge de maletes és molt valuós i, quan no es du a terme correctament, endarrereix tot el procés (ICAO, 2021). És per això que, mecanitzant el procés es pot arribar a optimitzar el temps, reduir les esperes i els retards atribuïts a aquest sector per, d'aquesta manera, tenir l'equipatge llest a l'hora.

Al llarg del present treball es té per objectiu explorar un procés alternatiu al sistema de picatge manual de maletes, per tal d'augmentar l'eficiència dels vols. Per tal d'assolir una millora en aquest aspecte, es plantejarà l'ús de la tecnologia RFID (*Radio Frequency Identification*) com a mètode de suport a l'actual BRS (*Baggage Reconciliation System*). D'aquesta manera es pretén reduir el temps de preparació dels contenidors i augmentar l'índex de puntualitat de l'aeroport Josep Tarradellas Barcelona – El Prat. Així doncs, el treball analitza l'aplicabilitat de la tecnologia RFID i les possibles millores que pot ocasionar respecte a la tecnologia actual.

Pel que fa a la seva distribució i, en primer lloc, es parteix d'una introducció que compren la motivació, els objectius, el context, la metodologia. En segon lloc, s'aprofundeix en els fonaments teòrics que resulten rellevants per al projecte. En tercer lloc, es du a terme una anàlisi de viabilitat per tal de comprovar el grau de probabilitat que té el projecte per tirar endavant. Seguidament, es du a terme el disseny, la implementació i les observacions i resultats del prototip. I, finalment, s'exposen les conclusions.

Un cop exposades, s'extrauran les conclusions pertinents que permetran demostrar l'aplicabilitat de la tecnologia RFID a l'aeroport així com l'efecte que té a l'hora d'augmentar l'eficiència dels vols.

1.1. Motivació

Durant els darrers dos anys, he estat treballant com a coordinador de vol en dues empreses diferents. La primera, Swissport, em va permetre introduir-me en el sector i establir les bases del meu coneixement en l'operativa i; la segona, Groundforce, em va ajudar a potenciar les bases establertes prèviament i em va donar un molt bon recurs al qual recórrer en operatives més complexes (avions més grans, més càrrega...). Tanmateix, aquesta feina també m'ha permès veure que no tot funciona com caldria. Treballant al sector de *handling*¹ de l'aeroport de Barcelona, he pogut observar que hi ha una innumerable xifra de processos que es poden millorar per optimitzar, a grans trets, la logística de l'aeroport. No obstant això, i, sent conscient que no puc abastar tots els dèficits que hi ha, amb la meua proposta m'agradaria millorar l'índex de puntualitat dels avions i reduir el temps d'escala, entre d'altres. Tenint en compte l'esmentat amb anterioritat, es considera que l'etapa que té més marge de millora és el picatge de maletes a l'hipòdrom. Es tracta d'un procés que es du a terme de manera manual i en el qual s'inverteix un temps que més endavant pot ser crucial perquè l'operativa surti dins dels paràmetres establerts per l'aerolínia.

1.2. Objectius

Per tal de donar resposta a la proposta d'Automatització de *Picking* de Maletes a l'hipòdrom amb RFID s'ha plantejat un objectiu general: explorar un procés alternatiu al sistema de picatge manual de maletes. Tanmateix, es considera que, per a poder aconseguir aquest objectiu general, s'ha de treballar a partir de certs objectius específics, els quals estan descrits a continuació:

- 1- Establir una proposta: cal definir un sistema alternatiu a l'actual mètode de picatge que s'utilitza a l'Aeroport de Barcelona - El Prat. Per fer-ho s'han de tenir en compte els elements tècnics necessaris, els requisits d'implementació i els possibles avantatges i inconvenients.
- 2- Estudiar la viabilitat legal i tècnica: tenint en compte que la proposta s'implementarà en una infraestructura aeroportuària, s'ha de valorar que, en paràmetres de seguretat es tracta d'un entorn d'alta complexitat que requereix una

¹ Conegut també com l'assistència a terra de les aeronaus.

elevada quantitat de requisits legals. Així mateix, cal tenir en compte que les aerolínies treballen amb els seus propis sistemes operatius i, per tant, és tot un repte enllaçar la proposta amb la varietat de sistemes.

- 3- Abordar la viabilitat econòmica: s'ha de dur a terme un estudi econòmic que permeti establir una alternativa viable. Per fer-ho s'ha de tenir en compte el cost de la implementació de les impressores d'etiquetes RFID, dels lectors, de la instal·lació i del programari adequat.
- 4- Recollir i analitzar opinions de professionals del sector: és necessari entendre les necessitats, expectatives i possibles preocupacions de persones del sector aeronàutic entorn de la proposta i valorar si hi ha millora respecte al mètode actual.
- 5- Construir prototip: si és possible, cal desenvolupar un prototip a petita escala per analitzar el seu funcionament en un entorn controlat.
- 6- Provar i verificar el funcionament: cal garantir el correcte funcionament del prototip a través del mètode assaig-error. Es poden dur a terme tantes modificacions com sigui precis.
- 7- Realitzar un petit estudi de procés de posada en marxa (Emirates a l'aeroport de Barcelona).

1.3. Context

L'Aeroport de Barcelona - El Prat té un gran volum de vols durant el dia. Actualment, és la segona infraestructura aeroportuària amb més moviments de l'estat espanyol, és a dir, amb més aterratges i enlairaments, només superat per l'aeroport de Madrid Barajas. Segons dades d'Aena (2024), mentre que l'aeroport de Madrid té una mitjana de 1.151 operacions per dia, el de Barcelona en té 953. Això implica que el volum de maletes a gestionar és molt elevat en ambdós aeroports. Tanmateix, aquest estudi només se centrarà en l'Aeroport Josep Tarradellas Barcelona – El Prat, ja que en aquest podem aconseguir un major nombre de dades sobre l'afectació que poden tenir en els endarreriments.

Tenint en compte el gran nombre d'operacions que té l'aeroport de la Ciutat Comtal cal distingir dos tipus d'operacions, les de càrrega (*freight*) i les de passatgers. En aquest estudi només es tractaran d'optimitzar les operacions dels vols de passatgers; d'aquesta manera, la proposta tindrà un major impacte en aquestes.

Així doncs, pel que fa als vols de passatgers s'hi poden trobar dues distincions: operacions d'avions a granel i operacions d'avions paletitzats. Els avions a granel són aquells en què

les maletes es carreguen a l'interior sense fer ús de cap recinte precintat i, en conseqüència, es troben barrejades. La majoria d'operacions des de l'aeroport estudiat (Aeroport Josep Tarradellas Barcelona – El Prat) es produeixen amb aquest tipus d'aeronau, ja que els principals operadors de la infraestructura són aerolínies *low-cost*, les quals no tenen un gran volum d'equipatge facturat.



Figura 1. Adaptat de bodega avió a granel [Fotografia], per Martin Vestergaard (2012).

Els avions paletitzats són aquells que, principalment, s'encarreguen d'oferir viatges de llarg radi (tots els avions *wide-body* són paletitzats) i de cobrir rutes cap a HUB's principals d'aerolínies de bandera (Iberia, Lufthansa, British Airways...). Aquestes versions d'avions es caracteritzen per la modificació de la bodega principal amb la instal·lació d'uns raïls, rodets i uns topalls per determinar les posicions dins la bodega. En aquestes posicions s'incorporen uns contenidors, coneguts dins l'argot aeroportuari com ULD (*Unit Load Devices*). En aquests s'hi poden afegir mercaderies i maletes que, en cap cas, es poden barrejar dins d'un mateix contenidor.



Figura 2. Adaptat de bodega d'avió paletitzat [Fotografia], per AVJET Global (2024).

Avui dia, totes les aerolínies tenen els seus procediments a l'hora de dur a terme el procés de preparació de les maletes abans de carregar-les a les aeronaus, no obstant això, dit procediment està molt estandarditzat entre els diferents agents i les variacions que es donen són mínimes. Això és perquè a cada aeroport hi ha un operador de *handling* diferent i, per tant, en funció de les infraestructures aeroportuàries es poden donar certs canvis per adaptar el procediment. Si, per contra, els processos a seguir fossin molt meticulosos ningú els voldria atendre, ja que hi hauria un augment exponencial dels costos, que pocs agents estarien disposats a afrontar.

A continuació, s'exposa el procés estandarditzat que segueixen les aerolínies a l'aeroport de Barcelona - El Prat per així poder entendre en quins punts de l'acció hi ha possibles millores:

- Primerament, el passatger es presenta al taulell de facturació i un agent de passatge li pren les dades per facturar-li la maleta.
- Seguidament, s'imprimeix una etiqueta per la maleta i un resguard pel passatger, el qual li permet dur a terme una reclamació en cas de pèrdua.
- Finalment, s'emmagatzemen les dades a un servidor connectat amb el sistema BRS². D'aquesta manera, durant tot el viatge, es pot dur a terme un seguiment en temps real de cada equipatge.

Les dades que es tenen en compte són les següents:

- Número de vol
- Dia del vol
- Nom del passatger
- Número assignat a la maleta
- Origen
- Destí
- Destí final

Un cop s'han pres aquestes dades, la maleta passa a estar sota el control del SATE (Sistema Automàtic de Tractament d'Equipatges) que la transporta fins a l'hipòdrom que

² Dit sistema garanteix que tot l'equipatge dels passatgers està autoritzat a ser carregades a l'aeronau i que, per tant, no en viatja cap sense que el seu propietari estigui a bord.

se li ha assignat al seu vol. En aquest punt comencen a intervenir els serveis de rampa contractats per l'aerolínia els quals, prèviament, han estat notificats de les preferències del vol i preparen l'entorn de l'hipòdrom amb el material necessari (IATA, 2020). Aquest material consta de carros de maletes, si l'avió és a granel, o de ULD acompanyats d'un únic carro de maletes, si l'avió és paletitzat. Així doncs, a cada carro de maletes o ULD se li assigna una numeració vinculada al vol dins el sistema de l'agent de *handling*.

Tots els agents de rampa assignats al pati de maletes disposen d'una PDA (*Personal Digital Assistant*) amb la capacitat de llegir codis de barres i enviar dades en línia. Amb aquest estri s'assigna un contenidor o carro i s'escanegen les maletes que es posen a dins. És a dir, la tasca dels agents de rampa consisteix a buscar les maletes del vol assignat dins l'hipòdrom, treureles, escanejar-les i introduir-les a l'interior del recipient (carro/contenidor). Aquest procés té una duració estimada d'uns 4,5 segons per maleta.

Durant els darrers anys la tecnologia ha anat evolucionant i, com a conseqüència, les empreses s'han modernitzat fent ús de nous mètodes que permeten una major traçabilitat de productes dins l'establiment. Així doncs, alguns negocis pioners (com són Inditex o Decathlon) han optat per implementar etiquetes amb xip RFID. Per tal de contextualitzar aquesta tecnologia es prendrà com a mostra les botigues Decathlon. Aquesta multinacional francesa (Decathlon, 2021) va ser una de les pioneres en la implementació de la tecnologia RFID i, tot i que en un primer moment, el propòsit de la seva implementació era controlar de manera eficient l'inventari de la botiga, al cap d'uns quants anys d'ús, es va començar a utilitzar per millorar el procés de compra dels clients implementant les caixes d'auto cobrament. Pel que fa al seu funcionament, aquestes caixes operen a partir de la introducció dels articles dins d'un recipient amb una antena la qual li permet detectar totes les etiquetes (amb RFID) dins d'aquest. Un cop detectades enllaça les dades obtingudes pel receptor i mostra el producte identificat. Amb aquest procés Decathlon, o qualsevol altra empresa que ho utilitzi, s'assegura de reduir costos de treballadors i un procés de venda més àgil, reduint així el temps d'espera dels clients.

