



Escola d'Enginyeria de Telecomunicació i
Aeroespacial de Castelldefels

UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA

TREBALL FINAL DE GRAU

TÍTOL DEL TFG: Estudi per convertir l'Aeroport de Lleida en un aeroport verd.

TITULACIÓ: Grau en Enginyeria d'Aeroports

AUTOR: Mariona Costa Rabionet

DIRECTOR: Cristina Calleja Rodriguez

DATA: 5 de setembre del 2016

Títol: Estudi per convertir l'Aeroport de Lleida en un aeroport verd.

Autor: Mariona Costa Rabionet

Director: Cristina Calleja Rodriguez

Data: 23 de setembre del 2016

Resum

El transport aeri és un factor indispensable per la modernització i el desenvolupament en el nou context mundial. Per això, en els últims anys l'aviació civil comercial ha experimentat una gran expansió. Cada vegada més, les persones utilitzen el transport aeri per desplaçar-se d'un lloc a un altre. Aquesta expansió ha sigut molt beneficiosa pel desenvolupament del sector aeronàutic. Però, també han aparegut una sèrie de problemes, sobretot en el referent al medi ambient.

Aquests problemes han obligat als diferents països arribar a acords per aportar solucions i col·laborar amb l'objectiu de disminuir l'impacte que tenen les seves activitats. En el cas dels aeroports, s'ha de fer front a l'augment de les emissions de CO₂, les emissions acústiques, els grans consums d'energia elèctrica, consums d'aigua, etc. Amb aquesta finalitat, l'any 2009, ACI Europa va crear el Airport Carbon Accreditation Program (ACA) per ajuda a avaluar i reconèixer els esforços que fan els aeroports en gestionar i reduir les seves emissions de CO₂.

A més a més, l'any 2010, Aena juntament amb el Ministeri de Foment, va posar en marxa el projecte Aeropuerto Verde. En aquest projecte s'especifiquen les àrees més importants per aconseguir reduir el consum d'energia i les emissions que produeix l'activitat aeroportuària.

En aquest projecte, es buscaran mesures que podrien incorporar-se en les instal·lacions de l'aeroport de Lleida-Alguaire per millorar el seu consum energètic. Per fer-ho s'han tingut en compte els objectius i les accions proposades en el projecte Aeropuerto Verde d'Aena

En primer lloc, s'ha realitzat un estudi per identificar les mesures que s'han aplicat en diferents aeroports espanyols i europeus que participen en el programa ACA. En la següent part del projecte, s'ha dut a terme un estudi de la situació actual de l'aeroport de Lleida-Alguaire. Una vegada, s'ha conegut la situació, s'han plantejat nous procediments que permetin reduir les emissions de CO₂ i el consum elèctric de l'aeroport. I finalment, una vegada s'han obtingut els resultats, s'ha comprovat la viabilitat de les diferents propostes en l'aeroport de Lleida-Alguaire.

Title: Study to convert the Lleida Airport into a green airport.

Author: Mariona Costa Rabionet

Director: Cristina Calleja Rodriguez

Date: September 5 th 2016

Overview

The air transport is an essential factor for the modernization and development in the new global context. Therefore, in the recent years, commercial aviation has experimented a great expansion. Increasingly, people use air transport to move from one place to another. This expansion has been very beneficial for the development of the aviation sector. But there are also appeared a number of problems, especially related with the environment.

These problems have forced several countries to reach agreements to provide solutions and cooperate with the aim of reducing the impact of their own activities. In the case of airports, must deal with the increase in CO₂ emissions, noise emissions, the large consumption of electricity, water consumption, etc. To this end in 2009, the ACI Europe created the Airport Carbon Accreditation Program (ACA) to help evaluate and recognize the efforts made by airports in order to manage and reduce their CO₂ emissions.

In addition, in 2010, Aena and Ministerio de Fomento, launched the project *Aeropuerto Verde*. This project specifies the most important areas to reduce energy consumption and emissions produced by airport activities.

In this project, we seek measures that could be incorporated into the facilities of the Lleida-Alguaire airport. To doing so, has taken into account the objectives and actions proposed in the Aena's project *Aeropuerto Verde*.

Firstly, a study to identify the measures applied to reduce power consumption on various Spanish and European airports participating in the program ACA is done. In the next part of this project, has carried out a study of the actual state of the Lleida-Alguaire Airport. Once the situation is known, a study of different proposals to reduce CO₂ and electricity consumption is made. And finally, the viability of the various proposals on Lleida-Alguaire airport has been tested.

ÍNDEX

INTRODUCCIÓ	1
CAPÍTOL 1. QUE ÉS UN AEROPORT VERD?.....	3
1.1. Programa Airport Carbon Accreditation (ACA).....	3
1.2. Projecte Aeroport Verd	4
1.3. Anàlisi d'actuacions en els aeroports.....	7
1.3.1. Els aeroports escollits.....	7
1.3.2. Anàlisi de les iniciatives	9
1.3.3. Conclusions	15
CAPÍTOL 2. SITUACIÓ ACTUAL DE L'AEROPORT DE LLEIDA-ALGUAIRE	16
2.1. DESCRIPCIÓ DE L'AEROPORT ESCOLLIT.....	17
2.1.1. Il·luminació.....	20
2.2.2. Climatització	24
2.2.3. Mobilitat sostenible	26
2.2.4. Aigües residuals	26
2.2.5. Energies renovables.....	27
CAPÍTOL 3. PROPOSTES DE MILLORA	32
3.1. TECNOLOGIA LED.....	32
3.1.1. Descripció	32
3.1.2. Cost del sistema	33
3.2. THE LIVING MACHINE.....	36
3.2.1. Funcionament del sistema.....	37
3.2.2. Disseny, operació, manteniment i gestió de residus	39
3.2.3. Cost i ubicació del sistema	40
3.2. Instal·lació d'energia solar fotovoltaica d'autoconsum.	43
3.3.1. Descripció de la instal·lació solar fotovoltaica	43
3.3.2. Cost i ubicació del sistema	46
CAPÍTOL 4. CONCLUSIONS	49
BIBLIOGRAFIA	51
ANNEX 1. MESURES D'ESTALVI ENERGÈTIC EN ELS AEROPORTS.	55
ANNEX 2. COMPONENTS I CÀLCULS DE L'INSTAL·LACIÓ SOLAR FOTOVOLTAICA.....	69
ANNEX 3. PLA URBANÍSTIC DE L'AEROPORT DE LLEIDA-ALGUAIRE....	75

INTRODUCCIÓ

El sector de l'aviació és considerada com un dels sectors que genera grans quantitats de carboni, per aquest motiu un nombre cada vegada més gran d'aeroports estan buscant canviar-ho mitjançant la integració de tecnologies verdes en les seves operacions diàries.

Segons el Grup Intergovernamental d'Experts de les Nacions Unides sobre el Canvi Climàtic (IPCC), el transport aeri representa un dos per cent de totes les emissions de gasos d'efecte hivernacle generada per l'home. Els aeroports contribueixen amb un cinc per cent de la xifra global de l'aviació.

A més a més en els últims anys, el transport aeri ha experimentat una gran evolució fins a adquirir una gran importància mundial en el transport de passatgers. És per aquest motiu, que el trànsit mundial de passatgers, mercaderies i correu augmenta cada any (veure Fig.1).

Tabla 1. Total mundial del tráfico de pago — internacional e interior
(servicios regulares, 2005–2014)

Año	Pasajeros		Pasajeros-km		Toneladas de carga		Toneladas-km de carga		Toneladas-km de correo		Toneladas-km de pago	
	(millones)	Aumento anual (%)	(millones)	Aumento anual (%)	(millones)	Aumento anual (%)	(millones)	Aumento anual (%)	(millones)	Aumento anual (%)	(millones)	Aumento anual (%)
2005	2 139	7,1	3 913 613	8,0	36,5	2,5	153 698	2,5	4 452	1,7	521 414	6,3
2006	2 259	5,6	4 157 765	6,2	38,8	6,2	163 850	6,6	4 336	-2,6	553 967	6,2
2007	2 457	8,8	4 499 254	8,2	41,1	6,2	171 723	4,8	4 309	-0,6	590 719	6,6
2008	2 494	1,5	4 589 139	2,0	39,8	-3,2	170 073	-1,0	4 794	11,3	600 470	1,7
2009	2 484	-0,4	4 540 812	-1,1	39,5	-0,8	154 976	-8,9	4 532	-5,5	574 699	-4,3
2010	2 700	8,7	4 901 989	8,0	47,0	19,2	185 621	19,8	4 763	5,1	642 189	11,7
2011	2 865	6,1	5 224 438	6,6	48,1	2,2	186 178	0,3	4 910	3,1	674 056	5,0
2012	2 998	4,6	5 503 910	5,3	47,4	-1,4	184 236	-1,0	5 096	3,8	697 569	3,5
2013	3 132	4,5	5 806 222	5,5	48,5	2,3	184 969	0,4	5 480	7,5	727 176	4,2
2014	3 303	5,5	6 144 510	5,8	50,4	3,9	194 012	4,9	5 910	7,8	768 579	5,7

Fuente.— Formularios A y A-S de información de transporte aéreo de la OACI, además de las estimaciones de la OACI.

Fig.1. Evolució del trànsit mundial 2005-2014.(veure [1])

Per aquests dos motius, mitjançant l'adaptació de les polítiques i la implementació de noves tecnologies, els gestors d'aeroports han dirigit tots els seus esforços en reduir l'impacte negatiu del sector en el medi ambient. És a dir, reduir les emissions de gasos d'efecte hivernacle a partir de la reducció del consum energètic.

Els objectius del primer capítol d'aquest projecte són definir el concepte aeroport verd, identificar quines iniciatives hi ha actualment tant en l'àmbit mundial (*Airport Carbon Accreditation*) com en l'àmbit estatal (Projecte

Aeropuerto Verde d'Aena) per reduir el consum energètic i analitzar detalladament quines mesures s'han implementat en 7 aeroports europeus diferents (3 espanyols, 2 francesos, 1 alemany i 1 italià) i comparar-les amb la iniciativa Projecte *Aeropuerto Verde* d'Aena.

Per realitzar aquesta anàlisi s'han considerat les àrees següents:

- Il·luminació
- Climatització
- Mobilitat sostenible
- Energies renovables
- Tractament d'aigües residuals

Seguidament en el segon capítol, es descriuen i s'analitza els elements principals (emplaçament, infraestructura, instal·lacions...) que formen part de l'aeroport que s'ha escollit per fer l'estudi: l'aeroport de Lleida-Alguaire. L'objectiu principal és analitzar i comparar la situació actual de l'aeroport amb les mesures proposades en el projecte *Aeropuerto Verde* d'Aena per aconseguir ser un aeroport verd.

Un cop s'han identificat les àrees amb més possibilitats de millora, es proposaran en el capítol 3, les propostes que ajudaran a reduir el consum energètic i la generació de contaminació. Les propostes són:

- Substitució dels fluorescents T5 actuals per fluorescents LED en l'edifici terminal, l'edifici tècnic i la zona d'administració.
- Implementació del sistema *The Living Machine* per tractar les aigües residuals generades per l'aeroport.
- Instal·lació d'un sistema de generació d'energia elèctrica mitjançant una planta solar fotovoltaica.

I finalment en el capítol 4, hi ha les conclusions principals del projecte. És a dir, els resultats més importants que s'han aconseguit en realitzar els estudis i comparacions, juntament amb les idees més importants de cadascuna de les propostes del capítol 3.

CAPÍTOL 1. QUE ÉS UN AEROPORT VERD?

En aquest apartat, es realitzarà un estudi per identificar les mesures més importants que s'han aplicat els darrers anys en diferents aeroports espanyols i europeus. Aquesta anàlisi consistirà a fer una comparativa entre els aeroports escollits agafant com a referència el projecte *Aeropuerto Verde* d'Aena.

Tots els aeroports que s'han escollit per fer l'estudi (veure taula 1.3), són aeroports que participen en el programa *Airport Carbon Accreditation*. En el cas d'aeroports europeus només s'han considerat els que són rellevants dins del sector aeronàutic per les seves pràctiques sostenibles.

I finalment, s'introduirà breument l'aeroport de Lleida-Alguaire, l'aeroport que s'ha escollit

1.1. Programa *Airport Carbon Accreditation* (ACA)

El juny del 2008, l'assemblea anual de ACI (*Airports Council International*) va aprovar una resolució històrica sobre el canvi climàtic. Tots els seus membres es comprometen a reduir les emissions de carboni de les seves operacions, amb l'objectiu final de convertir-se en carboni neutre, o conegut també com a aeroport verd.

Es pot definir com a aeroport verd, un aeroport que és capaç de fer un ús responsable dels recursos naturals necessaris per al seu funcionament. Per aconseguir-ho, és imprescindible que redueixi les necessitats d'energia i aigua i també aconsegueixi gestionar millor els residus que genera. Amb la finalitat de disminuir l'impacte de la seva activitat i minimitzar el mateix temps, l'emissió de gasos d'efecte hivernacle.

Un any més tard, durant l'assemblea anual del 2009, l'ACI Europa va establir el programa anomenat *Airport Carbon Accreditation*. Aquest programa ajuda a avaluar i reconèixer els esforços que fan els aeroports participants per gestionar i reduir les seves emissions de CO₂.

En la taula 1.1, es poden observar els requisits que s'han de complir per aconseguir un dels quatre nivells d'aquest programa.

Taula 1.1. Requisits del programa *Airport Carbon Accreditation* (veure [2]).

Nivell	Nom	Requisits
1	Inventari (<i>Mapping</i>)	<ul style="list-style-type: none"> - Determinar les fonts d'emissió dins del límit operacional. - Calcular les emissions anuals de carboni. - Informar sobre la petjada de carboni. - Verificació per un organisme independent.
2	Reducció (<i>Reduction</i>)	<p>Complir amb els requisits del nivell 1 i a més:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Mostrar evidències de procediments efectius de gestió de carboni. - Mostrar els objectius de reducció aconseguits.
3	Optimització (<i>Optimisation</i>)	<p>Complir amb els requisits del nivell 2 i a més:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Estendre l'abast de la petjada de carboni incloent les emissions de terceres parts implicades en l'operativa de l'aeroport. - Involucrar a terceres parts interessades.
4	Neutralitat (<i>Neutrality</i>)	<p>Complir amb els requisits del nivell 3 i a més:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Compensar les emissions residuals per aconseguir operacions amb "carboni neutre" (possibilitat d'ús de mecanismes de compensació reconeguts internacionalment)

L'aparició d'aquest programa va ser el punt de partida perquè els aeroports poguessin determinar la petjada de carboni i per tant ser conscients de les emissions de CO₂ que alliberen a l'atmosfera.