1.4. Metodologia

Per a poder desenvolupar la proposta plantejada (procés d'automatització del picatge de maletes) s'ha establert una metodologia mixta que combina: l'exploració de dades

estadístiques sobre l'aeroport estudiat i del sector, la revisió teòrica d'antics i nous conceptes, l'anàlisi segons experts del sistema actual i, el disseny del nou sistema.

Amb relació a l'exploració de l'anàlisi estadística, es tindran en compte les dades relacionades amb el nombre de vols a l'aeroport d'estudi i la gestió dels equipatges en aquest. Aquestes dades permetran determinar si la idea té nínxol de mercat.

Pel que fa a la revisió de literatura, es realitzarà una petita explicació sobre les tecnologies que s'utilitzen actualment en la gestió d'equipatges i quines poden ser tractades en un futur. Aquesta fase permetrà assolir una base teòrica per a poder entendre el nou mètode a realitzar (RFID) i les millores que aportarà.

Per complementar l'anàlisi tècnica de la proposta es durà a terme un conjunt d'entrevistes semiestructurades ([vegeu annex 1](#)) a treballadors amb experiència dins del sector del *handling*. Concretament, s'entrevistarà a 5 professionals per a obtenir informació sobre els processos actuals de la gestió d'equipatges, les possibles millores d'aquests, la manera de dur-ho a terme i les mancances que pot tenir el nou sistema plantejat.

Finalment, es plantejarà el disseny preliminar del sistema que inclourà el material necessari per crear el prototip i una base de dades formada per informació recollida anteriorment. D'aquesta manera, les antenes RFID podran llegir les etiquetes de les maletes i corroborar la informació d'aquestes.

2. FONAMENTS TEÒRICS

En aquest apartat s'aprofundirà en: el reglament IATA 753, la llei que regeix com els agents de *handling* han de tractar els equipatges del passatger (International Air Transport Association, 2018); els sistemes BHS, els quals s'utilitzen arreu del món per poder millorar la distribució dels equipatges arreu de la terminal; el sistema BRS, sistema que s'usa actualment per totes les empreses de *handling* arreu del món (IATA, 2024) i la tecnologia RFID, innovació que es pretén implementar, explicació dels seus components i usos actual en la indústria aeronàutica.

(PMG Labels Team, 2024).

2.1. IATA 740 i 753

L'Associació Internacional del Transport Aeri (IATA) va ser fundada l'any 1945 a Cuba, amb l'objectiu principal d'establir un òrgan regulador amb capacitat per estandarditzar el sector aeri en un context global després de la Segona Guerra Mundial. La seva fundació va requerir la col·laboració de 57 aerolínies, la majoria de les quals europees i nord-americanes. En aquesta trobada es va signar un acord que va consistir en l'establiment d'unes tarifes i polítiques comunes per, així, evitar la competència deslleial, la reglamentació d'unes normes de seguretat dins l'àmbit tècnic de manteniment de les aeronaus i de l'operació, i, finalment, un pla a seguir per establir un creixement del comerç internacional i, per tant, unificar els procediments en benefici del transport de passatgers i mercaderies.

Actualment, i tal com s'estableix a IATA membership, té la seu principal a Montreal, Canadà, on agrupa un total de 340 aerolínies d'arreu del món que representen un 80% del trànsit aeri. Així mateix, té com a objectiu principal aconseguir una col·laboració entre aerolínies i altres agents del sector (*handling*, agències de viatges, manteniments...) per tal d'aconseguir una activitat més segura i eficient a través de la implementació d'estàndards pels membres col·laboradors. Així doncs, estableix normes i procediments que permeten facilitar el transport de passatgers i mercaderies mitjançant la via aèria.

La IATA és transcendental per a la proposta d'implementació perquè, en ser legisladora dels estàndards de la majoria d'aspectes del sector aeronàutic, té un gran poder. Si realitza algun requeriment, almenys el 80 % del sector, és a dir, els membres de la IATA, hauran d'aplicar a aquest.

Com a institució, en l'àmbit de la gestió dels equipatges l'Organització ha dictat dues resolucions, la IATA 740, referent a l'aplicació dels codis de barres en etiquetes, que permet tenir el control dels equipatges que es carreguen a l'interior de l'aeronau i la IATA 753, la qual requereix que les aerolínies realitzin un seguiment dels equipatges en quatre punts diferents del viatge i que té com a finalitat reduir el nombre de males gestions (International Air Transport Association [IATA], 2018); IATA s.d.).

La resolució IATA 740, antecessora de la IATA 753 (explicada més endavant), es va mantenir en actiu aproximadament tretze anys. L'any 2005 es va publicar la resolució IATA 740 amb l'objectiu d'establir un format estàndard en les etiquetes de l'equipatge (International Air Transport Association [IATA], 2005). D'aquesta manera, es pretenia

establir un format comú que garantia que, en cas de fer vols amb connexió, la maleta arribés al destí final sense problema. Però no podia ser qualsevol etiqueta, sinó que requeria de l'ús del codi de barres com a element identificador de l'equipatge. Dit codi de barres havia de ser d'una mida determinada i havia de contenir certes característiques:

- Codi de barres: inclou el número únic d'identificació de la maleta (*bag tag number*) associat al passatger i al seu itinerari.
- Número seqüencial (*bag tag number*): número de deu dígits, únic per a cada maleta, que normalment comença amb un prefix de tres dígits identificadors de la companyia seguit de set dígits numèrics.
- Codi aeroport destí: es representa amb tres lletres associades a l'aeroport on arriba l'equipatge (ex. BCN per l'aeroport de Barcelona)
- Número de vol i codi de la companyia: indica la combinació de la companyia (ex. VY per Vueling) i el número de vol (ex. VY1234), per tal de saber on va l'equipatge.
- Dades del passatger i PNR (codi de referència de la reserva): ha d'aparèixer el nom del passatger així com la data i referència de la reserva.

Així mateix, la mida i forma de l'etiqueta havien de ser força precises, ja que sinó el lector no les podia llegir:

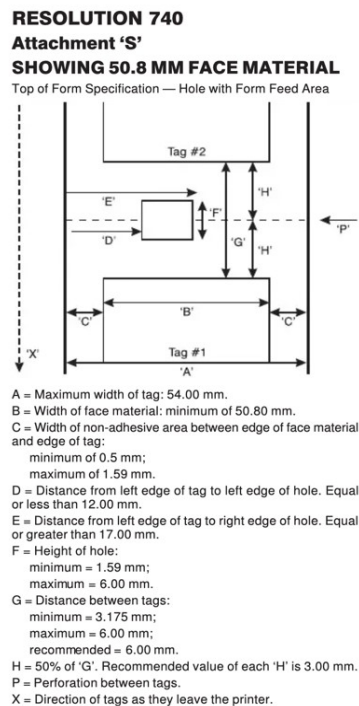


Figura 4. Dimensions de les etiquetes d'equipatge, segons la Resolució 740 [Imatge], per IATA (2006).

La implementació de la resolució anterior va permetre introduir una millora en la gestió dels equipatges, un augment de la seguretat, reducció d'errors i en conseqüència un augment en la satisfacció dels passatgers en l'àmbit de la gestió dels equipatges. Tanmateix, no va ser suficient, ja que es van detectar certes limitacions com: errors dels lectors òptics davant d'etiquetes deteriorades, plegades o parcialment tapades; enregistrament d'un únic escaneig; baixa traçabilitat... I és aquí on va sorgir la resolució IATA 753.

La resolució IATA 753 es troba en vigència des de l'any 2018 i té com a propòsit aconseguir que les aerolínies redueixin el nombre de males gestions d'equipatges mitjançant el seguiment de tots ells en el seu camí fins al retrobament amb els seus propietaris (International Air Transport Association [IATA], 2018). La resolució és senzilla i clara, però també difícil d'implementar pel gran nombre de factors externs (mal temps, mal funcionament del SATE...) i interns (manca de personal, externalització del servei...) que poden intervenir.

Els propulsors de la resolució són les mateixes aerolínies, les empreses de *Ground Handling* i els aeroports, que acorden els cinc següents punts:

- Significat del “baggage tracking”, dades que han de ser gravades, quan s’han de gravar i com.
- Significat de l’intercanvi d’informació, quan s’ha de fer i quins mecanismes s’han de fer servir.
- Manera de seguir l’equipatge i ús que poden fer els agents de les dades per treure fruit en un futur.
- Com els agents encarregats de controlar el seguiment de l’equipatge poden treballar junts per implementar la relació cost-efectivitat per poder seguir la resolució.
- Discutir quin és el millor procediment i com es poden avaluar les estratègies de seguiment.

En aquesta resolució també es van acordar dues distincions per les aerolínies que apliquin de millor forma la resolució. Les que puguin demostrar a l’IATA que posseeixen una excel·lent habilitat en la traçabilitat, podran demanar un “HUB Certification” amb una vigència de 3 anys i una “Network Certification” amb vigència de 5 anys.

2.2. Tecnologia BHS

2.2.1. Descripció del sistema

La tecnologia BHS, anomenada *Baggage Handling System*, és aquella que permet als aeroports amb gran volum de tràfic tenir una correcta gestió de l'equipatge facturat. Dit sistema es troba a la part invisible de l'aeroport, zona la qual no hi pot accedir cap persona que no estigui explícitament autoritzada, en aquesta es troben centenars de cintes que formen una gran infraestructura amb la capacitat de transportar, classificar, escanejar, monitorar i controlar equipatges. Es tracta, doncs, d'un sistema automatitzat per gestionar i controlar el flux d'equipatges des del moment en què el passatger el factura fins que és recollit pel passatger a la cinta d'equipatge del destí final.

Aquest sistema és essencial per garantir l'eficiència operativa, seguretat i traçabilitat de les maletes, minimitzant errors humans (degut a l'automatització), pèrdues i retards (evitant la saturació de les cintes i recorreguts).

Els components que formen part de la tecnologia BHS són els següents:

- Cintes transportadores i carrils monitorats: els/les quals s'encarreguen de moure l'equipatge per tot l'aeroport.
- Sistemes d'escaneig: com són els lectors de codis de barres, que permeten la traçabilitat en temps real de l'equipatge.
- Sistemes de classificació: encarregats de redirigir de manera automàtica l'equipatge a la cinta corresponent, en funció de ruta i connexió del vol.
- Sistemes de seguretat: com són els escàners que s'encarreguen d'inspeccionar l'equipatge per tal de detectar possibles articles prohibits.

Segons l'*International Air Transport Association (IATA)*, un BHS eficaç pot reduir significativament els errors en la manipulació de maletes i optimitzar els temps d'operació a l'aeroport (IATA, 2018).

Així doncs, per millora el sistema, l'any 2022, l'Aeroport Josep Tarradellas Barcelona – El Prat va invertir en la modernització del sistema BHS de la mà de LATAM Logistics (LATAM Logistics, 2022). D'aquesta manera pretenia donar resposta a l'augment de passatgers i vols, alhora que mantenir els estàndards d'eficiència i qualitat. Segons Aena (2023), la millora del sistema permet processar més de 25 milions de maletes anuals, reduint el temps de processament i minimitzant la pèrdua d'equipatge. D'acord amb la informació recollida al portal CatalanNews, actualment el SATE (Automated Baggage

Transport System), com es denomina el sistema BHS en els aeroports de l'estat espanyol, té una capacitat d'anàlisi de 7200 equipatges per hora, ja que aquests equipatges passen d'estar en mans del passatger a arribar al pati de maletes en menys de 3 minuts i mig, fet que agilitza d'una forma considerable el temps de recollida.

Com ja s'ha explicat anteriorment, aquesta infraestructura també és l'encarregada d'establir el control de seguretat dels equipatges facturats, amb la millora feta als darrers anys, s'ha aconseguit millora el percentatge d'efectivitat dels controls. Segons una notícia publicada al Catalan News (2024), actualment, el 80% de les maletes passen sense cap incidència, quan anteriorment, usant l'antic sistema només podien passar sense incidències el 50%, així generant una greu demora i pèrdua de recursos de forma constant. En el cas que en aquest primer control tingués com a resultat equipatge sospitós, s'enviaria a un altre cinta perquè un agent l'examinés. I en cas que l'agent concretés que l'equipatge segueix resultant sospitós, la Guàrdia Civil, cos de seguretat competent en aquest àmbit, s'encarregaria de la situació.

2.3. Tecnologia BRS

2.3.1. Descripció del sistema

Tal com s'ha introduït anteriorment, en el sector de l'aviació la majoria dels processos estan estandarditzats, és a dir, estan regits per un estàndard. En el cas dels aeroports amb més flux de passatgers, majoritàriament, compten amb el sistema BRS. Dita tecnologia està denominada com a *Baggage Reconciliation System*, la qual té com a tasca garantir que tots els equipatges que es carreguen a l'avió siguin autoritzats i que cap d'aquests voli sense el seu propietari a bord (IATA, 2018). Amb aquest sistema, l'agent de *handling* pot tenir controlat l'equipatge en tot moment (d'ençà que el passatger deixa l'equipatge en el taulell fins que aquest és posat dins l'avió). Un cop dins l'avió, deixa d'estar sota les dependències de l'empresa subcontractada i es transfereix tota la informació a l'aerolínia perquè tots els equipatges puguin ser gestionats a l'aeroport de destí i així es pugui dur a terme l'entrega al propietari o, en el cas dels vols amb connexió, continuar el trajecte de la maleta fins a la destinació final.

Per poder fer el seguiment de l'equipatge amb aquesta tecnologia s'enganxen unes etiquetes que contenen un codi de barres als equipatges. Cadascuna d'aquestes etiquetes van associades a un únic codi alfanumèric, anomenat *tag number*. Aquest està compost pel codi identificador IATA de l'aerolínia (ex: EY= ETIHAD o VY= VUELING) i 6

números més que indiquen la identificació de l'equipatge, un exemple de *tag number* podria ser “VY269090”, s’adjunta una foto a continuació d’aquest cas.



Figura 5. *Tag Number* [Fotografia], font Pròpia (2024).

Paral·lelament a l’adhesió de l’etiqueta a la maleta, es genera un perfil amb les mateixes dades en el sistema, les quals també inclouen les dades de la reserva. Aquest procés permet al servei de *handling* tenir un control exhaustiu de cada equipatge, garantint que només les maletes amb un passatger corresponent puguin pujar a l’aeronau (IATA, 2018). Amb aquestes dades es permet al *handling* tenir el control sobre els equipatges. Aquest seguiment es duu a terme en cinc punts diferents del trajecte:

- Taulell de facturació: lloc on es deixa la maleta que anirà a la bodega de l'avió (abans de passar el control de seguretat).
- Cintes transportadores: lloc on s’afegeix la maleta al sistema.
- Escaneig de la maleta per part de l’operador de *handling*: l’operari del pati de maletes agafa les maletes corresponent al vol on està assignat i amb la seva PDA que està connectada al sistema, vincula l’equipatge escanejat amb el carro o contenidor on la diposita (TAV Technologies, 2023). Aquesta és la part del procés la qual es vol optimitzar amb aquest projecte.



Figura 6. Picatge de maletes. [Fotografia], per ZAMAR (2015)

- Introducció de la maleta a l'avió o al contenidor: moment en què l'agent de *handling* ho introdueix a la PDA.
- Retorn de la maleta al passatger: un cop arribat al destí final el passatger recull l'equipatge a les cintes habilitades per aquesta acció.



Figura 7. Procés que segueix l'equipatge a l'aeroport. [Fotografia], per TAV Technologies (s.d.).

Tal com s'ha explicat prèviament, la realització de l'escaneig es duu a terme mitjançant un aparell anomenat PDA, el qual pot llegir les etiquetes dels equipatges amb un lector de barres. Tanmateix, per poder escanejar correctament les etiquetes, cal que aquestes estiguin en bon estat, ja que la tecnologia és bastant susceptible a la humitat o qualsevol mena de deteriorament. Si compleixen els dos requisits anteriors, s'apunta amb el lector sobre l'etiqueta per tal de dur a terme la lectura. Perquè això sigui possible, s'ha de garantir una línia de visió directa entre els dos agents que permeti descodificar el codi. Si bé és cert que es tracta d'un sistema relativament senzill i econòmic, és sensible a segons quin entorn i és força lent. Actualment, amb una línia visual oportuna, consta d'una capacitat dels lectors de barres de 0.2 segons a 0.5.

2.3.2. Beneficis

Des de la implementació del sistema BRS, hi ha hagut un impacte a la majoria d'aeroports d'arreu del món, ja que s'han vist reduïdes les incidències en equipatges d'una forma dràstica. Segons dades de SITA, tot i l'augment de trànsit de passatgers, la taxa de maletes mal gestionada ha disminuït d'un 7,6 a 6,9 per cada 1.000 equipatges entre 2022-2023, fet que demostra l'eficiència del sistema (SITA, 2023). Alhora aquest també permet la localització més ràpida d'una maleta dins l'aeronau en el cas que algun passatger al final no hi viatgi, ja que com s'ha explicat anteriorment, el sistema realitza un control per les

diferents etapes del viatge de la maleta. Per tant, aquesta eina permet a les aerolínies endarrerir menys vols i en conseqüència obtenir rèdit econòmic a causa del descens de sinistres amb equipatges i que així doncs, no s'han de compensar.

Per aquest motiu, un gran nombre d'aerolínies requereixen aquests sistemes als seus serveis d'assistència a terra. Segons el portal de notícies Reportur, per exemple, l'aerolínia colombiana Avianca va invertir 3,5 milions de dòlars americans en la implementació d'aquesta tecnologia (Reportur, 2023).

2.4. Tecnologia RFID

2.4.1. Descripció del sistema

La tecnologia RFID (Radio Frequency Identification) és un mètode que es va començar a implementar als anys 80 per poder realitzar un control de productes en l'àmbit de la logística. Dita tecnologia permet la identificació automàtica d'objectes, persones o animals mitjançant l'ús de senyals de ràdio a través d'etiquetes RFID. Aquestes etiquetes tenen inclòs un xip electrònic en el qual es poden guardar gran quantitat de dades que permeten tenir una gran varietat d'aplicacions d'ús (PMG Labels Team, 2024). Així doncs, es tracta d'una tecnologia que no requereix una línia de visió directa entre emissor i receptor.

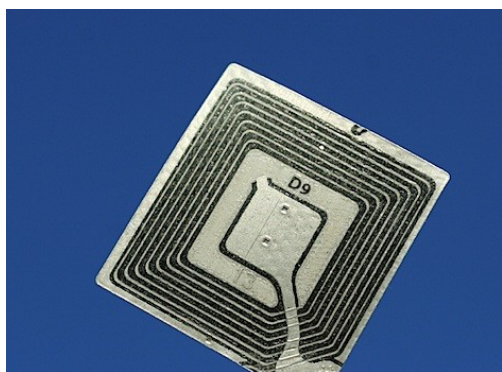


Figura 8. Xip RFID [Fotografia], per Alvy (2009)

L'èxit d'un procés d'automatització amb etiquetes RFID depèn d'una gran varietat de factors, tanmateix, els més importants són una elecció correcta d'etiquetes (receptor, passiu), antenes (emissor, actiu), d'un sistema operatiu per a poder processar la informació obtinguda i d'una correcta valoració de l'entorn, ja que és clau tenir en compte el lloc d'aplicació de la tecnologia (PMG Labels Team, 2024).

Pel que fa al seu funcionament, en primer lloc, el lector RFID envia un senyal a l'antena perquè aquesta emeti onades de radiofreqüència. D'aquesta manera es poden trobar les etiquetes que actuen en el seu mateix rang. En segon lloc, quan les onades de radiofreqüència interfereixen amb una etiqueta RFID, l'activen i li transmeten les dades que conté a l'interior. Finalment, aquestes dades arriben al lector que és el que està capacitat per a transformar-ho en informació i, així, poder ser afegides/modificades a la base de dades (PMG Labels Team, 2024).

Així doncs, pel que fa a la proposta d'implementació, es pretén fer ús de la tecnologia RFID per tenir el control de l'equipatge facturat per part de l'equip de terra.

2.4.1.1. Antenes

Les antenes són components clau dins de qualsevol sistema de radiofreqüència, ja que aquestes són les encarregades de la transmissió i recepció dels senyals necessaris per poder fer la identificació de les etiquetes RFID explicades prèviament. Hi ha tres grans categories d'antenes que s'utilitzen en funció de l'entorn en el qual han d'operar:

- Baixa freqüència (LF)
- Alta freqüència (HF)
- Ultra alta freqüència (UHF)

Les antenes de baixa freqüència són les adequades per aquells usos que requereixen la proximitat entre etiqueta i lector, el seu rang de treball és de 125-134 kHz i, per tant, gairebé no necessiten contacte entre ells (Dipole RFID, s.d.). Un exemple d'ús és el control d'accés a un local mitjançant la tecnologia RFID.



Figura 9. Tecnologia RFID de Baixa Freqüència [Fotografia], per Segurilatam (2023).

Les antenes d'alta freqüència tenen una gran varietat d'usos, ja que permeten una lectura eficient i una millor gestió d'inventaris, el seu rang de treball és de 13.56 MHz i permeten llegir etiquetes en una distància de 10 cm i 1 m (Dipole RFID, s.d.). En aquest cas, la majoria d'usos s'utilitzen en establiments per fer màquines d'auto cobrament.



Figura 10. Caixes amb tecnologia RFID Decathlon [Fotografia], per Murialdo (2024).

Les antenes d'ultra alta freqüència són les que tenen una major capacitat per llegir múltiples etiquetes a la vegada, aquestes permeten a les empreses millorar la traçabilitat dels productes i l'optimització dels inventaris. El seu rang de treball és de 860-960 MHz, el qual li permet tenir la capacitat de llegir etiquetes a una distància de fins a 12 metres de distància (Dipole RFID, s.d.). Els seus usos es requereixen en grans magatzems i en el sector del *retail*.



Figura 11. Magatzem amb sistema RFID [Fotografia], per Intec (s.d.).

2.4.1.2. Etiquetes

Després de destacar el paper crucial de les antenes RFID, també cal recalcar la importància de les etiquetes. Aquestes permeten identificar el producte i alhora ajuden que pugui ser detectable de forma inàlambrica per obtenir la seva traçabilitat. Malgrat les seves petites dimensions, es pot dur a terme el seu seguiment i és capaç d'emmagatzemar dades i transmetre-les mitjançant senyals de radiofreqüència.

Les etiquetes RFID estan formades per 3 components principals que han de comptar d'una bona compatibilitat entre ells per així garantir un bon funcionament de la tecnologia. Tota etiqueta RFID conté una antena, un xip RFID i un material. L'antena té com a funció principal rebre els senyals emesos per les antenes RFID i reflectir el senyal rebut a l'interior del mateix xip. El xip RFID té capacitat d'emmagatzemar memòria i prendre decisions. Per realitzar la seva funció necessita energia que l'obté per la irradiació de l'antena del sistema. Finalment, el material uneix les altres dues parts de l'etiqueta, explicades anteriorment. Aquest ha de ser capaç de poder resistir a les condicions ambientals a la que serà sotmesa al llarg del seu cicle de vida (líquids, temperatura...) (Dipole RFID, s.d.).