1.2. Projecte Aeroport Verd

L'any 2010 Aena juntament amb el Ministeri de Foment d'Espanya, va posar en marxa el projecte *Aeropuerto Verde* (veure [3]). En aquest projecte s'especifiquen les àrees més importants per aconseguir reduir el consum d'energia i les emissions que produeix l'activitat aeroportuària.

Aena és una societat anònima espanyola que gestiona els aeroports i heliports d'interès general de l'estat espanyol.

Aquest projecte està pensat per poder explorar les tecnologies més avançades i potenciant al mateix temps la seva implementació en actuacions que resultin compatibles amb la seguretat i operativitat aèria.

En el projecte s'han definit una sèrie d'objectius imprescindibles que s'han de complir amb la implementació de qualsevol iniciativa per millorar l'impacte ambiental de l'aeroport. Aquests objectius són:

- Explorar els diferents avanços tecnològics orientats a millorar l'eficiència energètica.
- Reduir el consum i afavorir la producció d'energia mitjançant fonts renovables, minimitzant d'aquesta manera els gasos d'efecte hivernacle.
- Avaluar la viabilitat, eficàcia i rendibilitat d'aquestes noves tecnologies, així com dels nous procediments operatius associats a elles.
- Validar que la posada en servei de les diferents actuacions garanteix l'operativitat i la seguretat de l'aeroport.
- Promoure la col·laboració amb els operadors i concessionaris de l'aeroport en el desenvolupament i implantació d'aquestes tecnologies.
- Establir estàndards i bones pràctiques, d'aplicació en tots els aeroports de la xarxa.

A més a més, Aena ha determinat una sèrie d'àrees en les quals treballa per poder reduir el consum d'energia i les emissions que produeix l'activitat aeroportuària.

A la taula 1.2, es mostren aquestes àrees i quines són les iniciatives que s'han establert per complir amb els objectius del projecte.

Taula 1.2. Iniciatives establertes en el projecte *Aeropuerto Verde* (veure [3]).

Àrea	Iniciativa
Il·luminació	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Substitució de la il·luminació actual per làmpades de consum més eficient i LED. ➤ Utilització preferent d'espais que permetin la il·luminació natural.

	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Control eficient de la il·luminació mitjançant detectors de presència, sincronització i un disseny adaptable al seu ús.
Climatització	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Millores en l'evolvent de l'edifici terminal per evitar pèrdues d'energia. ➤ Fomentar la introducció de l'ús de la climatització geotèrmica per aprofitar la calor del subsòl. ➤ Gestionar de manera intel·ligent la temperatura i la humitat. ➤ Utilitzar sistemes de refrigeració que facilitin la ventilació, ajudin a disminuir les altes temperatures a l'estiu i afavoreixin el flux de calefacció a l'hivern.
Mobilitat sostenible	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Gestió més eficient del trànsit en l'aeroport mitjançant la implementació i promoció del vehicle elèctric i del <i>car-pooling</i> pels treballadors de l'aeroport. ➤ Impuls de l'ús del transport públic com accés principal a l'aeroport, juntament amb la implantació gradual de l'ús del taxi elèctric i autobús de gas natural liquat. ➤ Millora de l'accés sostenible a l'aeroport amb un augment de vials de vianants i destinar un carril específic per a les bicicletes i els ciclomotors elèctrics.
Consum d'aigua i gestió de residus	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Control del consum d'aigua. ➤ Regs ecològics. ➤ Depuració i control dels abocaments.
Moviment	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Optimització de la il·luminació de la plataforma i els vials.

de les aeronaus	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Regular els moviments a terra de les aeronaus mitjançant la reducció del recorregut i realitzar la maniobra amb un sol motor. ➤ Optimitzar l'assignació de les portes d'embarcament. ➤ Substituir els vehicles convencionals d'ús intern per vehicles elèctrics.
Energies renovables	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Implementació de panells tèrmics solars per l'obtenció d'aigua calent sanitària. ➤ Impulsar la utilització de la biomassa, les plantes de cogeneració i la geotèrmia per la generació d'energia. ➤ Estudiar la viabilitat de l'ús de l'energia eòlica i l'energia solar fotovoltaica.

Amb el projecte *Aeropuerto Verde*, Aena es compromet a potenciar la implementació d'aquestes actuacions a tots els aeroports que formen part de la seva xarxa, instal·lant sempre les tecnologies més adequades per cada tipus d'aeroport.

1.3. Anàlisi d'actuacions en els aeroports

En aquest apartat, s'ha realitzat un estudi sobre les diferents iniciatives que han dut a terme els aeroports que s'han seleccionat per aconseguir reduir les emissions dels gasos d'efecte hivernacle i al mateix temps reduir el consum d'energia elèctrica. Per fer aquesta anàlisi s'ha agafat com a referència el projecte *Aeropuerto Verde* d'Aena.

1.3.1. Els aeroports escollits

L'anàlisi ha consistit a classificar les iniciatives seguint la classificació emprada per Aena (veure taula 1.2) i així determinar si aquest projecte és similar a altres iniciatives proposades per altres gestors aeroportuaris.

En la taula 1.3, hi ha els aeroports que s'han utilitzat per realitzar l'anàlisi. S'han escollit perquè participen en el programa *Airport Carbon Accreditation*. A més a més, s'han escollit com a mínim un aeroport de cada nivell per poder analitzar com ho han aconseguit.

Concretament s'han escollit tres aeroports espanyols gestionats per Aena, l'aeroport Adolfo Suárez Madrid-Barajas, Barcelona - El Prat i el de Lanzarote. S'han escollit aquests tres aeroports de la xarxa d'Aena perquè són els tres primers que van participar en el programa ACA. L'aeroport de Madrid i el de Barcelona també s'han escollit perquè són el primer i segon aeroport més important d'Espanya tant en nombre de passatgers com en operacions. En el cas de Lanzarote, s'ha escollit per ser l'aeroport pilot del projecte *Aeropuerto Verde* explicat en l'apartat anterior (veure apartat 1.2).

Dos aeroports francesos de Aéroports de Paris, l'aeroport de París-Charles de Gaulle i París-Orly que són el primer i segon aeroport a més rellevància de França i es troben molt a prop de la capital del país. A més a més, l'aeroport de París-Charles de Gaulle és el hub de la companyia aèria Air France.

I finalment, s'ha escollit un aeroport alemany, l'aeroport de Frankfurt i un aeroport italià, l'aeroport de Milan-Malpensa. L'aeroport de Frankfurt és l'aeroport més important d'alemanya i s'utilitza com a centre d'operacions de la companyia aèria Lufthansa. Per altra banda, l'aeroport de Milan-Malpensa és el segon aeroport més important d'Itàlia i fins al 2008 era el hub de la companyia aèria Alitalia.

Taula 1.3. Aeroports utilitzats en l'estudi.

País	Aeroport	Nivell ACA	Gestor	Passatgers (2015)	Operacions (2015)
Espanya	Lanzarote	Inventari (1)	Aena	6.124.321 (veure [4])	50.448 (veure [4])
	Alfonso Suárez Madrid-Barajas	Reducció (2)		46.828.279 (veure [4])	366.605 (veure [4])
	Barcelona - El Prat			39.711.276 (veure [4])	288.878 (veure [4])
França	Paris - Orly	Optimització (3)	Aéroports de Paris	29.664.993 (veure [5])	231.114 (veure [5])
	Paris – Charles du Gaulle			65.766.986 (veure [5])	469.338 (veure [5])
Alemanya	Frankfurt		Fraport AG	61.032.022 (veure [6])	468.153 (veure [6])
Itàlia	Milan-	Neutralitat	SEA Milan	18.582.043	156.642

	Malpensa	(3+/4)	Airports	(veure [7])	(veure [7])
--	----------	--------	----------	-------------	-------------

1.3.2. Anàlisi de les iniciatives

Com ja hem vist a l'apartat 1.2, hi ha sis àrees d'actuació per millorar l'eficiència energètica, afavorir la producció d'energia a través de fonts renovables i reduir els consums i les emissions de gasos d'efecte hivernacle. Per fer aquest anàlisi només s'han considerat 5 de les 6 àrees proposades per Aena. Aquestes àrees són: Climatització, Il·luminació, mobilitat sostenible, energies renovables, totes elles relacionades amb el consum i obtenció d'energia elèctrica. A més a més, també s'ha tingut en compte el tractament d'aigües residuals generades per l'aeroport.

A continuació, a la taula 1.4 es mostra un resum de quines han estat les actuacions que s'han dut a terme els aeroports per aconseguir ser més eficients energèticament. Totes aquestes actuacions estan explicades en detall a l'annex 1.

Taula 1.4. Mesures que s'han aplicat en els aeroports.

Aeroport	Il·luminació	Climatització	Mobilitat sostenible	Energies renovables	Aigües residuals
Lanzarote	Sistema de control	Substituir el gas refrigerant (de R-22 a R410).	Vehicles elèctrics	No	Depuradora (EDAR)
Alfonso Suárez Madrid-Barajas	Sistema de control Tecnologia LED. Fluorescents de baixa potència.	La calor i refrigeració de la planta de cogeneració.	Vehicles elèctrics.	Planta de cogeneració Energia fotovoltaica.	Abocament a la xarxa municipal
Barcelona - El Prat	Sistema de control	Free cooling Sistema de control de temperatura	Vehicles elèctrics.	Energia solar tèrmica.	Abocament a la xarxa municipal
Paris -	Sistema de	Energia	Vehicles	Energia solar tèrmica.	Abocament a la xarxa

Orly	control	geotèrmica	elèctrics.	Faroles eòliques i solars.	municipal
Paris–Charles du Gaulle	Tecnologia LED	Planta de biomassa <i>thermofrigopompe</i>	Vehicles elèctrics	Energia solar fotovoltaica.	Abocament a la xarxa municipal
Frankfurt	Sistema de control Tecnologia LED	Sistemes de control Millora dels equips. Millora dels tancaments.	Vehicles elèctrics. Car pooling.	No	Abocament a la xarxa municipal Depuradora (EDAR)
Milan-Malpensa	Sistema de control Tecnologia LED	La calor i refrigeració de la planta de cogeneració.	Vehicles elèctrics. Car pooling. Millorar la xarxa de transport públic.	Planta de cogeneració	Abocament a la xarxa municipal

Si ara comparem les taules 1.2 i 1.4 podem observar que la majoria de les iniciatives o millores que s'han aplicat en els aeroports escollits en els darrers anys són molt semblants a les iniciatives que proposa Aena per aconseguir que l'aeroport sigui un aeroport verd. A continuació, s'han analitzat en detall cadascuna de les àrees, comparant les mesures aplicades per Aena i les dels altres gestors europeus.

La primera àrea correspon a totes aquelles mesures que fan que es pugui reduir el consum elèctric de la instal·lació d'il·luminació. Si ens fixem en la taula 1.5, s'arriba a la conclusió que les mesures més esteses han estat, la implementació de la tecnologia LED i l'aplicació de sistemes de control per aconseguir més eficiència.

La majoria dels sistemes de control que s'han implementat tenen un objectiu comú, detectar les zones menys usades de l'aeroport per poder aplicar sistemes automàtics d'apagat i encesa. L'altre tipus de sistema de control que s'ha aplicat ajuda a l'aeroport a aprofitar la llum natural exterior mitjançant la instal·lació de sondes capaces de detectar la quantitat la intensitat que entra de l'exterior.

Taula 1.5. Mesures que s'han aplicat en els aeroports a l'àrea d'il·luminació.

Aeroport	Il·luminació		
Iniciatives establertes en el projecte <i>Aeropuerto Verde</i> d'Aena	Substitució de la il·luminació actual per làmpades de consum més eficient i LED.	Utilització preferent d'espais que permetin la il·luminació natural.	Control eficient de la il·luminació mitjançant detectors de presència, sincronització i un disseny adaptable al seu ús.
Lanzarote			X
Alfonso Suárez Madrid-Barajas	X		X
Barcelona - El Prat			X
Paris - Orly			X
Paris- Charles du Gaulle	X		
Frankfurt	X		X
Milan-Malpensa	X		X
% d'aeroports que han aplicat la iniciativa	57,14	0	85,72

La segona àrea que es proposa en el projecte correspon a totes aquelles mesures que fan que es pugui reduir el consum elèctric a través de la millora del sistema de climatització. A la taula 1.6, es pot observar que la majoria d'aeroports no han aplicat les iniciatives proposades per Aena. Però això no vol dir, que els altres aeroports no hagin millorat i optimitzat el sistema de climatització (veure taula 1.4)

La mesura més aplicada (tres aeroports) ha estat la d'implementar sistemes de control per poder gestionar millor la instal·lació. A l'aeroport de Barcelona aquest sistema consisteixen a instal·lar sondes per comprovar la temperatura de cadascuna de les zones de l'aeroport. En el cas de l'aeroport de Frankfurt, s'ha programat els sistemes perquè a la nit no funcioni la instal·lació de climatització. I finalment a l'aeroport de Milan, s'ha optat per millorar el software de la instal·lació.

L'aeroport de París-Charles de Gaulle és l'únic que utilitza l'energia geotèrmica per obtenir la calor necessària per al sistema de climatització.

Hi ha tres aeroports que utilitzen sistemes d'obtenció de calor a partir de mètodes alternatius. L'aeroport de Madrid i l'aeroport de Milà utilitzen la planta de cogeneració per abastir el sistema de calefacció i refrigeració de l'aeroport. L'altre cas és l'aeroport Paris-Charles de Gaulle que utilitza calderes de biomassa per obtenir la calor.

Cal destacar per últim, que l'aeroport de Lanzarote va projectar la instal·lació de plaques solars tèrmiques per abastir el sistema de climatització.

Taula 1.6. Mesures que s'han aplicat en els aeroports a l'àrea de climatització.

Aeroport	Climatització			
Iniciatives establertes en el projecte <i>Aeropuerto Verde</i> d'Aena	Millores en l'evolvent de l'edifici terminal per evitar pèrdues d'energia.	Utilitzar sistemes de refrigeració que facilitin la ventilació, ajudin a disminuir les altes temperatures a l'estiu i afavoreixin el flux de calefacció a l'hivern.	Fomentar la introducció de l'ús de la climatització geotèrmica per aprofitar la calor del subsòl.	Gestionar de manera intel·ligent la temperatura i la humitat.
Lanzarote				
Alfonso Suárez Madrid-Barajas				
Barcelona - El Prat		X		X
Paris - Orly				
Paris- Charles du Gaulle			X	
Frankfurt	X			X
Milan-Malpensa				X
% d'aeroports que han aplicat la iniciativa	14,29	14,29	14,29	42,56

Una dels punts claus del projecte d'Aena és la de potenciar la mobilitat tant a dintre com a fora de les instal·lacions de l'aeroport. Com és pot observar a la taula 1.7, tots els aeroports analitzats han incorporat vehicles elèctrics a la flota que dona servei a les operacions del costat aire de l'aeroport.

En el cas d'Aena, ha incorporació de vehicles elèctrics als aeroports de Madrid, Barcelona i Lanzarote per poder estudiar la viabilitat d'aquesta iniciativa i segons els resultats obtinguts aplicar-la a tots els aeroports que gestionen.

L'altra mesura important que s'ha aplicat als aeroports de Frankfurt i Milà ha estat el Car Pooling pels treballadors dels aeroports. Aquesta iniciativa consisteix en un sistema informàtic basat en el coneixement de places disponibles en vehicles particulars, horaris, lloc de sortida, destí i zones de pas.

I finalment, cal també destacar les inversions que s'estan fent la xarxa ferroviària de la ciutat de Milà per poder connectar la terminal 2 de l'aeroport.

Taula 1.7. Mesures que s'han aplicat en els aeroports a l'àrea de mobilitat sostenible.

Aeroport	Mobilitat sostenible		
	Promoció del vehicle elèctric i car pooling per els treballadors	Impulsar la utilització del transport públic com accés principal a l'aeroport	Millorar l'accés sostenible a l'aeroport amb l'augment de vials de vianants i carrils per bicicletes.
Lanzarote	X		
Alfonso Suárez Madrid-Barajas	X		
Barcelona - El Prat	X		
Paris - Orly	X		
Paris- Charles du Gaulle	X		
Frankfurt	X		
Milan-Malpensa	X	X	
% d'aeroports que han aplicat la iniciativa	100	14,29	0

La taula 1.8, es mostra quines iniciatives implementades als aeroports corresponen a les proposades en el projecte *Aeropuerto Verde* a l'àrea d'energies renovables.

Una de les primeres conclusions que es poden extreure al observar la taula és que 5 dels 7 aeroports analitzats han implementat algun sistema per obtenir energia elèctrica a través d'energies renovables. En aquest cas, no hi ha cap iniciativa que sobresurti per sobre les altres, sinó que cadascuna d'elles ha estat implementada a dos aeroports diferents.

Tant l'aeroport de Madrid com el de Paris-Charles de Gaulle, han instal·lat plaques solars fotovoltaïques per produir l'energia elèctrica necessària per a l'autoconsum a un aparcament i la Casa del Medi ambient de París-Charles de Gaulle respectivament.

Cal dir però l'aeroport de Frankfurt no tenen implementat cap sistema amb energies renovables, però s'han realitzat projectes per estudiar la viabilitat d'aquests sistemes. En el cas de Frankfurt, es va estudiar la possibilitat d'utilitzar l'energia geotèrmica profunda per obtenir energia elèctrica.

Taula 1.8. Mesures que s'han aplicat en els aeroports a l'àrea d'energies renovables

Aeroport	Energies renovables		
	Implementació de panells tèrmics solars per obtenir aigua calenta sanitària-	Impulsar la utilització de la biomassa, plantes de cogeneració i geotèrmia per la generació d'energia.	Estudis de viabilitat i implementació de sistemes d'energia solar fotovoltaica i energia eòlica.
Lanzarote			
Alfonso Suárez Madrid-Barajas		X	X
Barcelona - El Prat	X		
Paris - Orly	X		
Paris- Charles du Gaulle			X
Frankfurt			
Milan-Malpensa		X	
% d'aeroports que			

han aplicat la iniciativa	28,57	28,57	28,57
----------------------------------	-------	-------	-------

I finalment, només queda analitzar l'àrea de tractament d'aigües residuals. Com s'indica a la taula 1.4, els aeroports opten per abocar les aigües residuals generades a l'aeroport a la xarxa municipal de sanejament. D'aquesta manera, aquestes aigües arriben a les depuradores que estan més pròximes a l'aeroport per ser tractades. L'única acció directa que apliquen a les aigües és la de controlar la contaminació de l'aigua abans que es bombi a la xarxa nacional. Aquest sistema consisteix a agafar mostres de manera periòdica per analitzar-les i comprovar d'aquesta manera si es compleixen les condicions establertes a la normativa del país referent al tractament d'aigües residuals.

Només hi ha dos aeroports que posseeixen una depuradora dins de l'aeroport, l'aeroport de Lanzarote i l'aeroport de Frankfurt. L'única diferència entre les dues depuradores és la quantitat d'aigua que tracten. La depuradora de Lanzarote es va dissenyar de tal manera que sigues capaç de tractar tota l'aigua residual que genera l'aeroport. En canvi, la de l'aeroport de Frankfurt només és capaç de tractar una part de les aigües generades per l'aeroport. La capacitat de la depuradora és d'1.400.000 m³ l'any (l'any 2013 es van generar 2.25 milions de m²). La depuradora es va construir principalment per poder tractar les aigües residuals que es generen durant el procés de descongelació dels avions que s'ha de dur a terme durant els mesos d'hivern.

1.3.3. Conclusions

Un cop s'han analitzat i comparat les iniciatives implementades als aeroports escollits amb les iniciatives proposades en el projecte Aeropuerto Verde d'Aena per assolir els objectius establerts, es poden extreure les següents conclusions:

- Per optimitzar i reduir el consum de la instal·lació elèctrica, les iniciatives més implementades han estat la substitució de llums per LED (57,14%) i l'aplicació de sistemes de control (85,72%).
- Els aeroports han optat primer a optimitzar la instal·lació de climatització amb la implementació de sistemes de control i substituir els elements de la instal·lació per models més actuals.
- Tots els aeroports han incorporat vehicles elèctrics per dur a terme les operacions del costat aire.
- La font d'energia renovable més utilitzada en els aeroports és l'energia solar, sigui per obtenir aigua calenta sanitària o electricitat.
- Les aigües residuals generades en els aeroports amb major nombre de passatgers i operacions són tractades per depuradores alienes a l'aeroport

CAPÍTOL 2. SITUACIÓ ACTUAL DE L'AEROPORT DE LLEIDA-ALGUAIRE

En aquest capítol s'introduirà i analitzarà la situació actual de l'aeroport escollit: l'aeroport de Lleida-Alguaire. L'objectiu principal d'aquest capítol és analitzar i fer la comparació entre la situació actual de l'aeroport de Lleida-Alguaire amb les iniciatives que s'han anat implementant en els aeroports per aconseguir ser aeroports verds.

Però abans de començar amb l'anàlisi, cal explicar els motius pels quals s'ha escollit l'aeroport de Lleida-Alguaire.

Un dels motius principals és potenciar l'estalvi energètic en una infraestructura on el flux de passatgers no és constant durant l'any ni tampoc durant les hores de funcionament de l'aeroport (veure fig. 2.1).

Els mesos que l'aeroport rep més passatgers, són els primes mesos de l'any (Gener, Febrer i Març) coincidint amb la temporada d'esquí.

Per tant, com que l'ús de les instal·lacions i infraestructures destinades als passatgers (principalment l'edifici social) no és regular, és interessant aplicar mesures d'estalvi energètic per evitar consums innecessaris quan no hi hagi usuaris.

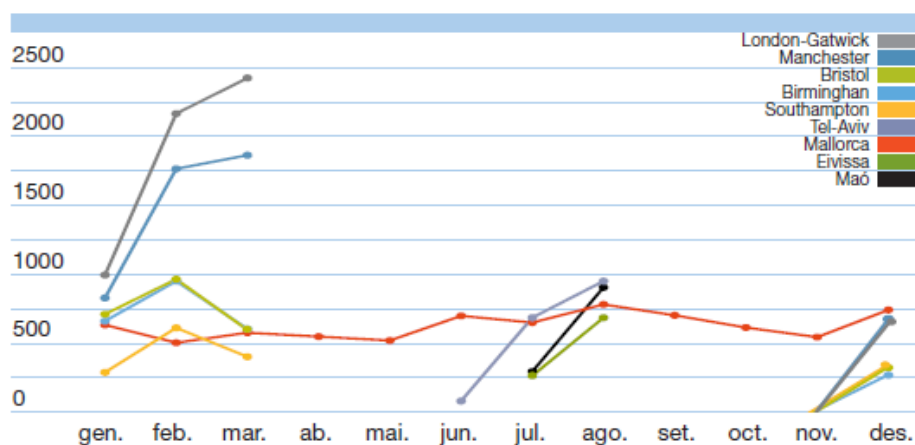


Fig. 2.1. Distribució mensual dels passatgers a l'aeroport de Lleida-Alguaire durant l'any 2014. (veure [8])

Per altra banda, si ens fixem en la taula 2.1, observem que des que es va inaugurar l'aeroport l'any 2012, el nombre de passatgers i aeronaus que han passat per l'aeroport ha anat augmentant. Per tant, si aquesta tendència es manté en els pròxims anys, el nombre de passatgers augmentarà i això

provocarà un major ús de les instal·lacions seguit d'un augment en el consum d'energia.

Taula 2.1. Evolució del moviment d'aeronaus, passatgers i mercaderies de l'aeroport de Lleida-Alguaire (veure [9]).

	2012	2013	2014	2015
Aeronaus	467	404	480	1.949
Passatgers (milers)	0	8	9	30,2
Mercaderies (tones)	2.127	0	0	0

A continuació, s'expliquen les característiques més importants de l'aeroport de Lleida-Alguaire.

2.1. DESCRIPCIÓ DE L'AEROPORT ESCOLLIT

Un cop s'han identificat quins són els elements que fan que un aeroport rebi l'etiqueta d'aeroport verd, ja podem analitzar quina és la situació actual de l'aeroport que s'ha escollit.

L'aeroport de Lleida-Alguaire és una instal·lació aeroportuària catalana gestionada per Aeroport de Catalunya. Aquesta instal·lació que dona servei a la ciutat de Lleida, a la seva àrea d'influència i al principat d'Andorra, va ser inaugurada el 17 de gener del 2010 (veure [10]).

L'aeroport de Lleida-Alguaire està situat al nord de la comarca del Segrià, i a l'oest del nucli urbà d'Alguaire, a la zona de l'altiplà. Majoritàriament ocupa els polígons 503 i 504, amb orientació Nord-oest Sud-est, amb interseccions als camins del Coscollar, Coma Famosa, Almacelles i a la part sud amb el camí de Malpartit (veure fig. 2.2).

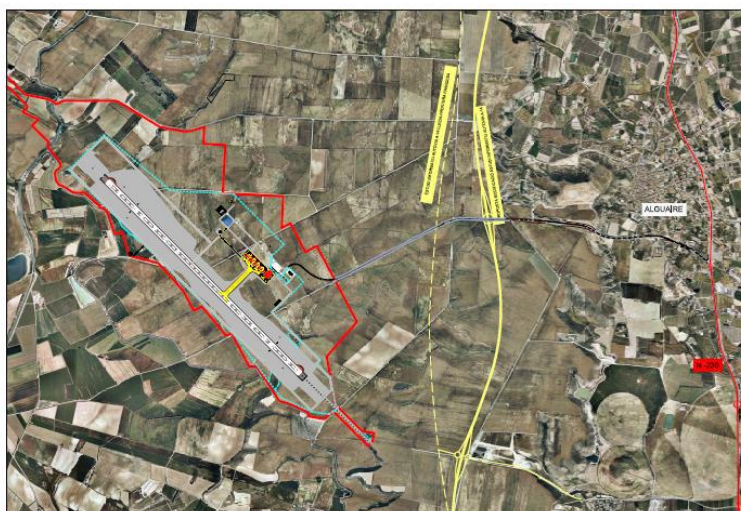


Fig. 2.2. Emplaçament de l'Aeroport de Lleida-Alguaire (veure [11])

L'aeroport de Lleida, igual que tots els altres aeroports està dividit en dues parts: el costat aire i el costat terra. En el costat aire (*air-side*) s'inclou la pista per realitzar els enlairaments i els aterratges, els carrers de rodatge, els hangars i les zones d'estacionament dels avions (plataforma). Per altra banda, el costat terra (*land-side*) està dedicat als passatgers i inclou la terminal de passatgers, les zones de comerç, les duanes, serveis, aparcaments, entre d'altres.

En aquest cas, l'aeroport està format per una pista habilitada per poder fer aterratges i enlairament per les dues capçaleres (13 i 31). La pista 31 amb orientació geomètrica de $313,34^\circ$ té la capçalera desplaçada 90 m. Per altra banda, l'altra pista té la designació 13 perquè la seva orientació geomètrica és de $133,34^\circ$ (veure [13]).

La plataforma de l'aeroport ha estat dissenyada perquè hi puguin estacionar 10 avions tipus C (A320, A321, B753 i B763). Set dels deu llocs d'estacionament són llocs d'estacionament autònoms i tres estacionaments que utilitzen el procediment push-back (veure[13]).

A més a més, només té un únic carrer de rodatge per connectar la pista amb la plataforma, designada amb la lletra A. Aquest carrer és perpendicular a la plataforma i a la pista.

L'aeroport de Lleida-Alguaire està format per una sèrie d'edificis, instal·lacions i equiptaments. Aquestes infraestructures són necessàries per al correcte funcionament i desenvolupament de les activitats que s'han de dur a terme l'aeroport.

A La figura 2.3 hi ha indicada la ubicació de totes les infraestructures que formen part de l'aeroport. S'ha dividit el plànol en quatre zones (A, B, C i D) per poder identificar i situar més fàcilment les infraestructures. Per fer aquestes divisions s'ha agafat la plataforma i el carrer de rodatge com a referència, és a dir, la línia horitzontal coincideix amb el límit de la plataforma i la vertical segueix l'eix central del carrer de rodatge.

A més a més, en el plànol hi ha unes marques vermelles que corresponen a la situació inicial dels edificis auxiliars, és a dir, la ubicació original proposada en el primer projecte constructiu redactat el maig del 2007. La situació dels edificis es va modificar posteriorment l'any 2008 quan es va decidir que els tres programes funcionals de l'aeroport (Torre de Control, Edifici Social i Edifici Tallers) s'unissin en un sol conjunt representatiu i emblemàtic.