Actualment, es comercialitzen una gran quantitat d'etiquetes que, segons Nextpoints (2024), es poden categoritzar en tipus diferents: les actives, les passives i les semiactives.

- Etiquetes passives: aquestes no tenen capacitat per autoalimentar-se, per tant, s'activen mitjançant l'energia generada per un agent extern (lector), provocant així que el seu ús es vegi reduït a un màxim de 10 metres de distància. Són les etiquetes més utilitzades del mercat.

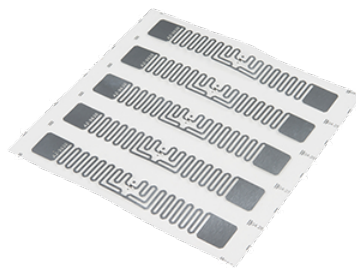


Figura 12. Etiquetes passives [Fotografia], per Nextpoints (2024).

- Etiquetes actives: contenen una font d'alimentació pròpia, per tant, estan contínuament emeten senyals mitjanant els seus circuits integrats. El seu rang de lectura pot ser superior als 100 metres de distància. El seu cost és més elevat, ja

que s'han de tenir en compte els costos de la bateria com del transmissor i un manteniment més costos.

Exemple: el control de seguiment d'un contenidor naval.



Figura 13. Etiquetes actives [Fotografia], per Nextpoints (2024).

- Etiquetes semiactives: són una versió millorada de les etiquetes passives, però amb la introducció d'una bateria per poder-se alimentar, d'aquesta manera, els hi permet augmentar el rang de treball.



Figura 14. Etiquetes semi-actives [Fotografia], per Nextpoints (2024).

2.4.2. Beneficis

La tecnologia està permetent a una gran quantitat d'empreses tenir un millor seguiment i control del seu estoc, per tant, es considera que fent ús de la tecnologia RFID com a mètode complementari al BRS es podria reduir el temps que es tarda a preparar l'equipatge perquè aquest sigui carregat dins l'aeronau i, en conseqüència, resulta de gran ajuda per a l'operativa.

En cas d'implementar-ho, l'avantatge principal seria la reducció de temps d'escaneig respecte al mètode actual, ja que el lector de codi de barres té una capacitat menys efectiva. A més a més, un altre punt a destacar és que no necessiten realitzar contacte visual entre etiqueta i lector, perquè el vincle entre ells es realitza mitjançant ones de radiofreqüència que permeten la lectura de més d'una etiqueta de forma simultània. En conseqüència, es podria reduir encara més el temps de càrrega de contenidors o de carros

de maletes. Així mateix, permetria tenir una gran capacitat d'escalabilitat del sistema, tant per efectuar l'operació en vols petits (amb poques maletes) com amb avions de grans dimensions, ja que només es necessitarien més lectors. Finalment, cal destacar la millora en capacitat que tenen les etiquetes a l'hora de guardar informació. Aquesta permetria als agents de *handling* o aerolínies poder enregistrar dades sobre el passatger.

2.4.3. Riscos

En ser una tecnologia que encara s'està introduint al sector aeronàutic, és una mica prematura i es poden trobar febleses. Un dels majors inconvenients seria el cost de la tecnologia en vers a l'alternativa actual (codi de barres), ja que aquesta última opció és molt més econòmica, però a la vegada menys ràpida. Un altre inconvenient seria la necessitat d'augmentar el manteniment del sistema perquè les antenes requereixen un control recurrent per tal de garantir el correcte funcionament. Així mateix, si s'assumís l'absència de la persona física a l'hora d'escanejar, caldria tenir en compte que el lector d'etiquetes també podria fallar per interferències electromagnètiques produïdes per altres objectes aliens a l'operativa. Finalment, caldria considerar la compatibilitat amb altres sistemes, ja que seria transcendental poder transmetre la informació tractada als programes actuals. De no ser així caldria dur a terme una inversió en sistemes que podria estar fora de pressupost.

2.4.4. Usos actuals en el sector aeronàutic

En els darrers anys la tecnologia RFID, s'ha estat introduint en el sector aeronàutic per millorar el seguiment dels equipatges des del procés de la facturació fins a la seva recollida a les cintes. Així doncs, es tracta d'una eina molt valuosa que permet a les aerolínies millorar les operacions i oferir una millor experiència als clients.

Les principals aplicacions d'aquesta tecnologia són les següents:

- Seguiment i gestió d'equipatge: la companyia Delta Air Lines ha estat pionera en la implementació de la tecnologia RFID per al seguiment de l'equipatge. Des de la seva introducció l'any 2016, la companyia ha desplegat més de 4.600 lectors i ha emès més de 110 milions d'etiquetes. Així doncs, a través de l'aplicació Delta Fly, els clients, poden monitorar l'equipatge en temps real amb una precisió del 99,9% (PR Newswire, 2016). Per poder aconseguir aquests resultats es va encarregar a Lyngsoe Systems, la construcció d'unes cintes de càrrega les quals tenien incorporats lectors RFID per així controlar els equipatges tant d'arribada

com de sortida. D'aquesta manera s'aconsegueix una millora en l'eficiència operativa i es manté al client satisfet.

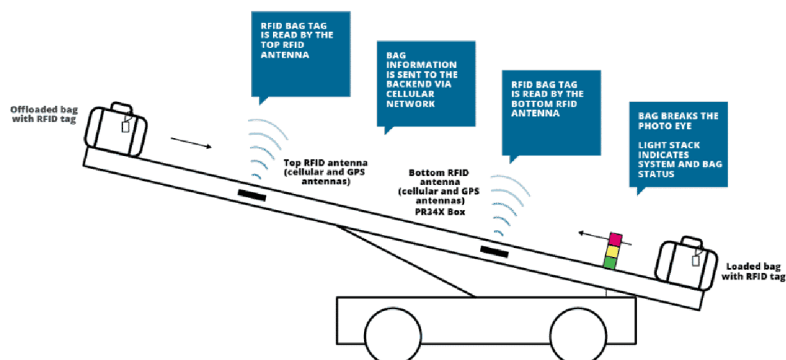


Figura 15. Cinta de Delta amb aplicatiu RFID [Il·lustració], per Lyngsoe Systems (s.d.)

- Reducció de pèrdues i errors: Segons IATA i Delta Air Lines, l'ús de la tecnologia RFID ha ajudat a reduir significativament el nombre de maletes mal gestionades o perdudes. De fet, l'aerolínia americana va reportar una disminució del 68% en la gestió incorrecta d'equipatges en els darrers 10 anys. Així mateix, la IATA estima que la implementació d'aquesta tecnologia pot reduir en un 25% els errors de manipulació d'equipatge i, a través de la traçabilitat automatitzada, es poden estalviar fins a 3.000 milions de dòlars al sector (IATA, 2016).
- Un altre cas d'èxit ha estat a la República Democràtica de la Xina, on des del 2019, s'ha implementat aquesta tecnologia en tots els aeroports amb més de 10 milions de passatgers anuals (un total de 27 aeroports). Durant el primer mig any d'ús de la tecnologia es va dur a terme el control de gairebé 792.800 equipatges en 32.667 vols (Xinhua, 2021).

2.5. Material “*Handling*”

Avui en dia, l'operativa de l'assistència a terra d'una aeronau, comença al voltant d'unes dues hores abans de la STD (Scheduled Time Departure). En aquest moment, agents de passatge estan facturant les maletes dels passatgers als taulells de facturació, mentre que les oficines del departament de rampa, coordinats amb l'aerolínia, estableixen una previsió del material necessari per poder assistir el vol en les millors condicions possibles, assignen el nombre de contenidors (ULD) i carros de maletes. Amb aquesta previsió feta, es duu a terme la LIR (Loading Instruction Report), amb tot els contenidors i carros de

maletes previstos, per tal de carregar l'avió d'una forma equidistant amb el centre de gravetat de l'aeronau.

Actualment, a l'aviació, s'utilitzen dos models de contenidors (ULD), els AKE, que són els recipients per guardar maletes en els avions *Wide-Body* o avions de fuselatge ample (pal·letitzats) i els AKH, que són els recipients per guardar les maletes en avions de l'estil *Narrow-Body* o avions de fuselatge estret (pal·letitzats).

Els contenidors AKE permeten el transport de maletes o mercaderies a la bodega dels avions. Aquests recipients fets de materials d'alta qualitat són majoritàriament d'alumini, això és perquè han de complir amb les exigències dels reguladors del transport aeri i assegurar que el material transport arribi intacte a l'aeroport de destí. En aquests contenidors hi acostumen a cabre unes 35 maletes en cadascun.

A continuació s'adjunta una imatge del contenidor i les seves dimensions:

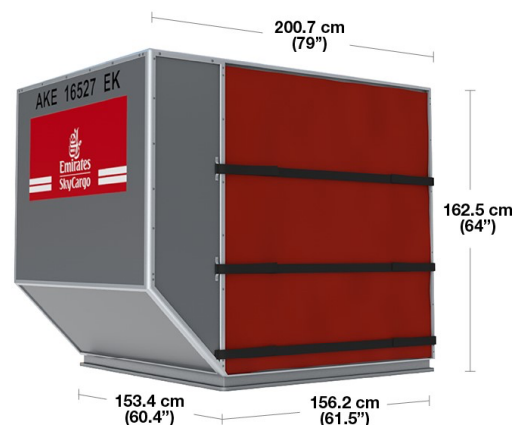


Figura 16. Contenidor AKE [Fotografia], per Emirates Sky Cargo (s.d.).

D'altra banda, els contenidors AKH, també estan fets del mateix material, d'alumini, però tenen unes dimensions diferents, ja que estan fets per ser transportats en avions més petits.

A continuació s'adjunta una imatge d'un AKH indicant les seves dimensions:

3. ANÀLISI DE VIABILITAT

Aquesta anàlisi pretén examinar si és viable utilitzar la tecnologia RFID a l'aeroport en lloc del sistema actual de lectura de codis de barres. Per tant, es tindran en compte els aspectes tècnics, legals i econòmics, ja que poden ser les tres barreres d'entrada més importants. L'aspecte tècnic s'ha de valorar en funció del rendiment operatiu del sistema, i si aquesta innovació seria d'una suficient importància per substituir l'escaneig manual d'avui en dia. L'aspecte legal es té en compte, ja que amb aquesta millora es treballarà amb dades personals de passatgers, s'estarà sotmès a procediments concrets i a més a més també en dur-se a terme a l'interior d'una infraestructura pública, com és l'aeroport de Barcelona, hi ha un gran nombre limitacions. Finalment, com en tot projecte es tindrà en compte el vessant econòmic, ja que les empreses, avui en dia, tenen el gran objectiu de reduir costos per així augmentar els seus beneficis.

3.1. Anàlisi de viabilitat de tècnica

L'anàlisi de viabilitat tècnica és un dels factors més importants d'un projecte, ja que si aquest no aconsegueix ser viable tècnicament, és a dir, no funciona o no satisfà les necessitats del client mai no es podrà finalitzar. Per aquest motiu la mesura d'afegir etiquetes RFID en el procés de seguiment té una finalitat d'incrementar la precisió i l'eficiència del sistema. Per poder verificar si la introducció del sistema RFID és viable en l'entorn aeroportuari s'hauria de realitzar tant a les etiquetes com als sensors, proves de resistència a cops, calor, humitat, ja que en moltes ocasions les etiquetes poden ser danyades o fins i tot trencades (per mals usos o circumstàncies climàtiques). Segons l'article *RFID for Baggage Handling and Tracking* (RAIN RFID, 2017), actualment, ja s'està fent ús d'aquesta tecnologia i s'ha aconseguit millorar els nivells de lectura d'equipatges, elevant-los fins al 99,9%. Així doncs, es tracta d'un fet extraordinari i, tot i que l'ús que se li dona (seguiment de l'equipatge) no és el que se li pretén donar en aquest projecte, ja permet entreveure que és una idea viable de forma tècnica.