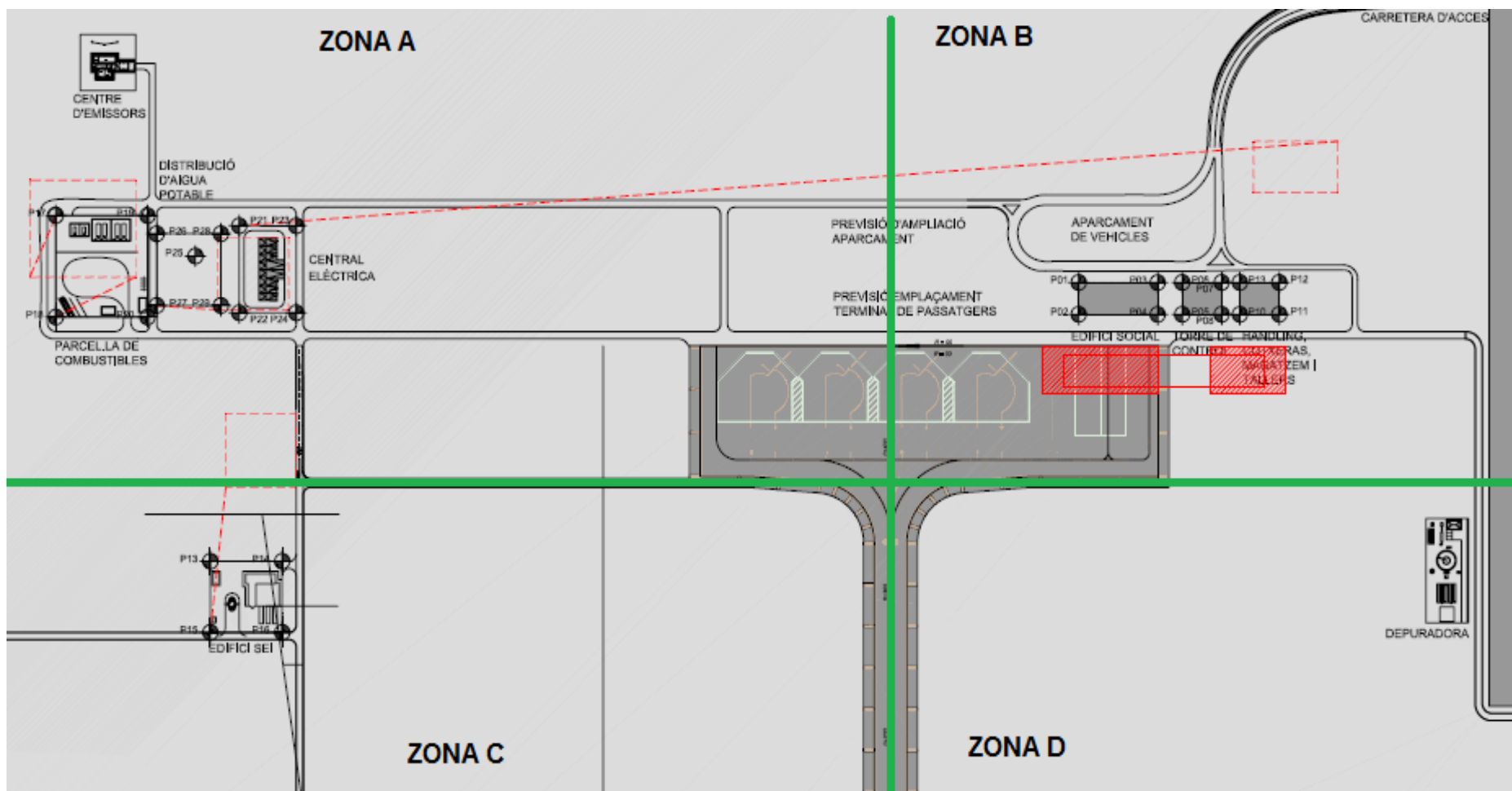


Fig. 2.3 Plànols de les infraestructures de l'aeroport de Lleida-Alguaire (veure [12]).

A la zona A hi ha la central elèctrica, el centre d'emissions i la parcel·la de combustibles. A la central elèctrica s'hi allotgen tots els elements necessaris per poder rebre l'energia elèctrica de la companyia subministradora en alta tensió i transformar-la a la tensió necessària per poder ser utilitzada en els diversos equips que hi ha repartits en tot l'aeroport. El centre d'emissions és un edifici habilitat per instal·lar tots els equips emissors necessaris per al correcte funcionament de l'aeroport. I finalment, la parcel·la de combustibles on hi haurà els dipòsits de combustible per abastir tots els vehicles que operin a l'aeroport.

Per altra banda, a la zona B hi trobem els tres edificis funcionals: la torre de control, l'edifici Social i l'edifici Tallers. Podem definir l'edifici social com l'edifici que fa el paper d'edifici terminal per a vols comercials, oferint totes les garanties tant en l'àmbit de servei ofert al públic (dimensionament correcte de les instal·lacions) com en l'àmbit de seguretat (correcta separació de fluxos, instal·lacions de control i sistemes de tractament d'equipatges). En canvi, l'edifici Tallers és un edifici multi funcional que consta de dues parts diferenciades, una en el costat aire i l'altre al costat terra. I entre aquests dos edificis trobem la torre de control que és un edifici en forma de torre on a dalt de tot hi ha la sala de control, on es dirigeix i controla el trànsit de l'aeroport.

I per acabar, tenim a la zona C l'edifici contra incendis (SEI) i a l'altre costat a la zona D, la depuradora. L'edifici contra incendis és un edifici destinat al servei de Salvament i extinció d'incendis de l'aeroport. Aquest edifici reuneix totes les condicions funcionals exigides d'acord amb la categoria 7 (OACI-SEI). Mentre que la depuradora o estació depuradora d'aigües residuals que s'encarrega de tractar les aigües residuals que genera l'aeroport.

I finalment, a la taula 2.2 hi ha indicat l'horari d'operacions de l'aeroport de Lleida-Alguaire (veure [10]).

Taula 2.2. Horari d'operacions de l'aeroport de Lleida-Alguaire.

Dia	Hivern	Estiu
Dilluns	9:00h - 18:00h (9h)	10:00h - 17:00h (7h)
Dimarts		
Dimecres		
Dijous		8:00h-19:00h (11h)
Divendres		
Dissabte		
diumenge		
Total hores setmana	63 hores	61 hores

2.1.1. Il·luminació

La instal·lació d'il·luminació és un dels sistemes receptors principals de la instal·lació d'electricitat. I per tant, un dels punts claus del projecte *Aeropuerto Verde* establert per Aena (veure capítol 1) per aconseguir reduir les necessitats d'energia de l'aeroport.

Per a realitzar el disseny de la instal·lació d'il·luminació que actualment té l'aeroport s'han tingut en compte el procediment següent:

- Establir els nivells d'il·luminació determinats per la normativa en funció de la tipologia i usos de les dependències constituents.
- Realitzar una anàlisi de l'eficiència energètica de la instal·lació d'il·luminació i selecció de lluminàries i sistemes adequats per complir amb aquesta premissa.
- Seleccionar el sistema de control i regulació de la il·luminació adequat de cada dependència.
- Establir les bases i analitzar les necessitats de la il·luminació d'emergència que determini la normativa.

Per establir els nivells d'il·luminació, s'ha tingut en compte la norma UE-EN 12464-1 Llocs de treball en interiors. En el cas de l'aeroport, el nivell d'il·luminació que s'especifica en la taula 2.3 correspon a una luminància mantinguda, valor per sota el qual no es permet que caigui la luminància mitjana considerada per a les diferents àrees i zones que hi ha l'aeroport.

Taula 2.3 Nivells d'il·luminació de les dependències (veure [12]).

Dependència	Nivells d'il·luminació (lux)	Flux Iluminós (lumen/m²)
Vestíbuls generals	200	200
Sales d'arribada i sortida i recollida d'equipatges.	200	200
Mostradors d'informació i facturació	500	500
Àrees de connexió, escales.	150	150
Aduanes i mostradors de control de passaports.	500	500
Àrees d'espera	200	200
Sales de consigna	200	200
Àrees de control i seguretat	300	300
Locals tècnics	500	500
Hangars de reparació i assaig	500	500

Àrees d'assaig de motors	500	500
Àrees d'amidació en hangars	500	500
Zones d'oficines	500	500
lavabos	200	200
Passadissos i escales	150	150


Una vegada s'han determinat els nivells d'il·luminació de cadascuna de les zones que integren l'activitat, s'han seleccionat els elements necessaris perquè es puguin assolir. En totes les zones s'ha optat per utilitzar fluorescents d'alta eficiència T5.


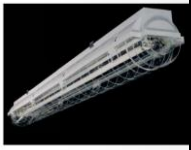
Aquestes làmpades fluorescents són dispositius de descàrrega de baixa pressió que produeixen radiació UV invisible que es genera després de produir-se una descarrega entre dos elèctrodes. Aquests dos elèctrodes estan dins del gas contingut en el tub de vidre de diàmetre de 5/8" (T5). A més a més, els tubs fluorescents van acompanyats d'una reactància inductiva o sistema electrònic que s'encarrega d'encendre el fluorescent.

Per cadascuna de les zones que està formada per un grup de dependències especificades a la taula 2.3, s'han seleccionat els equips necessaris perquè la il·luminació sigui adequada. A més a més, s'ha fet un càlcul aproximat del consum de les lluminàries instal·lades a les zones que es descriuen a la taula, per fer-ho s'ha consultat l'estadística de partides del projecte constructiu modificat de l'aeroport (veure [12]) per saber el nombre total de lluminàries de cada tipus.

També cal dir, que els consums que s'han obtingut corresponen al consum del tub fluorescent, no s'ha tingut en compte el consum generat pels estabilitzadors electrònics o reactàncies, ja que fan augmentar el consum entre un 15% i 20% i no són necessaris quan s'utilitzen els tubs LED.

Taula 2.4. Consum dels fluorescents T5.

Zona	Dependències	Model	Esquema (veure [14])	Potència	Unitats	Potència total (W)
1	Vestíbul general, sales d'arribada i sortida i mostradors d'informació i facturació	Evento 351-IEV-O/EL 1x35W		1 x 35W	525	18.375
		Evento 351-IEV-O/EL 1x35W + Regulador		1 x 35W	145	5.075

		de flux luminós				
2	Nuclis d'administració , oficines, despatxos i lavabos	Fantasia 282-IFZ- D/EL 2x28w		2 x 28 W	7	392
		Fantasia 281-IFZ- D/EL 1x28w		1x 28 W	71	1.988
		Fluoresce nts d'alta eficiència T5 1x14W	-	1 x 14W	20	280
3	Zona de tallers i entreplanta tècnica	Cosmo-4 68690EL 2x28 W		2x 28 W	135	7.560
		Total instal·lació			903	33.670

A més a més, les instal·lacions d'il·luminació disposen d'un sistema de regulació i control per complir amb les dues condicions següents:

- Totes les zones han de disposar d'un sistema d'encès i apagat manual, quan no es disposi de cap altre sistema de control i no s'accepta els sistemes d'encès i apagat en quadres elèctrics com a únic sistema de control. A les zones d'ús esporàdic s'ha implementat un sistema de control d'apagat i d'encès segons la informació que es rebí dels detectors de presència i també per sistemes de temporització.
- S'han instal·lat sistemes d'aprofitament de la llum natural per regular el nivell d'il·luminació en funció de la llum natural que entri. Aquest sistema s'ha implementat a la primera línia paral·lela de llums que estan situades a una distància inferior de 3 metres de la finestra i en totes les llums situades sota un lucernari.

I finalment, també cal dir que l'edifici social disposa de divisòries de vidre, per aconseguir la màxima transparència de tot l'edifici permetent un major aprofitament de la llum natural que prové de l'exterior.

Per tant, es pot concloure que l'aeroport de Lleida-Alguaire compleix amb dues de les tres iniciatives proposades per Aena (veure taula 1.2). És a dir, té un sistema de control eficient de la il·luminació mitjançant detectors de presència i

dividir la instal·lació en sectors. I a més a més, l'edifici social (terminal de l'aeroport) està construït de tal manera que té espais que permeten l'ús de la il·luminació natural.

L'única diferència entre l'aeroport i el projecte Aeropuerto Verde és l'ús de la tecnologia LED per il·luminar els diferents espais de l'aeroport, ja que la instal·lació d'il·luminació utilitza fluorescents d'alta eficiència T5.

2.2.2. Climatització

El sistema de climatització que s'ha implementat en tots els edificis que formen l'aeroport és un sistema de climatització aire-aire amb bombes de calor VRV III que utilitza el refrigerant ecològic R-410A.

El sistema VRV és un sistema de condicionament d'aire individual, avançat i de qualitat superior que respon a les necessitats creixents dels edificis. Aquest sistema intel·ligent adequa el volum de refrigerants d'acord amb la demanda i estableix una proporcionalitat entre la potència total lliurada i la consumida. Aquest tipus de sistema pot estendre's fàcilment mitjançant l'addició posterior de noves unitats interiors.

El significat de les inicials VRV és Volum de Refrigerant Variable. El funcionament d'aquest tipus de sistema és molt similar al de la bomba de calor. El sistema de bomba de calor aire-aire es basa principalment a extreure calor de l'aire per després tornar aquesta calor a l'aire. Per obtenir aquesta calor, el compressor augmenta la pressió del gas refrigerant que hi ha dins del circuit. Aquest gas a alta pressió es dirigeix cap a una bateria (condensador) on és líquid, per després transferir la calor generat durant la condensació a un corrent d'aire obtinguda mitjançant un ventilador. Seguidament, el líquid refrigerant passa per una vàlvula d'expansió on disminueix la seva pressió. Aquest líquid a baixa pressió arriba a una bateria (evaporador) on és transformat en estat gasos i d'aquesta manera és capaç d'absorbir la calor generat durant l'evaporació d'un altre corrent d'aire creada per un altre ventilador. Així, en una zona hi ha un corrent d'aire que es refreda i en un altre hi ha un corrent que s'escalfa.

A diferència de la bomba de calor, els sistemes VRV tenen el poder de variar el caudal de refrigerant aportat per les bateries d'evaporació i condensació. Per poder fer aquesta variació de caudal, s'instal·la un motor en el compressor que té un sistema de variació de freqüència. Aquest control freqüencial del compressor disminueix les parades i les posades en marxa del sistema que provoquen el desgast del sistema.

Amb aquest sistema s'aconsegueix un control climàtic més precís i a més a més, s'aconsegueix una independència climàtica en cada sala climatitzada. Cada unitat interior treballarà de forma independent sol·licitant en cada moment la quantitat de refrigerant que necessita. I mitjançant les vàlvules d'expansió electròniques deixaran passar la quantitat justa de fluid refrigerant a la bateria.

Com ja s'ha comentat anteriorment, en l'aeroport s'ha implementat el sistema VRV III que està compost per una O.I de potència entre 5 CV - 8 CV fins a 54 CV i una sèrie d'unitats interiors situades en cadascuna de les dependències.

En les sales de major superfície, és a dir, vestíbuls, restaurant, sala de recollida d'equipatges i sala d'embarcament s'han instal·lat unitats interiors de conductes d'altra pressió. Mentre que en les sales de menor superfície, sales de descans i oficines s'han instal·lat unitats interiors de cassette de 4 vies.

El sistema de control que s'utilitza s'anomena *Intelligent Touch Controller*. Aquest sistema es capaç de controlar fins a 64 unitats interiors i 10 unitats exteriors de VRV o 100 CV de potència frigorífica.

Les funcions principals d'aquest sistema de control són: engegar o apagar les unitats interiors, ajustar la temperatura, canviar la manera de control de la temperatura tant de manera manual com automàtica i també permet supervisar i visualitzar l'historial de funcionament del sistema.

Segons DAIKIN, el sistema té quatre avantatges principals que fan que sigui un dels sistemes més eficients que hi ha actualment al mercat.

Un dels punts forts d'aquest sistema és que és capaç d'optimitzar el rendiment estacional gràcies a les unitats exteriors i interiors d'alta eficiència, a les tecnologies de recuperació de calor i sobretot al control de gestió intel·ligent de l'energia.

Un altre dels factors claus pel qual s'ha escollit aquest sistema és el control individual de cada planta i habitació. Aquesta versatilitat fa que el sistema VRV sigui ideal per edificis d'oficines i ajudi a l'estalvi energètic. A més a més, aquest enfocament modular del sistema VRV permet equilibrar les diferents càrregues tèrmiques de les diferents parts de l'edifici.

I finalment, aquest tipus de sistema proporciona aire nou a la temperatura correcta, el nivell adequat d'humitat i amb el mínim nivell sonor.

L'altre aspecte que s'ha de tenir en compte quan es parla de climatització és el sistema de ventilació associat (veure [12]). L'aportament d'aire exterior-ventilació a cadascuna de les diferents sales es realitzarà a través d'un sistema HRV de ventilació de recuperació de calor. Aquest sistema s'ha instal·lat a través d'una xarxa de conductes a cadascuna de les màquines i una xarxa de retorn que utilitza reixetes en cadascuna de les sales.

El sistema està conduït fins a l'equip VAM situat en cadascuna de les zones. L'equip VAM (Ventilació) és un sistema de ventilació amb recuperació de calor que modula la temperatura i la humitat de l'aire natural que entre de l'exterior perquè així les seves propietats coincideixin amb les de l'aire exterior.

Gràcies al sistema VAM s'aconsegueix un equilibri entre els ambients interior i exterior. Aquest equilibri fa que es redueixi de considerable la càrrega de refrigeració o calefacció del sistema de climatització. Perquè això sigui possible

cal assegurar el volum d'aportament d'aire exterior i per tant s'han instal·lat reguladors de cabal en cadascun dels bancs d'entrada a les màquines.

2.2.3. Mobilitat sostenible

L'aeroport de Lleida-Alguaire es troba a 15 km de la ciutat de Lleida. L'aeroport està situat en un lloc on hi ha una xarxa d'infraestructures que connecten l'aeroport amb importants nuclis turístics i industrials. I gràcies al tren d'alta velocitat el temps de desplaçament entre Lleida i Barcelona, Saragossa i Madrid s'ha reduït.

L'única manera d'arribar a l'aeroport és mitjançant el cotxe particular o a través del servei de taxi d'Alguaire. També disposa de servei de lloguer de cotxes.

A més a més, l'aeroport disposa de 200 places de pàrquing gratuïtes davant l'edifici terminal.

2.2.4. Aigües residuals

L'Aeroport de Lleida-Alguaire també disposa d'una depuradora per gestionar les aigües residuals que genera a partir de la seva activitat.

Les estacions depuradores d'aigües residuals (EDAR), també conegudes com a plantes de depuració o plantes de tractament d'aigües residuals (PTAR), consisteixen en una sèrie de processos físics, químics i biològics que tenen com a finalitat eliminar els contaminants de l'aigua efluent per l'ús humà. L'objectiu del tractament és produir aigua neta o reutilitzable en l'ambient i un residu sòlid o fang convenient per a la seva disposició o reus.

En la figura 2.4 podem observar un esquema dels principals processos que ha de sotmetre's l'aigua residual generada en l'aeroport.

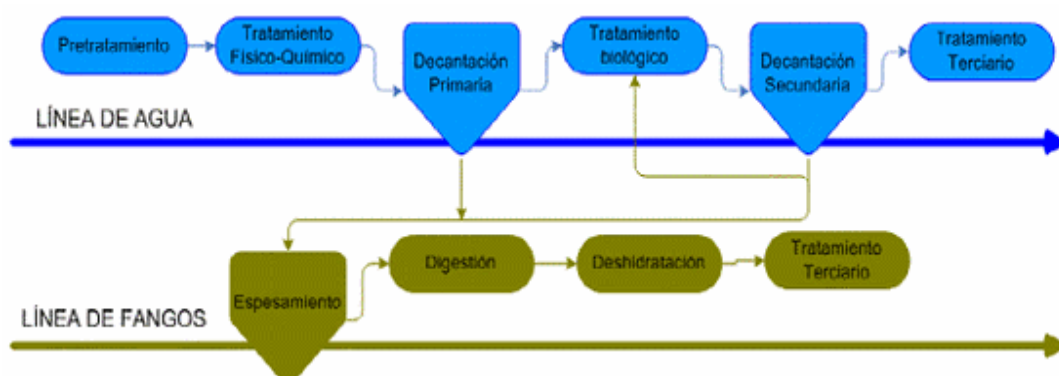


Fig. 2.4 Esquema de funcionament de la depuració d'aigües residuals (EDAR) (veure [16]).

El primer procés que es realitza a les aigües residuals és el pretractament. Aquesta fase consisteix en l'eliminació d'elements sòlids no solubles, de sorres o altres residus orgànics de mida petita i també tots aquells sòlids i líquids que tenen una densitat més petita que l'aigua i que no són miscibles amb ella. Aquesta fase és necessària per evitar danys en els equips que formen part de les fases posteriors.

Un cop acabat procés físic del pretractament, el següent pas consisteix a eliminar totes aquelles partícules petites d'una determinada mida (sòlids en suspensió) que no s'han pogut eliminar prèviament. Aquest procés es coneix com a decantació primària.

El següent pas és amb l'ajuda de bacteris que estan dins dels dipòsits i amb l'oxigenació de l'aigua, convertir la matèria orgànica dissolta en components minerals per poder-la separar posteriorment de l'aigua mitjançant un nou procés de decantació. Aquest procés de tractament biològic rep el nom de tractament secundari i la mescla d'aigua i bacteris obtinguda del procés de decantació es coneix com a decantació secundària.

Es coneix com a tractament terciari, tots els tractaments físics i químics destinats a afinar algunes característiques de l'aigua de la depuradora per poder utilitzar-la posteriorment. El tractament terciari més habitual és el d'higienització que consisteix a eliminar la presència de virus i gèrmens de l'aigua.

I finalment, cal tenir present que els fangs procedents de les decantacions reben un tractament especial (especejament, digestió o deshidratació).

La digestió dels fangs, quan es realitza per via anaeròbica, produeix biogàs que és una barreja de gasos inflamables i contaminants. Si el biogàs que es genera durant la digestió es crema dins de la planta, es pot reaprofitar l'energia obtinguda en forma d'energia tèrmica o per produir energia elèctrica.

Les aigües que amb més freqüència necessiten aquest tractament són les que provenen de les ejeccions dels sanitaris, les utilitzades a bord de les aeronaus i tota l'aigua necessària en les infraestructures. Si aquestes aigües no es tractessin, afavoririen la contaminació del sòl, de l'aire i a la contaminació directa i indirecta de les deus d'abastiment d'aigua.

Per aquest motiu, és necessari que en els aeroports es construeixin sistemes de tractament com fosses sèptiques i estacions de tractament d'aigua del tipus físico-químiques.

2.2.5. Energies renovables

La disponibilitat de recursos energètics és un dels factors més importants pel desenvolupament tecnològic.

Fins ara, s'ha estat utilitzant principalment els combustibles fòssils per poder obtenir energia. Però aquests recursos es consideren limitats i el seu impacte ambiental és considerable.

Per aquest motiu, la Unió Europea ha establert com a objectiu obligatori cobrir el 20% del consum d'energia amb fonts renovables en l'any 2020. Per això els aeroports estan invertint en medis i recursos per reduir la seva dependència als combustibles fòssils i s'investiguen noves vies per disminuir el màxim el consum d'energia i reduir les despeses de funcionament per continuar sent competitius.

Les fonts d'energia renovable són aquelles que es produeixen de forma contínua, no causen alternacions greus al medi ambient i són inesgotables a escala humana. Encara que per fonts com la biomassa, això és així sempre que es respectin els cicles naturals. Les energies renovables més utilitzades són l'energia solar, la hidràulica, l'eòlica, la geotèrmica, la biomassa i la mareomotriu.

Després de fer l'anàlisi dels aeroports (veure apartat 1.3) s'ha trobat que la font d'energia renovable més utilitzada en la infraestructura aeroportuària és l'energia solar, ja sigui per obtenir aigua calenta sanitària (tèrmica) o electricitat (fotovoltaica).

L'energia solar és l'energia que prové del Sol en ones electromagnètiques. La utilització d'aquesta energia per a fins humans és renovable, ja que l'energia rebuda del Sol no canvia pel fet d'utilitzar-la.

Actualment l'aeroport disposa d'un sistema d'energia solar tèrmica per obtenir aigua calenta sanitària, que és l'única instal·lació que utilitza energies renovables.

De les tres iniciatives que proposa Aena per implementar energies renovables i així aconseguir millorar els consums d'energia elèctrica i reduir les emissions de CO₂, l'aeroport només compleix amb la iniciativa d'implementació de planells solars tèrmics solars per l'obtenció d'aigua calenta sanitària.

En el projecte constructiu de l'aeroport (veure [11]) es va preveure que en l'edifici social s'instal·laria un sistema de col·lectors tèrmics per subministrar ACS (aigua calenta sanitària).

Les condicions climàtiques de l'emplaçament de l'aeroport permeten cobrir totalment les necessitats d'aigua calenta sanitària a partir del sistema solar tèrmic.

A la figura 2.5 hi ha recollides les necessitat d'aigua calenta que s'han de cobrir en l'aeroport, principalment en l'edifici Social.

Necessitats d'aigua calenta				
			<i>Dutxes/ Aigüeres</i>	
<i>Dependencia</i>	<i>Persones</i>	<i>Lavabos</i>		<i>Superfície (m2)</i>
Edifici Social	24+ pasajeros	6	2	3.644
Despesa d'aigua previst (l/ hora)				370

Fig. 2.5 Necessitats d'aigua calenta de l'Edifici social (veure [11]).

La instal·lació consta d'un sistema primari de captació solar format per 4 col·lectors solars de tub de buit de 3 m², situats a la coberta de l'edifici terminal de forma horitzontal, mentre que els tubs estaran girats de forma axial 25°. D'altra banda, també hi ha un sistema secundari format per un dipòsit d'emmagatzematge d'aigua calenta sanitària de 750L a 60°. Aquest dipòsit està situat en una sala habilitada en l'entrepunta de l'edifici. La transferència de calor del sistema primari al secundari es realitzarà a través d'un intercanviador de serpenti situat en l'interior del dipòsit d'acumulació.

El líquid que s'utilitza en el circuit primari és aigua amb un 25% en pes de propilenglicol que permet aconseguir 5°C menys que la temperatura mínima històrica de Lleida (0°). Per omplir el circuit s'ha implementat un sistema automàtic col·locat en la part freda del circuit.

Tant el circuit hidràulic del primari com del secundari, estan formats per canonades de coure amb unions roscades i de gruix reglamentari. A més a més, també es disposa d'una protecció exterior i aïllant de coquilla d'escuma elastomètrica per evitar les pèrdues de calor del fluid.

Per impulsar els fluids del circuit primari s'ha instal·lat 1 bomba simple en paral·lel perquè pugui vèncer les caigudes de pressió del circuit que són aproximadament 1,887 m.c.a (18505,15 Pa).

I finalment per a les ocasions en les quals no hi hagi suficient energia tèrmica solar a causa de dies nuvolosos o amb poc sol es disposa de termos elèctrics acumuladors.

Per tant, la instal·lació està constituïda pels següents sistemes:

- Sistema de captació: format pel conjunt de col·lectors que transformen la radiació solar incident en energia tèrmica, que es transfereix al fluid de treball en el seu interior.
- Sistema d'acumulació: constituït per un dipòsit que emmagatzema l'aigua calenta fins al moment que sigui necessària.
- Sistema d'intercanvi: és el sistema encarregat de realitzar la transferència de l'energia tèrmica captada des del circuit de col·lectors, o circuit primari, al secundari.

- Sistema hidràulic: constituït per les canonades, bombes, vàlvules, etc. que s'encarreguen de conduir el moviment del fluid.
- Sistema de regulació i control: és el responsable d'assegurar el correcte funcionament de l'equip, per a proporcionar el servei d'aigua calenta adequat i aprofitar el màxim l'energia solar tèrmica produïda.
- Sistema d'energia auxiliar: complementa el sistema d'energia solar tèrmica proporcionant l'energia necessària per poder cobrir la demanda prevista i garantint la continuïtat del subministrament d'aigua calenta sanitària en els casos d'escassa radiació solar.

I finalment, un cop s'han detallat les característiques més importants de l'aeroport, s'han recollit a la taula 2.5, les característiques principals de les àrees que es proposen en el projecte Aeropuerto Verde d'Aena. Aquesta taula servirà per identificar amb més facilitat quines iniciatives s'han implementat i quines no.

Taula 2.5. Resum de les característiques de les àrees d'actuació.

Àrea d'actuació	Descripció
Il·luminació	Fluorescents d'alta eficiència T5. Sistema de control d'apagat i encès amb detectors de presència i temporitzadors.
Climatització	Sistema de climatització VRV Implementació del sistema <i>Intelligent Touch Controller</i> ..
Mobilitat sostenible	Arribar per carretera amb cotxe particular o taxi. Pàrquing de cotxes gratuït.
Aigües residuals	Té una estació depuradora d'aigües residuals (EDAR)
Energies renovables	Instal·lació d'energia solar tèrmica per l'obtenció d'aigua calenta sanitària.