Alhora també s'ha de considerar la capacitat de com estaran connectats els lectors amb el sistema, ja que aquests no són energèticament autosuficients i, per tant, requereixen una font d'alimentació elèctrica durant el funcionament. En conseqüència, caldria habilitar fonts d'alimentació als patis de maletes designats per dur a terme el nou mètode.

Un altre punt a considerar és la vida útil dels lectors RFID. S'ha observat que aquests tenen un període de servei molt llarg, per tant, no hauria d'haver-hi cap problema a l'hora de modificar el sistema per afegir dita tecnologia. Així mateix, s'ha estat analitzant diferents tipus de lectors i s'ha observat que el ThingMagic USB Pro és un bon model, ja que està protegit amb una carcassa resistent a cops, fet molt positiu en un entorn com és l'aeroport (Dipole RFID, n.d.).

Finalment, es té en compte la possibilitat d'escalabilitat del sistema, és a dir, poder fer-lo més gran. Actualment, es considera que el projecte no seria escalable, ja que l'objectiu del projecte és només oferir servei a les companyies d'assistència a terra. No obstant això, cal destacar que la tecnologia RFID sí que permet una escalabilitat tècnica molt àmplia. Aquesta escalabilitat pot prendre diferents formes: ampliar el nombre d'usuaris (passant d'un sistema exclusiu per a treballadors a un que inclou els passatgers); estendre l'ús a altres aerolínies, terminals o aeroports; afegir funcions com el seguiment en temps real de l'equipatge o integrar el sistema amb les aplicacions mòbils de les aerolínies.

Així doncs, el fet que no sigui factible enviar dades als passatgers en una primera fase o que no es pugui dur a terme un seguiment de l'equipatge no es deu a limitacions tècniques, sinó a altres condicionants com ara la protecció de dades personals, la necessitat de col·laboració amb les aerolínies per identificar l'equipatge associat a cada passatger i els costos associats al desenvolupament de noves aplicacions. Per poder oferir aquest servei als passatgers, caldria implementar sistemes d'autenticació per protegir la informació, desenvolupar interfícies d'usuari accessibles (aplicacions mòbils) i garantir el compliment normatiu, especialment pel que fa a la normativa de protecció de dades (com el RGPD, 2016).

En conseqüència, tot i que l'objectiu inicial del projecte no contempla la comunicació directa amb els passatgers, la idea de fer escalable el sistema en un futur és totalment viable des d'un punt de vista tècnic. Un cop implementat i validat el funcionament del sistema amb les companyies d'assistència a terra, es podrien estudiar opcions per permetre l'enviament d'informació als passatgers sobre el seguiment del seu equipatge, tal com ja fan algunes aerolínies.

3.2. Anàlisi de viabilitat legal

L'anàlisi de viabilitat legal és un dels aspectes més rellevants a tenir en compte abans de dur a terme el projecte, ja que aquest es desenvoluparà dins d'una infraestructura de

caràcter públic que, a més a més, es troba en zona de perímetre de seguretat. Per aquest motiu, és imprescindible complir una sèrie de condicions bàsiques per tal de garantir-ne la viabilitat i l'autorització.

D'una banda, el primer compliment normatiu que ha de regir el projecte està relacionat amb un aspecte tècnic, el de les resolucions 740 i 753 de la IATA (explicades amb anterioritat), ja que només seguint els seus estàndards es pot obtenir l'homologació del sistema. Així doncs, per poder tenir l'homologació de dit organisme, s'han de seguir els seus estàndards publicats. D'altra banda, cal tenir en compte la legislació espanyola i europea en matèria de protecció de dades, perquè, com s'ha indicat en apartats anteriors, el projecte implicarà el tractament de dades personals dels viatgers. Per aquest motiu, serà necessari elaborar un pla de protecció de dades que garanteixi la seguretat, la transparència en l'ús de la informació i la minimització dels riscos associats.

Abans d'implementar el projecte, caldrà presentar a l'Agència Estatal de Seguretat Aèria (AESA) el document AUPC-GCAM-DT01, amb l'objectiu de presentar formalment la proposta (AESA, 2014). Aquest document ha d'incloure, en primer lloc, la identificació clara del problema que es pretén resoldre i una descripció detallada del nou procés a implementar, indicant quins elements s'utilitzaran, com s'integraran amb els sistemes existents i quina capacitat de millora s'espera obtenir. A continuació, s'haurà de classificar el nivell de canvi segons el seu impacte, usant la classificació establerta (classe 1, 2 o 3). En aquest cas, es podria considerar un canvi de classe 2, ja que suposaria una afectació reduïda sobre una instal·lació crítica com és el sistema BRS, un procés certificat dins del SGSO (Sistema de Gestió de la Seguretat Operacional). Aquesta afectació impactaria en un element clau de la seguretat operacional: la traçabilitat de l'equipatge. El document també haurà de definir com es durà a terme la millora, quina compatibilitat tindrà amb els sistemes actuals de la xarxa aeroportuària i, finalment, incloure una avaluació dels riscos associats a la seva implementació, així com les mesures previstes per mitigar-ne els possibles efectes negatius.

Un cop tramitat, AESA serà l'encarregada de validar si la proposta compleix amb els requisits de seguretat i si està prou fonamentada per tal de ser implementada a l'aeroport corresponent.

A més, cal tenir en compte que, en tractar-se d'una infraestructura pública gestionada per AENA, serà necessari gestionar l'accés al portal SGISO d'aquesta entitat. Des d'aquest portal es podran presentar tant el Pla de Seguretat Operacional com els permisos de treball requerits per als tècnics i operaris que hagin de dur a terme les proves del sistema dins de les instal·lacions aeroportuàries.

Un cop completades i aprovades totes aquestes fases —des de l'anàlisi normativa i legal fins a la validació documental per part d'AESA i la gestió amb AENA—, el producte podrà considerar-se certificat i apte per a la seva implementació operativa a l'aeroport.

3.3. Anàlisi de viabilitat econòmica

El projecte és considerat de cost inicial elevat, principalment perquè la seva implementació requereix la compra de diversos equipaments i la formació específica del personal implicat. En conseqüència, caldrà formar tant als agents de facturació, perquè puguin imprimir correctament les etiquetes, com els operaris del pati de maletes, perquè posicionin i configurin correctament els lectors RFID.

Per determinar el nombre d'impressores necessàries per a la implementació es consultarà amb el client (aerolínia/agent de *handling*) el nombre de taulells de facturació actius per a cada vol. A més, es recomana incorporar almenys un parell d'impressores addicionals com a recanvi, per tal de garantir la continuïtat de l'operativa en cas d'avaria. Segons, Logiscenter (s.d), el cost estimat per unitat d'aquest tipus d'impressores - model ZEBRA ZT231R- és d'aproximadament 700€.

Alhora, caldrà estimar el volum de maletes gestionades amb el nou sistema, ja que cada equipatge requerirà una etiqueta RFID, amb un cost de 0,05€ per unitat.

Un cop superada la zona de facturació, l'equipatge circularà a través del sistema BHS de l'aeroport fins al pati de maletes, on els operaris l'introduiran als contenidors (ULD). A l'interior d'aquests contenidors, s'hi trobaran els diferents lectors RFID, per la qual cosa també s'haurà de fer una estimació del nombre de contenidors per aeronau. En el cas dels avions de fuselatge ample, aquesta xifra pot oscil·lar entre 10-12 contenidors.

Igual que succeeix amb les impressores, amb els lectors, també s'hauria de preveure la disponibilitat de recanvis, per poder substituir-los en cas de mal funcionament. Cada

lector RFID -model ThingMagic USB PRO- té un cost aproximat de 600 € (Cebra, s.d.), fet que contribueix de manera significativa a incrementar la inversió inicial del projecte.

El cost inicial associat a la implantació del sistema podria representar un obstacle significatiu, especialment tenint en compte que el sector del *handling* tendeix a reduir al màxim els costos operatius per tal d'oferir tarifes més competitives a les aerolínies. No obstant això, caldria valorar si hi ha companyies aèries interessades a fer un salt qualitatiu en els seus processos de *turnaround*, ja que, com s'ha exposat en altres apartats del treball, la incorporació d'aquesta tecnologia permetria reduir el nombre d'equipatges perduts i, alhora, escurçar els temps d'escala de les aeronaus gràcies a una càrrega de contenidors més ràpida i eficient.

A aquest cost d'implementació cal sumar-hi el de la formació del personal, un element clau per garantir el correcte funcionament del sistema basat en tecnologia RFID. Serà necessari instruir els agents de passatge en l'ús adequat de les impressores, així com els operaris de rampa en la configuració i col·locació correcta dels lectors. Aquesta formació contribuirà a una operativa més eficient, minimitzarà els errors humans i reduirà el període d'adaptació a la nova tecnologia.

Pel que fa a la rendibilitat econòmica de la implementació d'aquesta actualització del sistema BRS, cal destacar la complexitat de la seva valoració. Tal com s'ha exposat durant el llarg del treball, es tracta d'un sector força hermètic pel que fa a la disponibilitat d'informació delicada, especialment en relació amb dades financeres internes.

Malauradament, durant l'elaboració del present estudi no s'ha pogut accedir a dades concretes sobre les penalitzacions que reben les agències d'assistència a terra quan es produeixen retards en els vols. Aquesta manca d'informació ha impedit calcular amb precisió quants retards s'haurien d'evitar per tal de recuperar la inversió inicial.

Tot i això, sí que queda clar que l'agent d'assistència a terra que aposti per implementar aquest sistema podrà aportar un valor afegit a les seves operacions. Aquest fet pot ser molt ben valorat per part de les aerolínies, ja que implicaria una millora en la puntualitat dels vols, una reducció del temps d'escala i una disminució l'equipatge extraviat. Amb la incorporació del nou sistema, és probable que, l'agent d'assistència a terra incrementi lleugerament les seves tarifes per aquelles aerolínies interessades a fer-ne ús, amb l'objectiu de recuperar la inversió associada.

En un escenari a mitjà o llarg termini i, un cop la tecnologia estigui més consolidada, es podria optimitzar la presència d'agents de rampa al pati de maletes. La seva tasca quedaria limitada a la càrrega de l'equipatge als contenidors, alliberant-los de la funció de lectura manual d'etiquetes.

Aquesta reorganització operativa permetria un estalvi en recursos humans i una millora substancial en l'eficiència del procés de càrrega.

3.4. Riscos

La implementació de qualsevol innovació tecnològica comporta un conjunt de riscos que poden afectar a la viabilitat i efectivitat del nou projecte. Tenint en compte que el sector de les operacions de terra és molt exigent i que es requereix una puntualitat exquisida, s'ha de fer una valoració dels riscos molt acurada. En aquest projecte s'assumeix que el risc serà un company de viatge perquè la tecnologia utilitzada és molt innovadora i, per tant, poden haver-hi errors i inconvenients. És per aquests motius que a la següent taula s'ha realitzat un procés estructurat d'anàlisi de riscos que inclou la identificació del risc, la probabilitat que té i l'impacte d'aquest sobre el projecte.

Taula 1: Riscos

Risc	Probabilitat del risc	Impacte	Proposta solució
Interferències en la lectura RFID	Hi ha una probabilitat alta (80%) que es pot donar per la mala ubicació de les antenes o de cossos que bloquegin el senyal.	Baixa	Redissenyar la ubicació de les antenes o etiquetes.