I finalment, a la taula 2.6 s'ha fet una comparació entre la situació actual de l'aeroport i les mesures que proposa Aena per aconseguir ser un aeroport verd. Les mesures que ja estan implementades a l'aeroport s'indiquen amb color verd.

Taula 2.6. Comparació entre les mesures que s'han aplicat i les proposades per Aena.

Il·luminació	Climatització	Mobilitat sostenible	Energies renovables
Substitució de la il·luminació actual per làmpades de consum més eficient i LED.	Millores en l'evolvent de l'edifici terminal per evitar pèrdues d'energia.	Promoció del vehicle elèctric i car pooling pels treballadors	Implementació de panells tèrmics solars per obtenir aigua calenta sanitària.
Utilització preferent d'espais que permetin la il·luminació natural.	Utilitzar sistemes de refrigeració que facilitin la ventilació, ajudin a disminuir les altes temperatures a l'estiu i afavoreixin el flux de calefacció a l'hivern.	Impulsar la utilització del transport públic com accés principal a l'aeroport	Impulsar la utilització de la biomassa, plantes de cogeneració i geotèrmia per la generació d'energia.
Control eficient de la il·luminació mitjançant detectors de presència, sincronització i un disseny adaptable al seu ús.	Fomentar la introducció de l'ús de la climatització geotèrmica per aprofitar la calor del subsòl.	Millorar l'accés sostenible a l'aeroport amb l'augment de vials de vianants i carrils per bicicletes.	Estudis de viabilitat i implementació de sistemes d'energia solar fotovoltaica i energia eòlica.
	Gestionar de manera intel·ligent la temperatura i la humitat.		
66,6%	75%	0%	33,33%

Com es pot observar a la taula 2.6, l'aeroport de Lleida-Alguaire només compleix amb el 46,15% de les iniciatives proposades en el projecte Aeropuerto Verde d' Aena.

CAPÍTOL 3. PROPOSTES DE MILLORA

3.1. TECNOLOGIA LED

Amb la finalitat de reduir el consum energètic i per tant el cost econòmic, l'objectiu principal d'aquest apartat és analitzar i determinar si substituir els fluorescents actuals (T5) per fluorescents LED és viable i beneficia a l'aeroport.

3.1.1. Descripció

La substitució dels tubs fluorescents actuals per tubs LED permet aconseguir els següents objectius:

- **Sostenibilitat ambiental:** Els tubs de LED no necessiten cap gas per encendre's, en canvi els tubs fluorescents estan fabricats amb vapor de mercuri i els components de mercuri són productes químics altament perillosos per la salut humana i el medi ambient.
- **Sostenibilitat econòmica:** s'obté un estalvi aproximat del 50% en consum de la instal·lació d'il·luminació.
- **Confort:** Fàcil modificació, s'elimina el consum residual de les reactàncies, aconseguint una major durabilitat i menor manteniment. A més a més, de l'encesa instantània i l'absència de l'efecte flicker (pampallugues dels tubs), sense soroll i més resistent als impactes.

No només s'ha de considerar el gran estalvi en el consum energètic sinó que també s'ha de tenir en compte la seva llarga duració, la seva alta dissipació de calor gràcies a la seva coberta d'alumini proporcionant una gran resistència als cops i les vibracions.

La substitució dels tubs fluorescents actuals (T5) per tubs LED, es pot fer de manera progressiva o d'un sol cop. Per aprofitar els tubs ja instal·lats en les instal·lacions de l'aeroport i pel cost elevat que tindria fer el canvi en una sola vegada, la millor solució és realitzar progressivament la substitució dels tubs fluorescents.

A la figura 3.1, hi ha recollides moltes de les característiques que fan que els fluorescents LED esdevinguin una solució atractiva per millorar els consums d'energia elèctrica destinada a la instal·lació d'il·luminació.

El més interessant de la figura 3.1, és que hi ha indicada l'equivalència de potència entre els fluorescents i els LEDs. Com ja hem vist en el capítol 2, s'han de substituir fluorescents de 28W, 35W i 14W. Per tant, s'hauran d'instal·lar fluorescents LED de 14W, 18W i 7W respectivament.

	Fluorescente	LED
Contiene Mercurio y metales pesados	SI	NO
Usa cebador	SI/NO(HFP)	NO
Usa balastro	SI	NO
Genera energia reactiva	SI	NO
Consumo con tubo fundido	SI	NO
Potencia tubo 60cms	18W	9W
Potencia tubo 120cms	36W	18W
Potencia tubo 150cms	58W	22W
Consumo balastro/driver 1x60cms	3W-7W	1W
Consumo balastro/driver 1x120cms	5W-7W	2W
Consumo balastro/driver 1x150cms	7W-11W	3W
Emite infrarrojos (IR)	Si	NO
Emite ultravioletas (UV)	Si	NO
Temperatura de superficie	80°	40°
Rango de temperatura de trabajo	de 5° a 45°	de -20° a 60°
Peligro por rotura	SI	NO
Tensión de trabajo	240V	12V
Riesgo eléctrico	SI	NO
Vida útil (en horas)	6.000/17.000	50.000
Vida media	8.000/19.000	80.000
Oscurece techos / decolora	SI	NO
Produce parpadeo durante el uso	SI	NO
Encendido instantaneo	NO	SI
Encendido a plena luminosidad	NO	SI
Sobre consumo por encendidos múltiples	SI	NO
Degradación luminica por cada 3.000 horas	30%	2%

Fig. 3.1 Característiques dels tubs fluorescents i els tubs LED. (veure [17])

3.1.2. Cost del sistema

Després determinar les equivalències de potència entre els fluorescents T5 i els fluorescents LED, ja es pot calcular quin és l'estalvi que suposa implementar fluorescents LED a la instal·lació d'il·luminació de l'aeroport. Si observem la taula 3.1, l'estalvi que s'obté amb la substitució és del 50%.

Taula 3.1. Comparació entre els fluorescents T5 i els fluorescents LED.

Zona	Tipus de fluorescent	Potencia (W)	Unitats	Potencia total (W)	Estalvi
1	T5	35	670	23.450	51,43 %
	LED	18		12.060	
2	T5	28	78	2.184	50 %
	LED	14		1.092	
	T5	14	20	280	50 %
	LED	7		140	
3	T5	28	135	3.780	50%
	LED	14		1.890	

A continuació, un cop s'ha establert l'estalvi energètic que tindriem al fer la substitució, ara només queda determinar si és viable econòmicament. És a dir, si la substitució dels fluorescents permet a reduir la factura de la llum.

A la taula 3.2 s'ha calculat els consums aproximats de la instal·lació d'il·luminació actuals i la mateixa instal·lació funcionant amb fluorescents LED. Per calcular els consums de la instal·lació s'han considerat els següents valors:

- Preu del kWh = 0.092 €/ kWh (veure [18]).
- Hores de funcionament setmanals = 63h (veure taula 2.1).
- Hores de funcionament anuals = 3276h (52 setmanes).

Taula 3.2. Paràmetres fonamentals per calcular l'estalvi de la substitució LED.

Zona	fluorescents (W)	LED (W)	Unitats	Consum anual T5 (kWh)	Consum anual LED (kWh)	Cost actual (€)	Cost LED (€)	Estalvi anual (€)
1	35	18	670	76822,2	39508,56	7067,64	3634,79	3432,85
2	28	14	78	7154,78	3577,39	658,24	329,12	329,12
	14	7	20	917,28	458,64	84,39	42,19	42,2
3	28	14	135	12383,28	6191,64	1139,26	569,63	569,63
Total			903	97277,54	49736,23	8949,53	4575,73	4373,8

Com podem observar si es realitza la substitució, s'aconsegueix un estalvi de 4.373,8€ en un any (50% respecte a la instal·lació amb fluorescents T5). Això significa que els fluorescents LED necessiten menys potència per il·luminar les diferents dependències i per tant, permeten reduir el consum elèctric destinat al sistema d'il·luminació.

I finalment, s'ha calculat de manera aproximada l'amortització de la inversió, és a dir, el temps que ha de passar per recuperar la inversió. A continuació, es mostren els paràmetres més importants que s'han considerat per trobar el temps d'amortització de la instal·lació.

El primer que s'ha de fer, és determinar els models de fluorescents que s'han utilitzat per poder fer els càlculs. A la taula 3.3, hi ha recollides les característiques més importants.

Taula 3.3. Característiques principals dels fluorescents T5 i LED.

Marca	Model	Potència (W)	Vida útil (h)	Preu per unitat (€)
Philips	MASTER TL5 HE 35W	35	24000	2,37
LEDBox	Tubo LED T5	18	50000	12,95

	Integrado, 18W			
Philips	MASTER TL5 HE 28W	28	24000	2,37
LEDBox	Tubo LED T5 Integrado, 18W	14	50000	11,95
Philips	MASTER TL5 HE 14W	14	24000	2,29
LEDBox	Tubo LED T5 Integrado con interruptor 7W	7	50000	13,95

Un cop coneixem el preu i la vida útil de cadascun del tipus de fluorescents que s'han d'instal·lar a l'aeroport ja podem calcular cada quant s'ha de canviar els fluorescents, el cost de manteniment dels fluorescents T5 i l'estalvi anual dels LED (estalvi anual més l'estalvi de cost de manteniment) (veure taula 3.4).

Taula 3.4. Paràmetres imprescindibles per calcular la amortització.

Zona	Tipus de fluorescent	Temps de canvi del fluorescent (Anys)	Inversió inicial (€)	Canvis de fluorescents en 15 anys (vegades)	Cost de manteniment en 15 anys (€)	Estalvi anual dels LED (€ a l'any)
1	T5 (35 W)	7,3	1587,9	2	3175,8	0
	LED (18W)	15,26	8676,5	1	0	3644,57
2	T5 (28 W)	7,3	184,86	2	369,72	0
	LED (14W)	15,26	932,1	1	0	353,77
	T5 (14 W)	7,3	45,8	2	91,6	0
	LED (7W)	15,26	279	1	0	48,31
3	T5 (28W)	7,3	319,95	2	639,9	0
	LED (14W)	15,26	1613,25	1	0	612,29
TOTAL					4277,02	4658,94

I per acabar, ja podem calcular l'amortització de la inversió de substituir els fluorescents T5 per els fluorescents T5 LED (veure taula 3.5).

Taula 3.5. Paràmetres imprescindibles per calcular la amortització.

Zona	Tipus de fluorescent	Inversió inicial (€)	Estalvi anual dels LED (€)	Amortització (anys)
------	----------------------	----------------------	----------------------------	---------------------

1	LED (18W)	8676,5	3644,57	2,38
2	LED (14W)	932,1	353,77	2,63
	LED (7W)	279	48,31	5,78
3	LED (14W)	1613,25	612,29	2,63
TOTAL		11500,85	4658,94	2,47

En resum, si es volen substituir els fluorescents T5 per fluorescents LED, s'haurà de fer una inversió inicial de 11.500,8 € aproximadament per aconseguir estalviar 4.658,94 € l'any i en 2,47 anys la instal·lació ja s'haurà amortitzat.

3.2. THE LIVING MACHINE

Com ja s'ha indicat el capítol anterior, l'aeroport de Lleida-Alguaire hi ha una estació depuradora d'aigües residuals (EDAR). Un dels canvis que es podrien introduir seria la implementació del sistema **The Living Machine** (veure [19]).

Aquest sistema és considerat com una tecnologia de tractament d'aigües residuals emergent que utilitza una sèrie de tancs que donen suport a plantes i a una varietat d'organismes.

Aquesta màquina, va ser ideada per el Dr. John Todd (president de l'organització Ocean Arks International) que li va donar aquest nom pels components de l'ecosistema que s'incorporen dins dels seus processos de tractament (microorganismes, protozous, cucs i plantes). Actualment, aquest sistema és dissenyat i venut per Living Machines, Inc. de Taos, Nou Mèxic.

Aquest sistema incorpora molts dels processos bàsics que s'utilitzen en els sistemes convencionals de tractament biològic. Però el que el fa diferent, és la utilització de plantes i animals durant el procés de depuració. També cal dir, que en cas de ser una zona on el clima és temperat, es necessita un hivernacle per protegir el procés quan les temperatures són baixes.

Living Machines, Inc. descriu aquesta màquina com un sistema de tractament d'aigües residuals que:

- És capaç de realitzar un tractament terciari.
- Costa menys d'operar que un sistema de depuració convencional quan s'utilitza per assolir un nivell terciari de tractament.

- No necessita productes químics que danyen el medi ambient per dur a terme la depuració.

3.2.1. Funcionament del sistema

Aquest sistema està format normalment per sis components o parts principals: reactor anaeròbic, tanc anòxic, reactor tancat aeròbic, reactors aeròbics, un clarificador i finalment els llits fluiditzats ecològics. La figura 3.2 correspon un esquema de tots els components que poden formar aquest sistema.



Source: Living Machines Inc., 2001.

Fig. 3.2 Components de The Living Machine (veure [19]).

L'element número 1 de la figura 3.2, correspon al reactor anaeròbic. Aquest reactor és similar tant en aparença com per operativitat a un tanc sèptic i normalment aquest element és cobert i enterrat sota terra. L'objectiu principal d'aquest reactor és reduir les concentracions de BOD₅ (Demanda biològica d'oxigen) i els sòlids que hi ha en les aigües residuals abans que comenci el tractament de depuració.

El BOD₅ és un paràmetre que mesura la quantitat de matèria susceptible de ser consumida o oxidada per mitjans biològics que conté una mostra líquida, i ens permet determinar el grau de contaminació de l'aigua. Aquest paràmetre es mesura transcorreguts 5 dies (BOD₅) i s'expressa en mg O₂/litre.

A continuació, trobem el reactor anòxic (2). El propòsit principal d'aquest reactor és promoure el creixement de la formació de microorganismes que s'encarregaran d'eliminar una part significativa de l'entrant BOD₅ (contaminació).

Aquests microorganismes es barrejaran amb l'aigua contaminada a través d'un difusor de bombolles grans. Aquests difusors actuen de tal manera que l'oxigen dissolt es manté per sota els 0,4 mg/l. El reactor disposa d'un dispositiu de control d'olors, que sol ser un filtre biològic format per plantes.

Adicionalment, es pot incloure un mitjà de creixement en el compartiment per facilitar el creixement de bacteris i microorganismes.