Incompatibilitat amb sistemes existents	Hi ha una probabilitat baixa (30%), ja que no és necessari canviar tot el sistema, sinó que només cal adaptar-lo.	Alta	Desenvolupar mòduls d'integració que permetin la comunicació entre el sistema antic i el nou. No migrar les dades de cop, ferho progressivament.
Manteniment i fallades tècniques	Hi ha una probabilitat alta (90%), sobretot durant les primeres fases de funcionament, a causa dels errors tècnics fruit del desconeixement.	Molt alta	Establir un pla de manteniment preventiu i predictiu, amb alertes automàtiques en cas de fallida. Contractar personal tècnic format en RFID les 24h.
Cost inicial elevat	Hi ha una baixa probabilitat (20 %), tot canvi que genera una millora és benvingut, ja que a la llarga genera rendiment. Tanmateix, depèn del pressupost del qual disposi l'aerolínia/agent de <i>handling</i> .	Mitjà	Implementar-ho de manera gradual, per fases i, si és factible, cercar subvencions.

Sobre costos imprevistos	La probabilitat és moderada (30 %). Poden aparèixer costos imprevistos durant la fase d'implementació o escalabilitat.	Alt	Establir un marge de contingència al pressupost.
Protecció de dades	Hi ha una baixa probabilitat (20 %). En ser els mateixos sistemes operatius, només canvia la forma en què es vinculen les dades.	Mitjà	Establir un protocol de seguretat clar i encriptar les dades.
Dependència tecnològica	Hi ha una alta probabilitat (90%) de dependre de la tecnologia implementada. En tractar-se d'un procés automatitzat qualsevol error tecnològic pot fer fallar el sistema.	Molt Alt	Establir plans de contingència manuals en cas de caiguda del sistema. Dur a terme simulacres de manera periòdica.
Temps d'adaptació i formació	Hi ha una probabilitat moderada (40 %) que els treballadors necessitin un període per adaptar-se a la nova tecnologia.	Mitjà	Dissenyar un pla de formació progressiu i establir un període de convivència entre ambdues tecnologies, per facilitar la transició.
Resistència al canvi	Hi ha una baixa probabilitat (10 %) que els treballadors es	Baixa	Fer ús d'incentius en aquells treballadors que

per part dels treballadors	mostrin reticents al canvi, ja que es tracta d'una millora per ells i el seu benestar.		mostrin proactivitat a fer cursos d'iniciació a la tecnologia.
----------------------------	--	--	--

4. DISSENY

En el marc d'aquest projecte, es planteja com a objectiu principal el disseny i desenvolupament d'un prototip capaç de gestionar el control de picatge de maletes de forma autònoma, eliminant la necessitat de la intervenció humana directament.

Per assolir aquest objectiu, s'ha concebut un prototip que combina tant components tècnics, per a la identificació automàtica dels objectes, com elements propis de l'entorn aeroportuari, com ara els contenidors ULD (*Unit Load Device*) i les maletes. Com que el lector que s'ha aconseguit només pot llegir etiquetes d'un en un, ja que el lector aconseguit és de baix cost.

El disseny del prototip està compost pels següents elements:

- 2 lectors RFID
- Etiquetes RFID
- Arduino UNO
- Cable USB tipo A-B
- Cables pont
- Font d'alimentació i emmagatzematge de dades (ordinador, en aquest cas)
- Breadboard (per poder connectar els LEDS i el lector RFID)
- 2 LEDS (verd/vermell)



Figura 20. Arduino Uno Rev3 [Imatge], Arduino Store (s.d) (s.d)

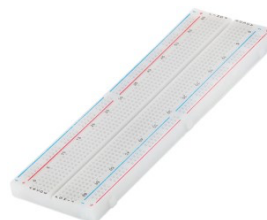


Figura 21. Breadbord[Imatge]. AZ-Delivery



Figura 22. LED 5mm [Imatge]. Electronica Uy (s.d)
Delivery (s.d)



Figura 23. Kit RFID RC522 [Imatge]. AZ-

Els lectors RFID, tal com s'ha explicat al llarg del projecte, emeten ones de radiofreqüència amb la finalitat de detectar les etiquetes passives que es trobin dins del seu abast. En aquest cas, permetran identificar les maletes d'una en una. Per tal d'augmentar l'abast de lectura i garantir una identificació òptima, s'instal·laran dos lectors, un a cada extrem de l'entrada del contenidor.

Aquests dispositius requereixen una font d'alimentació per funcionar correctament, per la qual cosa hauran d'estar connectats a un ordinador. Aquest ordinador no només proporcionarà l'energia necessària, sinó que també permetrà emmagatzemar les dades llegides i verificar si les etiquetes detectades corresponen al vol assignat.

Quan el lector transmeti les dades a la placa Arduino, la qual conté el programa de gestió, aquest processarà la informació per determinar si la maleta és vàlida. En cas afirmatiu, s'activarà un LED de color verd com a senyal d'acceptació, i la maleta serà afegida a la base de dades per evitar-ne la duplicació. Si la maleta no és vàlida, s'il·luminarà un LED de color vermell, indicant el rebuig de l'accés. Ambdós LEDs i lectors de RFID estaran ubicats a la placa *breadboard*.

5. IMPLEMENTACIÓ

Per poder posar en marxa el prototip descrit anteriorment s'ha codificat un programa des de l'entorn de programació Arduino. Aquesta codificació permet a la placa i al lector realitzar la lectura d'etiquetes RFID de forma correcta.

El primer pas per poder dur a terme el correcte funcionament del sistema, és connectar la placa Arduino UNO R3 amb el lector RFID RC522. Aquesta connexió s'ha fet de la forma següent forma:

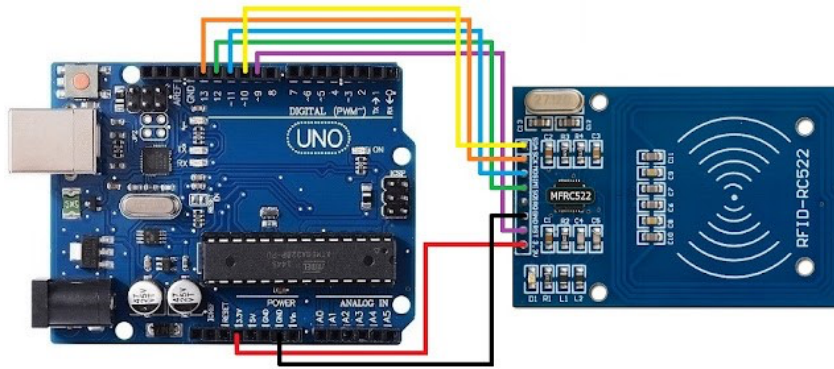


Figura 24. Connexió pins [Imatge generada], ChatGP (2025).

Taula 2: Connexió mòdul Arduino amb mòdul RFID

Pin Mòdul Arduino UNO R3	Pin del mòdul RC522	Explicació.
3,3 V	3,3V	Subministrador d'energia al lector RFID
GND	GND	Connexió de terra entre els dos dispositius, permet que tinguin la mateixa tensió, i així no hi hagi fallides de comunicació.
9	RST	Permet anar reiniciant el mòdul lector RFID.
10	SDA	Permet la comunicació entre el lector i l'Arduino.
11	MOSI	Permet l'enviament d'ordres entre l'Arduino i el lector
12	MISO	Permet l'enviament d'ordres entre el lector i l'Arduino.
13	SCK	Senyal digital que emet l'Arduino per marcar la velocitat en què es transmeten les dades entre ell i el mòdul.

Font. Elaboració pròpia

Un cop feta la connexió dels lectors amb la placa, perquè el lector RFID pugui transmetre la informació rebuda a la placa d'Arduino, s'han d'afegir al codi dues llibreries relacionades amb el sensor "RFID RC522". La primera llibreria afegida és la "SPI.h", la qual té la funció de transmetre la identificació de les targetes RFID, coneguda com a UID, amb la placa Arduino R1. Seguidament, la segona llibreria utilitzada és la "MFRC522.h", aquesta té la capacitat de proporcionar les funcions necessàries que ha de fer el lector durant el transcurs de l'activitat. És a dir, permet fer entendre al lector les ordres que li transmet la placa Arduino i, per tant, gràcies a la seva implementació podem detectar les targetes, obtenir la informació que contenen dins i transmetre les dades.

Un cop introduïdes les llibreries que permeten fer ús i transmetre les dades entre lector i placa, es crea un objecte "MFRC22". Aquest té la finalitat d'assignar el lector al programa. L'objecte està compost amb els paràmetres "SS_PIN", per seleccionar l'ID del lector i, "RST_PIN", per poder reiniciar el dispositiu en qualsevol moment i assegurar el correcte funcionament quan s'inicia.

Seguidament, amb la definició de l'objecte del lector, toca definir quines són les UID acceptades al programa, és a dir, la definició de quines maletes estan acceptades en aquest vol. Per poder acceptar el seu valor s'ha de donar el valor de la variable, en aquest cas "ValidKey1", en format llista amb índex 7, és a dir, amb capacitat per set caràcters. Cadascuna d'aquestes posicions inclourà un valor hexadecimal, el qual representa un byte del codi identificador.

Un cop definides les identifications, s'esdevé amb la definició de la funció "isEqualArray", que compara l'etiqueta passada com a paràmetre amb les acceptades al codi. La funció "isEqualArray" permet comparar les dues matrius de bytes (inclouen el UID de les targetes) de forma segmentada, és a dir, de byte a byte i retornant el valor *True* si tots coincideixen.

La funció especial "setup()" permet encendre o reiniciar l'Arduino. A l'interior de la funció s'hi troben les inicialitzacions de la comunicació entre l'Arduino i l'ordinador, la inicialització del lector RFID i la iniciació del SPI, canal de comunicació entre el mòdul RFID i l'Arduino.

Per la finalització del codi, es troba el la funció *loop*, la qual conté el codi que s'executa de manera contínua fins que l'usuari finalitza el sistema de forma manual. Així doncs, en primer lloc, es verifica si el lector detecta alguna targeta. Aquesta acció es du a terme mitjançant la funció "IsNewCardPresent", extreta de les llibreries prèviament importades. Si aquesta funció retorna "True", indica que ha llegit una targeta nova. En segon lloc, i un cop detectada, el lector intenta descodificar el UID, mitjançant la funció "ReadCardSerial". Seguidament, amb el codi UID descodificat, es crida a la funció prèviament definida "isEqualArray", que permet comparar les identifications de les targetes byte a byte i defineix si les llegides són acceptades o no. Finalment, per acabar, es troba la funció *delay*, la qual permet aturar l'execució del programa tants mil·lisegons com se li indica.

Malauradament durant la realització del prototip s'ha observat que aquest és força limitat, ja que per poder dur a terme la segregació de l'ID de targetes, és a dir, saber si la maleta correspon al vol en qüestió, no tenen la capacitat d'afegir informació personalitzada. En aquest, el que es volia era afegir l'identificador de la maleta (tag ID), per veure si el sistema l'acceptava o no (ex. VY389912). No obstant això, en no ser possible, s'ha hagut de treballar a partir de la identificació donada pel fabricant, fet que no ha permès treballar amb una base de dades i només ha donat la possibilitat de llegir targetes i segregat-les de forma discriminada. És a dir, en el codi s'han inclòs les targetes que estan acceptades. Cal tenir en compte també que es tracta d'un prototip de molt baix pressupost (45 €) i, per tant, hi ha moltes possibilitats de millora en l'àmbit tècnic.