L'element 3, correspon al reactor aeròbic tancat que s'encarrega de reduir al mínim els nivells de BOD₅ de l'aigua ja dissolta, eliminar els gasos olorosos i simular la nitrificació. En aquest cas, la barreja es du a terme a través de difusors de bombolles petites. També hi ha incorporat un filtre biològic de plantes per controlar les olors i els nivells d'humitat dels components del filtre.

El següent en la cadena, són els reactors aeròbics oberts. Aquest són similars als anteriors tant per disseny com per la mecànica, però en lloc d'estar coberts per filtres biològics estan coberts amb vegetació aguantada per bastides. Aquesta vegetació serveix per proporcionar una superfície per al creixement dels microbis, perquè es pugui dur a terme l'absorció de nutrient, i també es pot convertir en un hàbitat pels insectes i microorganismes que beneficien el procés de depuració. Aquests reactors han estat dissenyats per reduir la contaminació (BOD₅) millor que en els nivells secundaris i per completar el procés de nitrificació.

La mida i el nombre d'aquests reactors utilitzats en el disseny del sistema es determinen per les característiques de l'afluent, requisits d'efluents, les condicions de flux, de l'aigua i la temperatura de l'aire.

El cinquè pas és el clarificador que és bàsicament un dipòsit de decantació on es separen els sòlids que hi puguin haver a l'aigua residual tractada. Normalment, aquests sòlids sedimentats es bombegen cap al reactor aeròbic tancat o es transfereixen directament a un tanc de retenció on després són eliminats del sistema. La superfície del clarificador sovint està coberta per herbes per impedir el creixement d'algues en el reactor.

I finalment tenim els *Ecological Fluidized Beds* (EFBs), filtres posats en sèrie que realitzen el pas final del tractament de les aigües residuals. La funció principal d'aquests filtres és reduir la contaminació (BOD₅), tots els sòlids en suspensió (TSS) i els nutrients per complir amb els requisits finals d'efluent.

Els EFB consisteixen tant en un tanc interior i exterior. El tanc interior conté un medi de cultiu, com pot ser pedra triturada, roca de lava o inclús peces de plàstic. L'aigua residual flueix cap l'espai anular que hi ha entre el tanc interior i exterior i s'eleva pels tubs d'injecció d'aire fins a arribar a la part superior de l'anell interior on es comuniquen els dos tancs.

La part inferior del tanc interior no està segellat, de manera que l'aigua residual es filtra fent passar l'aigua a través de la grava i aquesta torna a l'espai anular exterior, des d'on es condueix novament a la part superior del llit de grava. Aquests *ascensors d'aire* també serveixen per airejar l'aigua i mantenir les condicions aeròbiques.

Aquesta unitat serveix com un llit fix, de flux descendent, i amb un filtre de medi granular que separa les partícules de matèria de l'aigua. Adicionalment, els microorganismes que apareixen en la part superior del llit de grava

proporcionen les reaccions necessàries per poder realitzar les reaccions finals de nitrificació.

L'únic problema que pot aparèixer en aquest pas, és l'acumulació de llots. Aquest fang redueix la capacitat de filtrar l'aigua i a la llarga pot obstruir completament el filtre. Per tant, s'han d'incorporar uns difusors de ventilació addicionals sota el llit de grava que s'activen periòdicament creant un flux d'aire ascendent per evitar l'acumulació i la possible obstrucció.

Després d'aquest últim pas, les aigües residuals tractades que s'obtenen ja són adequades per ser reutilitzades per al reg de jardins, cisternes dels vàters, rentat de vehicles, etc.

3.2.2. Disseny, operació, manteniment i gestió de residus.

Com ja s'ha comentat anteriorment, cada Living Machine és única i és dissenyada per Living Machines Inc. basant-se amb el volum esperat d'aigües residuals i el seu contingut, així com els requisits de tractament i el clima local.

Un cop es coneixen aquests factors, els dissenyadors determinen si és necessari la implementació d'un hivernacle, quin tipus de reactors es necessiten, quina quantitat de cada tipus de reactor es requereixen i quina capacitat es requereix per assolir els temps adequats de depuració.

Aquest sistema és capaç d'aconseguir que el procés de tractament d'aigües residuals assoleixi els valors següents:

s

- BOD₅, TSS i nitrogen total ≤ 10 mg /L.
- Nitrat (NO₃) ≤ 5 mg/l
- Amoníac NH₃ ≤ 1 mg/l

A la figura 3.3 es mostra el rendiment de dos sistemes instal·lats. El primer sistema és la Living Machine a Frederick (Maryland) dissenyada per tractar 7,58 m³/h (40,000 gpd) i la segona màquina està a South Burlington (Vermont) amb el doble de capacitat 15,15 m³/h (80,000 gpd)

TABLE 1 PERFORMANCE OF THE FREDERICK AND BURLINGTON LIVING MACHINES[®]

Parameter	FREDERICK				BURLINGTON			Effluent Goal
	Influent mg/L	GH Influent mg/L ^a	Effluent mg/L	% Removal	Influent mg/L	Effluent mg/L	% Removal	
BOD ₅	230	156	4	97	227	5.9	97	<10
COD	944	378	21	94	556	35.9	94	--
TSS	381	70	2	97	213	5.3	98	<10
NH ₃	-	22	1.2	94	16.3	0.4	98	<1
NO ₃	-	20.8	10	52	15.9 ^b	4.9	69	<5
TN (total nitrogen)	-	44	11	75	29.3	5.6	81	<10
TP (total phosphorus)	11	7.7	6	45	6.0	2.0	67	<3

a Effluent from the anaerobic reactor at Frederick into the reactors contained within the greenhouse.

b Assumes that all removed ammonia is converted to nitrate.

Source: U.S. EPA, 2001.

Fig. 3.3 Rendiment de Frederick i Burlington Living Machines (veure [19]).

A més a més, s'han de tenir en compte els requisits d'operació i manteniment de rutina d'aquest tipus de màquines. Els requisits són molt similars als d'una planta de tractament d'aigües residuals convencional com pot ser la EDAR, però és cert que s'han de considerar alguns requisits addicionals.

Aquests requisits addicionals inclouen la neteja de l'estructura d'entrada/sortida, la neteja de les pantalles i els tancs, retirar el fang i mantenir i reparar la maquinària. També s'ha d'establir un programa per la gestió de la vegetació per promoure el creixement vegetal i l'eliminació de residus vegetals acumulats. Addicionalment, podria ser necessari haver de controlar les poblacions de peixos, caragols, mosquits i mosques.

Pel que fa als residus produïts per aquest sistema es pot dir que són comparables en quantitat als produïts en els sistemes de tractament tradicionals. No obstant això, la majoria d'aquests residus són sòlids biològics i material de plantes. Tots aquests residus vegetals poden ser compostats i utilitzats per a molts fins agrícoles o hortícoles.

3.2.3. Cost i ubicació del sistema

En la figura 3.4 hi ha recollits els resultats que es van obtenir quan es va fer un estudi per comparar el cost entre un sistema convencional de tractament d'aigües residuals i el sistema que es proposa. Aquest estudi va ser realitzat el 2001 per l'agència de protecció ambiental dels Estats Units (EPA) on l'objectiu principal era avaluar de manera independent el sistema *The Living Machine*.

	40,000 gpd	80,000 gpd	1 mgd
Living Machine®			
with greenhouse	\$1,077,777 ¹	\$1,710,280 ¹	\$10,457,542 ²
without greenhouse	\$985,391 ²	\$1,570,246 ²	\$9,232,257 ¹
Conventional System	\$1,207,036 ¹	\$1,903,751 ¹	\$8,579,978 ²

- (1) Cost difference is less than 20 percent, difference is not significant.
(2) Cost difference is greater than 20 percent, difference is significant.

Fig. 3.4 Cost del sistema The Living Machine (veure [20]).

Per tenir una idea aproximada del cost del sistema, ens fixarem amb els valors de la figura 3.4 on es classifiquen depenen de volum d'aigua tractada en gallons per dia (gpd) i el tipus de sistema que s'instal·la (amb hivernacle o no).

Com ja s'ha comentat anteriorment, l'ús o no d'hivernacle depèn de les condicions climàtiques de la zona on s'instal·larà la màquina. En aquest cas, la zona que s'ha d'avaluar és la zona de l'Alguaire. En la figura 3.5, es mostren unes gràfiques que indiquen per mesos la temperatura màxima, la temperatura mitjana i la temperatura mínima de la zona. Per obtenir la temperatura mitjana mensual s'han considerat els valors mitjans de temperatura mitjana diària des del 1975 fins al 2005. Mentre que les temperatures mitjanes màximes i mínimes s'han obtingut a partir de les mitjanes de les temperatures màximes i mínimes diàries des del 1995 fins al 2005.

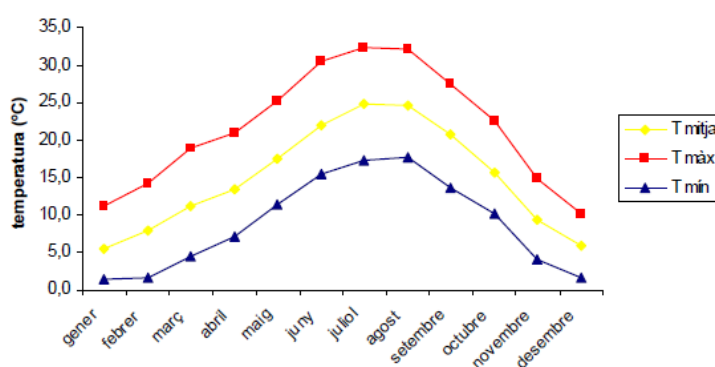


Fig. 3.5 Temperatura de la Zona de Lleida-Alguaire (veure [11]).

Gràcies a aquestes gràfiques podem observar que l'oscil·lació tèrmica de la zona d'estudi és notable, amb variacions de temperatura de l'ordre de 15°C els mesos més càlids i variacions d'aproximadament 10°C durant els mesos més freds. Per aquest motiu, seria necessari la implementació d'un hivernacle per evitar problemes en el desenvolupament de l'ecosistema encarregat de realitzar el procés.

A més a més, també s'ha de tenir en compte el volum d'aigua residual que s'ha de tractar amb aquest sistema. Segons el projecte constructiu de l'aeroport, s'ha establert un cabal de 100 m³/ dia (100000 lpd) en funció de cabal d'abastament calculat pels diferents usos i edificis. La procedència de les aigües és bàsicament de sanitaris, restaurant i neteja d'edificis, per tant, es tracta d'aigües residuals assimilables a urbanes amb característiques de contaminació estàndard. L'aigua reciclada que s'obté és utilitzada per al reg i la neteja de vials.

En resum, aquest sistema haurà de tenir hivernacle i ser capaç com a mínim de reciclar 100 m³/dia. Per tant, mirant la figura 3,4 i tenint en compte que els valors s'han obtinguts a través de l'estudi realitzat per l'agència de protecció mediambiental dels Estats Units l'any 2001, el cost del sistema seria aproximadament de 978.406 € (\$1.077.777) perquè s'ha agafat el preu de la depuradora de menor capacitat, és a dir, la depuradora que pot tractar 151,42 litres per dia (40000 gpd).

Un cop s'ha establert quin podria ser el cost aproximat del sistema, el últim pas que s'ha de fer és decidir quin és el millor lloc per situar-lo. Per poder determinar quina és la posició òptima, s'ha consultat el pla especial urbanístic de l'aeroport d'Alguaire dels termes municipals d'Alguaire i Torrefarrera (veure annex 3).

Per aprofitar el màxim possible la instal·lació de sanejament de l'aeroport, aquest sistema s'instal·larà a prop de la depuradora que hi ha a l'aeroport. Segons la memòria del pla especial urbanístic de l'aeroport, la superfície destinada per la depuradora és de 1.5 ha (150000m²), per tant es considerarà una superfície similar per les instal·lacions de The Living Machine.

Si comparem els plànols del pla urbanístic amb una imatge real de l'aeroport (Google maps), podem situar la depuradora aproximadament entre les parcel·les 35 i 36 amb la superfície que està dins del pla de 96.786 ha i 62.754 ha respectivament (veure annex 3).

Com ja hem comentat, el nou sistema ha d'estar a prop de la depuradora per minimitzar les modificacions de les canalitzacions del sistema de sanejament. Per aquest motiu, el sistema The Living Machine **s'instal·larà a la parcel·la 48** de 86.668 ha (veure Fig. 3.6), perquè es troba a prop de la zona de la depuradora i no interferirà amb cap altra instal·lació ni equipament, ja que actualment aquesta parcel·la està en desús.

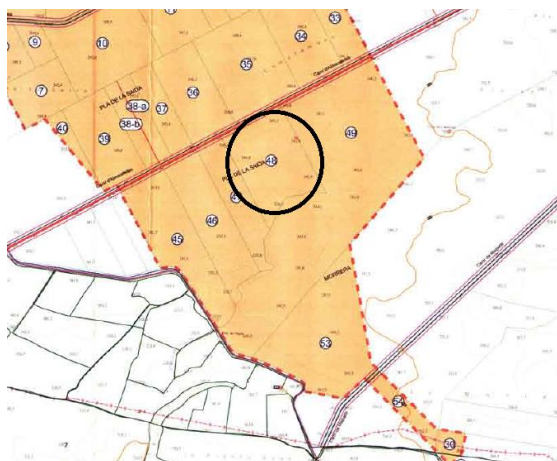


Fig. 3.6 Ubicació del sistema The Living Machine (veure [47]).

3.2. Instal·lació d'energia solar fotovoltaica d'autoconsum.

L'objectiu d'aquest apartat, és fer un càlcul aproximat del nombre de panells solars i bateries que es necessitarien per poder abastir d'energia l'aeroport i analitzar quina seria la ubicació exacta tenint en compte el pla d'urbanisme de l'aeroport.

3.3.1. Descripció de la instal·lació solar fotovoltaica

L'energia solar fotovoltaica és una font d'energia que produeix electricitat d'origen renovable, obtinguda directament a partir de la radiació solar mitjançant un dispositiu semiconductor anomenat cèl·lula fotovoltaica.

La conversió fotovoltaica es basa en l'efecte fotoelèctric, és a dir, la transformació directa de l'energia lumínica que prové del Sol en electricitat.

L'element imprescindible d'aquest sistema és el camp fotovoltaic. Aquest camp està compost pels mòduls fotovoltaics que són els encarregats de captar la radiació solar i transformar-la en electricitat a corrent continu.

Un cop s'ha obtingut el corrent continu (12, 24 o 48 V), s'ha de transformar a corrent altern (220 o 230V) que utilitzen els aparells de consum i la xarxa elèctrica convencional. Per poder fer aquesta transformació el sistema inclou un inversor.