6. IMPLEMENTACIÓ DEL SISTEMA EN UN CAS REAL

L'objectiu general d'aquest pla mestre és analitzar la viabilitat d'implantar un nou sistema BRS amb tecnologia RFID a l'aerolínia Emirates, que opera a l'Aeroport de Barcelona-El Prat. Emirates, amb seu als Emirats Àrabs Units, realitza tres vols diaris des de Barcelona: un amb destinació a Ciutat de Mèxic i dos a Dubai. Aquests vols s'operen amb dues aeronaus Boeing 777 i una amb el seu avió insígnia, l'Airbus A380, cosa que suposa un total aproximat de 1.095 operacions anuals.

Segons les persones entrevistades ([vegeu annex 1](#)), una proporció significativa d'aquests vols pateixen retards: un 25 % segons un cas analitzat, i fins a un 50 % en un altre. De

tots aquests retards, s'estima que el 30 % estan relacionats amb incidències en la gestió d'equipatges. Per aquest motiu, la implantació del sistema RFID pretén reduir aquestes demores, especialment en una companyia amb una reputació d'excel·lència com Emirates.

El nou procés d'optimització s'inicia quan el passatger arriba a l'aeroport i factura l'equipatge. Emirates obre habitualment 10 mostradors de facturació, cadascun dels quals hauria d'estar equipat amb una impressora RFID per generar etiquetes intel·ligents que permetin el seguiment de les maletes. Es preveu adquirir 12 impressores (10 per ús habitual i 2 de reserva), amb un cost unitari de 700 €, fet que representa una inversió total de 8.400 €.

Pel que fa a les etiquetes RFID, es preveu gestionar aproximadament 365.000 equipatges a l'any. A aquesta xifra s'hi afegeix un marge del 5 % per previsió de creixement i un 10 % addicional per cobrir possibles defectes o mal ús. Per tant, es realitzarà una comanda total de 421.575 etiquetes, amb un cost unitari de 0,05 €, que suposa una despesa anual de 21.078,75 €.

Els lectors RFID, essencials per al control i seguiment dels equipatges als contenidors ULD, també s'han considerat. L'Airbus A380 utilitzat en el vol nocturn transporta fins a 17–18 contenidors. Amb aquest escenari, es preveu adquirir 20 lectors RFID, per cobrir les necessitats operatives i disposar d'unitats de reserva. El cost unitari és de 600 €, cosa que comporta una inversió total de 12.000 €.

En conjunt, el cost total estimat en material tècnic per implementar aquest sistema és de 41.478,75 €.

Per tal de garantir que la implantació de les etiquetes RFID s'estigui executant de forma correcta, és important definir uns objectius de rendiments. Establint aquests mecanismes d'avaluació permetrà validar el funcionament del sistema i justificar si la inversió és justificada o s'ha de tornar al mètode original. Els indicadors de rendiment estaran sotmesos a percentatge de detecció d'etiquetes a l'interior del contenidor, reducció de

pèrdues d'equipatge, percentatge de caigudes del sistema BRS (pot ser que la carrega de treball satori el sistema) i una millora en el temps de emplenar els ULD.

Tot i que aquest cost inclou una part variable anual (com ara les etiquetes RFID), cal valorar que el sector aeronàutic mou grans quantitats de diners, i que una millora en eficiència operativa pot tenir un impacte molt positiu. Segons el recent informe SITA Baggage IT Insights 2025, cada maleta perduda pot costar fins a 150 \$ a una aerolínia, sumant despeses de gestió, compensació i transport.

Per tant, per a una companyia com Emirates, que gestiona un gran volum d'equipatges, l'adopció d'un sistema BRS amb tecnologia RFID representa una inversió estratègica rendible. A més d'evitar pèrdues d'equipatge, també contribueix a reduir els retards i millora l'experiència del passatger, fet que enforteix la imatge i reputació de la companyia.

7. OBSERVACIONS I RESULTATS

Tot i que inicialment es preveia recollir dades, a través de qüestionaris, de cinc professionals del sector aeronàutic, finalment només dos han accedit a participar ([vegeu annex 1](#)). Aquesta baixa participació es pot atribuir principalment a la naturalesa privada i sensible d'aquest sector, que limita la disposició a compartir informació detallada. Malgrat aquesta limitació, al llarg del treball s'ha pogut constatar l'aplicabilitat de la tecnologia RFID com a mètode complementari al sistema actual de gestió d'equipatges, el BRS. Aquesta tecnologia s'ha identificat com una eina potencial per millorar la traçabilitat, la precisió i l'eficiència operativa dins dels processos d'*handling*, tot superant algunes de les limitacions presents en el sistema vigent. Així doncs, després d'analitzar la informació rebuda, s'ha pogut constatar el següent:

Les entrevistes realitzades a dos professionals del sector -amb 8 i 26 anys d'experiència respectivament en àmbits com la coordinació de càrrega, la gestió de reserves i les operacions de *handling*- han aportat una visió experta sobre l'estat actual de la gestió d'equipatge i el potencial d'implementació de la tecnologia RFID.

D'una banda, es destaca que una part significativa dels retards imputables (aproximadament un 25%) està relacionada amb incidències al pati de maletes. Aquesta

dada confirma que els processos actuals presenten punts crítics susceptibles de millora operativa.

Pel que fa al sistema BRS, tots dos entrevistats reconeixen la seva utilitat per al seguiment i localització de l'equipatge. Tanmateix, també es mencionen limitacions importants: baixa velocitat de transmissió de dades, dependència de la connectivitat i escassetat de dispositius lectors deguda als costos elevats. Aquestes mancances poden afectar directament la fluïdesa operativa i l'eficiència general del procés. Pel que fa a la possible incorporació de la tecnologia RFID, ambdós professionals consideren que podria oferir avantatges clars, especialment en la millora del control i distribució de les maletes durant la construcció d'ULDs, així com en l'optimització de l'espai disponible. La possibilitat de classificar l'equipatge segons categoria i connexió a través d'un sistema automatitzat també es percep com una millora potencial significativa respecte al model actual.

Tanmateix, s'identifica certa resistència a la implementació, principalment per factors econòmics i per la inèrcia de funcionament dels sistemes establerts. Aquesta reticència evidencia la necessitat d'un procés d'introducció progressiu, acompanyat d'una anàlisi de viabilitat econòmica, formació del personal i compatibilitat amb les infraestructures existents.

8. CONCLUSIONS

Durant el transcurs del treball s'ha aprofundit en un dels àmbits més desconeguts però, ahora, un dels més essencials dins del sector aeroportuari: el *handling*. Amb la implementació del projecte, s'ha volgut corroborar si existia una opció real d'introduir millores en el procés de gestió d'equipatges per part del servei d'assistència a terra.

Per tal de fonamentar el projecte, la documentació prèvia, ha estat un element clau. A partir d'una base més legal, proporcionada pels articles i directrius IATA i una base tècnica centrada en els diferents tipus de sistema i tecnologia aplicable, s'ha pogut estructurar una proposta coherent i força viable. Aquest doble vessant ha permès abordar el projecte amb una visió integral, garantint la viabilitat normativa i operativa, orientant el disseny del prototip.

La recollida de dades provinent de professionals del sector ha estat un altre factor clau per validar la informació tractada. Les aportacions obtingudes han proporcionat una visió més precisa i fonamentada en la realitat del sector. Tanmateix, cal reconèixer, que en tractar-se d'un sector tan privatitzat i amb un fort component de competència, l'accés a dades reals i específiques ha estat complicat, fet que ha limitat, en part, la profunditat de l'anàlisi.

L'estudi de cas realitzat a una aerolínia (Emirates) ha permès constatar que l'aplicabilitat de la tecnologia RFID pot esdevenir una inversió estratègica rendible capaç de millorar l'eficiència del servei, reduir retards i oferir una millor experiència de viatge al passatger.

Paral·lelament, s'ha dut a terme una estimació de costos de la implementació, en aquesta es van tenir en compte els elements clau del sistema – les etiquetes RFID, els lectors, les impressores- amb la finalitat de valorar realment la inversió que havien de realitzar les aerolínies. Aquesta aparentment és assumible, ja que permetria una amortització a mitjà termini degut a l'optimització de recursos i la reducció d'errors operatius.

Finalment, sí que s'ha pogut establir un sistema alternatiu a l'actual mètode de picatge de maletes. S'ha constatat que el RFID és una tecnologia viable no només des del punt de vista tècnic, sinó també operativament; aportant beneficis com la millora en la traçabilitat de l'equipatge, reduint dels errors humans i optimitzant de manera general els processos d'operativa a terra. En conseqüència, els resultats obtinguts apunten a un potencial clar per integrar l'RFID de manera progressiva en el sistema actual. Si bé és cert que la implementació del prototip no ha estat del tot fructífera i, que al llarg del treball s'han detectat certes limitacions (entre d'altres, s'ha observat una major dependència a la tecnologia així com certes mancances pel que fa a la creació), es considera que és un mitjà completament viable per automatitzar el sistema de picatge de maletes i, per tant, reduir el temps que es destina a aquest procés.

En definitiva, es pot concloure que la incorporació de la tecnologia RFID en els processos d'assistència a terra representa una oportunitat estratègica per avançar cap a una gestió més eficient, segura i automatitzada dels equipatges amb un gran potencial d'integració progressiva dins el model operatiu dels aeroports actuals.

El repte a partir d'ara serà convertir la proposta en una realitat i així poder experimentar les millores en la gestió i l'eficiència com a passatger.

REFERÈNCIES

- Aena. (2025). *Presentación*. Aeropuerto Adolfo Suárez Madrid-Barajas.
<https://www.aena.es/en/adolfo-suarez-madrid-barajas/get-to-knowus/presentation.html>
- Aena. (2025). *Presentación*. Aeropuerto Josep Tarradellas Barcelona-El Prat.
<https://www.aena.es/en/josep-tarradellas-barcelona-el-prat/get-to-knowus/presentation.html>
- Agencia Estatal de Seguridad Aérea. (2014). *Documento técnico AUPC-GCAM-DT01*.
Edición 01. https://www.seguridadaerea.gob.es/sites/default/files/AUPC-GCAMDT01_Ed01.pdf
- Alvy. (2009). *¿Qué son los chips RFID y para qué sirven?* Microsiervos
<https://www.microsiervos.com/archivo/tecnologia/que-son-chips-rfid.html>
- Ana Cargo. (s.d.). *Container AKH (LD3- 45WF)*.
https://www.anacargo.jp/en/int/specification/cm_container.html
- Arduino. (s.d.). *Arduino Uno Rev3*. Arduino Store.
https://store.arduino.cc/products/arduino-uno-rev3?srsltid=AfmBOoqok2fYCaVZTP_S87fwtWWRxtreEESgsmbFu05vU1gaAw_Qxvm
- AZ-Delivery. (s.d.). *Breadboard – placa de pruebas*. AZ-Delivery.
<https://www.azdelivery.de/es/products/breadboard>
- AZ-Delivery. (s.d.). *RFID Kit RC522*. AZ-Delivery.
https://www.azdelivery.de/es/products/rfid-set?_pos=1&_sid=8826d56dc&_ss=r
- BEUMER Group. (s.d.). *Baggage handling systems*.
<https://www.beumergroup.com/products-systems/baggage-handling-technology/>
- Cisper. (s.d.). *Novanta ThingMagic USB Pro desktop reader (ETSI)*.

<https://www.cisper.com/en/novanta-thingmagic-usb-pro-desktop-reader-etsi>

Decathlon United Media. (2014). *RFID*.

<https://www.decathlonunited.media/media/decathlon-united-rfid-es>

Dipole RFID. (s. d.). *Cómo escoger antena RFID*.

<https://www.dipolerfid.es/blogrfid/como-escoger-antena-rfid>

Dipole RFID. (s. d.). *Guía completa para elegir la etiqueta RFID perfecta para tu*

negocio. <https://www.dipolerfid.es/blog-rfid/guia-completa-para-elegir-la-etiqueta-rfid-perfecta-para-tu-negocio>

Dipole RFID. (s.d.). *Lector RFID USB ThingMagic*.

<https://www.dipolerfid.es/producto/lector-RFID-usb-thingmagic>

Electrónica Uy. (s.d.). *LED 5mm verde 400–500mcd*. Electrónica Uy.

<https://www.electronica.uy/producto/componentes/optoelectronica/led/led-5mmverde-400-500mcd/>

Emirates Sky Cargo. (s.d.). *Unit Load Devices (ULDs) and Specialised Equipment*.

<https://www.skycargo.com/our-advantage/our-equipment/>

Escudé Macià, O. (2023, 27 de desembre). *New baggage system at Barcelona Airport: From check-in to handling in 3.5 minutes*. Catalan News.

<https://www.catalannews.com/tech-science/item/new-baggage-system-at-barcelona-a-airport-from-check-in-to-handling-in-35-minutes->

Eurocontrol. (2024). *Monthly Network Operations Report: Overview September*

2024 (Número 1.0) <https://www.eurocontrol.int/sites/default/files/2024-10/eurocontrolnetwork-operations-report-september-2024.pdf>

ICAO. (2021). *Manual on the Regulation of International Air Transport*. International Civil Aviation Organization.

INTTEC. (2023). *Com funciona RFID i com pot millorar la teva fabricació*. Inttec.

<https://inttec.cat/blog/2023/03/21/els-rfid-coneix-la-identificacio-perradiofrecuencia/>

- International Air Transport Association. (s.d.). *IATA Membership*.
<https://www.iata.org/en/about/members/>
- International Air Transport Association. (s.d.). *Resolution 740: Baggage Tag Specification*. <https://www.iata.org/>
- International Air Transport Association. (2018). *IATA Resolution 753: Airlines' Implementation Plan*.
https://www.iata.org/contentassets/5c4aa8b8b3b1432697d2bf3301450684/iataresolution-753-implementation-plan_final.pdf
- International Air Transport Association. (2019). The 2 essentials for baggage tracking [Infografia].
https://www.iata.org/contentassets/6bb095b194bc4ebf851ed73c83266c20/rfid_xm1_infographic_june2019.pdf
- International Air Transport Association. (2020). *Ground handling operations manual*.
<https://www.iata.org>
- International Air Transport Association. (2023). *Resolution 753: Baggage Tracking Requirements*.
https://www.iata.org/contentassets/d22bcfe86aa54f22a2919b0e4224f68f/reso753implementation-guide---2023_issue-4.0.pdf
- International Air Transport Association. (2025). *Baggage Standards*.
<https://www.iata.org/en/programs/ops-infra/baggage/standards/>
- International Air Transport Association. (2025). *Baggage Tracking*.
<https://www.iata.org/en/programs/ops-infra/baggage/baggage-tracking/>
- Inditex. (2014). *Inditex deploys RFID technology in its stores*.
<https://www.inditex.com/itxcomweb/en/press/news-detail/7f71fd36-94ec-45faa2e6-6837b63f2903/inditex-deploys-rfid-technology-in-its-stores>
- LATAM Logistics. (s.d.). *ECAC Standard 3 BHS Retrofit – Disseny i gestió de projectes a l'Aeroport de Barcelona-El Prat*.
<https://latamlogistics.es/ca/ecac-standard-3bhs-retrofit-diseno-y-gestion-de-proyectos-aeropuerto-de-barcelona-el-prat/>

- Logiscenter. (s.d.). *Impresora de etiquetas Zebra ZT231*.
<https://www.logiscenter.com/impresora-de-etiquetas-zebra-zt23142-t0e000fz>
- Lorente, P. (2020). *Los cambios en los sistemas de control de accesos ante la COVID-19*. SeguriLatam. https://www.segurilatam.com/tecnologias-y-servicios/control-de-accesos-y-antintrusion/los-cambios-en-los-sistemas-de-control-de-accesos-ante-lacovid-19_20200805.html
- Lyngsoe Systems. (s.d.). *Enhancing passenger satisfaction and baggage handling efficiency*. <https://lyngsoesystems.com/logistics/airports-and-airlines/cases/deltaairlines>
- Lyngsoe Systems. (s.d.). *Delta Air Lines RFID baggage tracking case study*.
<https://lyngsoesystems.com/logistics/airports-and-airlines/cases/delta-airlines>
- Malhotra, S., Sinha, K., Godara, P., Preethi, S., & Angeline, R. (2018). *Airport baggage handling using RFID and cloud technology*. *International Journal of Emerging Technologies in Engineering Research*, 6(4).
- NextPoints. (s.d.) *Tipos de Tag RFID*. <https://nextpoints.com/tipos-tag-rfid/>
- Parlament Europeu i Consell de la Unió Europea. (2016). *Reglament (UE) 2016/679 del Parlament Europeu i del Consell, de 27 d'abril de 2016, relatiu a la protecció de les persones físiques pel que fa al tractament de dades personals i a la lliure circulació d'aquestes dades (Reglament general de protecció de dades)*. *Diari Oficial de la Unió Europea*, L 119, 1–88.
<https://www.boe.es/doue/2016/119/L00001-00088.pdf>
- PMG Labels Team. (2024). *RFID Technology: Structure, Functionality, and Applications*. <https://www.pmglabls.com/rfid-technology-structure-functionalityand-applications>
- Kristine P et al. (2017). *RFID for baggage handling and tracking*. RAIN RFID.
https://rainrfid.org/wpcontent/uploads/2017/11/RFID_for_Baggage_Handling_and_Tracking-UK.pdf

Reportur. (2023). *Avianca implementa sistema de control de equipajes en tiempo real*.

<https://www.reportur.com/tag/sistema-de-reconocimiento-de-equipajes-baggagereconciliation-system/>

SCRIBD. (2016). *IATA Resolution 740 Bagtag Spec*.

<https://www.scribd.com/document/310481977/IATA-Resolution-740-Bagtag-Spec>

SITA. (2023). *Baggage IT insights 2023*.

<https://www.sita.aero/resources/surveysreports/baggage-it-insights-2023/>

Tabert, K. (2024). *Exactly the kind of suitcase you should travel with, according to a baggage handler*. Travel. <https://travel.nine.com.au/latest/luggage-tips-kind-ofsuitcase-you-should-travel-with-baggage-handler-advice/5e0eb31d-b613-4855886c-728cddee79df>

TAV Technologies. (2023). *Baggage Reconciliation System (BRS)*

<https://tavtechnologies.aero/en-EN/products/passenger-baggageprocessing/pages/brs-products-services>

Xinhua. (2021). All China's major airports to apply RFID luggage tracking by end of year. *The State Council of the People's Republic of China*.

https://english.www.gov.cn/statecouncil/ministries/202108/11/content_WS611363_65c6d0df57f98de4d8.html

Vanderlande. (2025). *Baggage handling*.

<https://www.vanderlande.com/airportlogistics/segments/baggage-handling/>

Vestergaard, M. (22 de febrer, 2012). Extendable Beltloaders Offer Relief To Baggage Handlers. *Aviation Pros*.

<https://www.aviationpros.com/gse/baggagecargo/baggage-handling-equipment-accessories/article/10352693/ergonomicstudies-support-use-of-mechanical-aides-to-reduce-on-the-job-injuries>

World Class Quality (s.d.). *Baggage Cart*.

<http://static1.squarespace.com/static/54418f38e4b0566007bde8d6/t/634de06f440ce404a1045a9f/1666048113176/DS-15F3400-Baggage-Cart.pdf>

ANNEX

- Taula 3: Respostes J.C

Entrevistat: J.C.	
Pregunta	Resposta
Podries realitzar una introducció del teu càrrec i de la teva experiència en el sector aeronàutic (contextualitzar):	Actualment, treballo per una aerolínia amb base a l'Orient Mitjà com a gestor de reserves de càrrega aèria i com a supervisor de <i>ULD Build Up</i> i d'estiba de càrregues especials. Fa 8 anys que treballo a l'aeroport de X (confidencial), primer a Seguretat i <i>check-in</i> per vols als EUA (Estats Units d'Amèrica) i després com a coordinador de vol per X (un agent de <i>handling</i>). En els darrers anys he estat treballant per una aerolínia <i>low-cost</i> molt important a Europa.
Quants vols gestioneu a l'any a la base de Barcelona?	A l'aerolínia <i>low-cost</i> gestionàvem uns 7080 vols al dia. I amb l'aerolínia actual es gestionen 3 vols al dia.
Quants vols dels que gestioneu surten amb retard?	Un 15-20%
Quants dels vols gestionats surten amb retard degut a pati de maletes?	Dels <i>delays</i> imputables potser un 25%
Quina és la mitjana de maletes que hi ha per vol?	Dels vols del matí hi ha de mitjana unes 250 maletes. Del vol de la nit unes 500-600.
Quants treballadors hi ha al pati de maletes per vol?	3 treballadors.

Es podria optimitzar el procés d'omplir els ULD? Com es podria fer?	Sí, es necessita més personal amb lectors i repartir el trànsit de maletes entre dos hipòdroms. El sistema BRS de l'aeroport hauria de ser capaç de separar-ho segons categoria de viatge i connexió que tingui aquesta maleta.
A partir de la proposta explicada (implementar la tecnologia RFID a l'aeroport) quines millores o aspectes tindries en compte?	Es podria implementar per totes les companyies <i>widebody</i> per un repartiment de feina més eficient dins els <i>handlings</i> .
Quins Defectes i virtuts consideres que té el sistema BRS avui en dia:	Virtut: permet tenir millor localitzades les maletes durant el vol si hi ha qualsevol incidència. Defectes: que depens de connexió i sol ser bastant lent en carregar la informació. A més, els aparells lectors són cars i les empreses de <i>handling</i> solen escatimar.
Altres dades no plantejades amb anterioritat	

- Taula 4: Respostes J.G

Entrevistat: J.G	
Pregunta	Resposta

Podries realitzar una introducció del teu càrrec i de la teva experiència en el sector aeronàutic (contextualitzar):	Bona tarda, Soc en J.G <i>operation manager</i> d'un dels <i>handlings</i> més importants de l'aeroport de X (confidencial). Porto 26 anys d'experiència en el sector de l'aeronàutica.
Quants vols gestioneu a l'any a la base de Barcelona?	30.177
Quants vols dels que gestioneu surten amb retard?	Contemplant els <i>delays</i> no controlables o els controlables, un 50 % dels vols surten amb retard.
Quants dels vols gestionats surten amb retard degut a pati de maletes?	Dels <i>delays</i> imputables potser un 25%
Quina és la mitjana de maletes que hi ha per vol WB- NB?	Pels vols WB (<i>wide body</i>) que operem tenim una mitjana de maletes d'un 85 % dels passatgers que viatgen. En canvi, pels avions NB (<i>narrow body</i>), es disminueix a un 70 %.
Quants treballadors hi ha al pati de maletes per vol?	3 per als NB (<i>narrow body</i>) i 4 pels WB (<i>wide body</i>)
Es podria optimitzar el procés d'omplir els ULD? Com es podria fer?	Es podria optimitzar la qualitat amb què el <i>staff</i> carrega, és a dir, més ubicació i posició de les peces dins el contenidor.
A partir de la proposta explicada (implementar la tecnologia RFID a l'aeroport) quines millores o aspectes tindries en compte?	Per l'optimització de l'espai.
Quins Defectes i virtuts consideres que té el sistema BRS avui en dia:	Considerem que el sistema BRS és un sistema correcte, el qual ens serveix per seguir l'operativa dia a dia, però aquest podria millorar.

Altres dades no plantejades amb anterioritat	