Un altre element important de les instal·lacions fotovoltaiques són les proteccions. Les proteccions són equips que desconnecten la instal·lació en el cas de no detectar tensió a la xarxa, en el cas de pèrdua d'aïllament, o al detectar qualsevol altre funcionament. A més a més, en la instal·lació hi ha

diferencials que protegeixen contra contactes directes i magnetotèrmics que protegeixen el sistema contra sobrecàrregues, evitant així que es faci malbé el cablejat o els equips.

Les instal·lacions que no estan connectades a la xarxa elèctrica, solen afegir bateries o acumuladors. La funció principal d'aquestes bateries és emmagatzemar l'energia produïda durant les hores de radiació solar per ser utilitzada després en els moments que la radiació solar és escassa.

A més a més, en aquest cas s'ha d'incloure a la instal·lació un regulador de càrrega. El regulador és un equip electrònic encarregat de protegir les bateries de les descàrregues i sobrecàrregues. Si el regulador detecta una sobrecàrrega, posa les plaques en curtcircuit i talla el pas de corrent a les bateries. Per altra banda, si el que es produeix és una descàrrega, avisa al consumidor amb una alarma o bé talla el subministrament si el consum continua.

Les instal·lacions solars fotovoltaïques es poden classificar segons la seva configuració. Principalment podem trobar dos tipus de sistemes, les instal·lacions autònomes o aïllades de la xarxa elèctrica i les instal·lacions connectades a la xarxa elèctrica.

Les instal·lacions aïllades ofereixen un servei a corrent continu o a corrent altern (equivalent a la xarxa elèctrica) en llocs on la xarxa elèctrica no arriba. Aquest tipus d'instal·lacions són capaces de cobrir el 100% de les necessitats elèctriques, encara que en molts casos va acompanyat d'un sistema de suport convencional (grup electrogen).

En canvi, els sistemes solars fotovoltaïcs connectats a la xarxa elèctrica, l'electricitat que genera s'aboca totalment o parcialment si hi ha autoconsum a la xarxa elèctrica. També és possible connectar a la xarxa una instal·lació d'autoconsum amb injecció.

Però tan si la instal·lació és aïllada com connectada a la xarxa, cal orientar les plaques al sud i inclinar-les per aprofitar al màxim la radiació solar i optimitzar el seu rendiment. Per aconseguir l'optimització de la instal·lació cal que la inclinació de la placa sigui igual a la de la latitud de l'emplaçament menys 10° si la instal·lació es fixa (no s'utilitza un seguidor solar).

A continuació, s'explica la instal·lació d'energia solar fotovoltaïca que es proposa per l'aeroport de Lleida-Alguaire.

La quantitat d'energia del Sol (radiació solar) i la demanda diària d'energia són els dos factors que marcaran la pauta per dissenyar el sistema solar fotovoltaïc. És molt important també tenir en compte les condicions particulars de l'aeroport i tenir totes les dades de boira, precipitacions, neu, altura a la qual està situat i la temperatura màxima i mínima. Com que l'aeroport està situat a l'hemisferi nord, el mòdul solar ha d'estar orientat cap al sud.

El primer pas és conèixer el consum diari de l'aeroport. A la taula 3.6, hi ha recollits tots els valors que s'han tingut en compte en el moment de calcular els paràmetres necessaris per dissenyar la instal·lació i així poder determinar tots els components.

Taula 3.6. Consum i potència instal·lada a l'aeroport (veure [11]).

Potència instal·lada	775 KVA
Factor de potència	0,8
Hores de funcionament	12 h
Consum mig	2.976 Kwh/ dia
Consum màxim	7.440 Kwh/dia

El segon pas un cop conegut el consum diari de l'aeroport (2.976 Kwh/ dia), és conèixer la radiació solar que arriba a la zona de l'aeroport. Per obtenir la radiació solar incident a la zona de l'aeroport, s'ha utilitzat l'aplicació PVGIS (Photovoltaic Geographical Information System) proporcionat per la Unió europea (veure [21]).

Aquesta eina online és capaç d'estimar la quantitat mitjana mensual d'energia d'irradiació solar que incideix en un metre quadrat de superfície situada en el lloc de la instal·lació tenint en compte l'orientació (al sud) i la inclinació dels panells fotovoltaics. Per poder aconseguir aquests valors a través d'aquesta eina, cal establir prèviament la inclinació dels panells.

S'ha de tenir en compte que la inclinació dels raigs de sol respecte la superfície horitzontal és variable durant l'any, és a dir, màxima durant els mesos d'estiu i mínima durant l'hivern. Com que la instal·lació comptarà amb panells fixos, s'ha de trobar l'angle d'inclinació òptim, és a dir, s'ha de buscar l'angle d'inclinació d'energia respecte al pla horitzontal que faci la potencia mitja anual rebuda sigui la màxima.

En la majoria dels casos aquest angle coincideix amb la latitud del lloc de la instal·lació més 10°, ja que la instal·lació s'utilitzarà tot l'any i l'aeroport té un grup electrogen de suport (veure [11,12]). Per tant, l'angle d'inclinació dels panells fotovoltaics de la instal·lació correspondrà a la latitud de l'aeroport de Lleida-Alguaire. Les coordenades de l'aeroport de Lleida-Alguaire (punt ARP) són: 41°43'40"N 0°32'09"E (veure [13]). D'aquesta manera obtenim que la inclinació dels panells solars fotovoltaics serà de 51°.

La figura 3.7, obtinguda a través de l'eina PVGIS correspon a la irradiació solar sobre un pla inclinat de 41° situat a l'aeroport de Lleida-Alguaire. Les unitats de l'energia d'irradiació són Wh/m²/dia.

Mes	H(51)	Mes	H(51)
Ene	3550	Jul	6400
Feb	5220	Ago	6490
Mar	6390	Sep	6320
Abr	5800	Oct	5520
Mayo	5970	Nov	4200
Jun	6100	Dic	3240
Año		5430	

Fig. 3.7 Valors d'irradiació mensual en un pla inclinat de 51°.

El següent pas és determinar el pitjor mes de tot l'any, que es calcula fent el quocient entre el consum total mitjà d'energia diària i la mitjana de la radiació diària disponible. El valor més alt dels quocients de cada mes serà el mes més desfavorable.

El quocient més alt ha estat el del mes de desembre amb 918,52 m², per tant el mes de desembre és el mes més desfavorable. Aquest quocient s'expressa en m², ja que representa la superfície necessària perquè l'energia mitjana diària de la radiació solar incident sobre aquesta és igual a l'energia consumida pels receptors.

I finalment, queda determinar el nombre de mòduls fotovoltaics i bateries que s'instal·laran per poder generar i emmagatzemar l'energia que s'obté del sol. Un cop realitzats els càlculs corresponents (veure annex 2), s'ha obtingut que per cobrir les necessitats de consum mitjà de l'aeroport s'han d'instal·lar 7.066 mòduls solars fotovoltaics A-200M i 8.000 bateries EW 140.

3.3.2. Cost i ubicació del sistema

El primer que s'ha de conèixer per poder determinar si aquesta instal·lació és viable econòmicament, és a dir, el temps d'amortització de la instal·lació no és molt elevat, és la producció aproximada de la instal·lació en un any.

Per calcular la producció d'energia elèctrica de la instal·lació solar fotovoltaica d'autoconsum, s'ha utilitzat l'eina PVGIS per obtenir els valors aproximats. Per poder obtenir la producció mensual i anual de la instal·lació s'han d'introduir a la simulació una sèrie de paràmetres: potència nominal del sistema, mida de les bateries, descàrrega de les bateries, consum diari, inclinació i orientació dels mòduls. Els valors introduïts s'han obtingut realitzant els càlculs per dissenyar la instal·lació (veure annex 3).

- Situació de la instal·lació: Aeroport de Lleida-Alguaire.
- Potència nominal del sistema: 1413200 W (7066 mòduls de 200Wp).
- Mida de les bateries: 24 V i 620000Ah de capacitat.
- Límit de descàrrega de les bateries: 60%
- Consum diari: 2976000 W.
- Inclinació: 51°

- Orientació: 0 (sur).

A la figura 3.8 hi ha representats els resultats obtinguts amb la simulació PVGIS. El valor E_d correspon a la producció mitjana diària d'energia (Wh/dia), el F_f és el percentatge de dies en els quals la bateria es carrega completament i finalment el F_e és el percentatge de dies en els quals la bateria es descarrega completament.

Mes	E_d	F_f	F_e	Mes	E_d	F_f	F_e
Ene	2703065	39	29	Jul	2976445	100	0
Feb	2940928	71	6	Ago	2973160	98	0
Mar	2983667	84	1	Sep	2966161	91	0
Abr	2978640	83	0	Oct	2914541	82	3
Mayo	2973930	91	0	Nov	2780595	57	12
Jun	2980141	96	0	Dic	2648778	48	28
Año				2900861			

Fig. 3.8 Producció mensual i anual d'energia.

Per tant, la instal·lació solar fotovoltaica proposada és capaç de produir de mitjana 2900861 Wh/dia, és a dir, **2900,861 KWh** cada dia i **1.058.814,265 kWh** a l'any.

Si considerem que el preu net de l'electricitat per ús industrial és de 0.092 €/kWh (veure [18]), ens costaria 226.88 €/ al dia. Per tant, en un any hauríem de pagar 97.410,91 € aproximadament a la companyia subministradora d'electricitat.

Per altra banda, hem de saber quina és la inversió inicial que hem de fer per obtenir els elements imprescindibles de la instal·lació. A la taula 3.6, hi ha indicats els tres elements que formen la instal·lació juntament amb el preu total.

Taula 3.7. Elements que formaran part de la instal·lació solar fotovoltaica.

Element	Model	Vida útil	Preu per unitat (€)	Nº d'unitats	Preu total (€)
Col·lector solar fotovoltaic	A-200M	25 anys	388,00 (veure [22])	7066	2.741.608
Bateries	EW 140	600 ciclos (5 años aprox)	314,60 (veure [22])	8000	2.516.800
Convertidors	SI 3324	>20 anys	2996,00 (veure [23])	111	332.889
TOTAL					5.591.297

Un cop es coneix el preu dels tres elements principals s'augmentarà el preu total (5.591.297 €) un 40% per tenir en compte altres elements necessaris com són el suport dels panells, cables i el cost de la instal·lació (mà d'obra, dietes, etc.). Per tant, la inversió inicial aproximada que s'haurà de fer és de **7.827.815,8 €**.

I finalment, ja podem calcular l'amortització de la instal·lació sabent que ens estalviem 97.410,91 € i la inversió inicial és de 7.827.815,2 €, el temps d'amortització de la instal·lació és de **80 anys**. Cal dir però, que el preu de l'electricitat no es fixa per tant si el preu augmentés, el temps d'amortització seria més petit.

Un cop coneixem el cost de la instal·lació i el temps d'amortització, només ens falta decidir on la col·locarem. Per fer-ho, s'ha consultat el pla especial urbanístic de l'aeroport de Lleida-Alguaire per determinar la zona òptima per situar l'hort solar.

Per tirar la posició òptima, s'ha de tenir en compte que sigui un espai lliure d'ombres, no interfereixi amb l'activitat aeroportuària i la parcel·la sigui suficientment gran com per instal·lar-hi els 7066 panells solars, les 8000 bateries i els 111 convertidors.

La superfície aproximada de la instal·lació és de 12.314,24 m² (veure annex 3). Aquest valor s'incrementarà un 10% per considerar les estructures necessàries per protegir les bateries i els convertidors. D'aquesta manera, s'obté que la superfície aproximada de la instal·lació solar fotovoltaica és de 13.545,67m².

La parcel·la escollida és la 82 (veure fig.3.9.) que té una superfície de 59.817Ha. S'ha triat aquesta parcel·la perquè està a la mateixa zona que la central elèctrica i així facilitarà la instal·lació del cablejat.

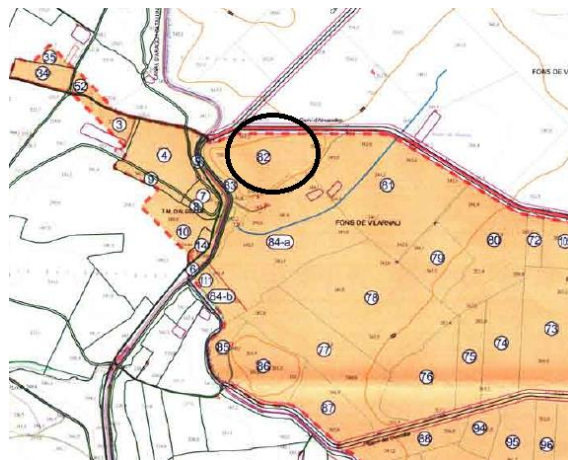


Fig. 3.9 Ubicació de la instal·lació solar fotovoltaica (veure [47]).

CAPÍTOL 4. CONCLUSIONS

En aquest capítol, hi ha recollides les conclusions finals del projecte. És a dir, es mostren els resultats principals obtinguts en els tres capítols anteriors.

En el primer capítol, s'ha intentat identificar i analitzar les mesures més utilitzades pels 7 aeroports escollits perquè l'impacte en el medi ambiental provocat per l'aeroport sigui el mínim. Per fer aquest estudi s'han tingut en compte 5 de les 6 àrees definides pel projecte Aeropuerto Verde d'Aena. Aquestes 5 àrees són:

- Il·luminació
- Climatització
- Mobilitat sostenible
- Energies renovables
- Tractament d'aigües residuals

Un cop s'ha realitzat l'anàlisi d'aquestes mesures s'ha arribat a la conclusió que la mesura més implementada per reduir el consum de la instal·lació elèctrica és la implementació de fluorescents LED i l'aplicació de sistemes de control tant en la instal·lació d'il·luminació com en el sistema de climatització.

A més a més, tots els aeroports han incorporat a la seva flota vehicles elèctrics, la font d'energia renovable més utilitzada és la solar i la majoria d'aeroports (5 dels 7 analitzats) no tenen depuradores per tractar les aigües residuals que generen.

Després d'analitzar aquests 7 aeroports, s'ha descrit l'aeroport de Lleida-Alguaire seguint amb la classificació d'àrees. Després d'analitzar i comparar les instal·lacions d'il·luminació, de climatització, el sistema de tractament d'aigües residuals i el tipus de mobilitat amb les iniciatives de millora proposades per Aena, s'ha determinat que l'aeroport de Lleida-Alguaire compleix el 46,15% de les iniciatives totals proposades. A la figura 4.1, es representa quin percentatge de compliment té cadascuna de les àrees.

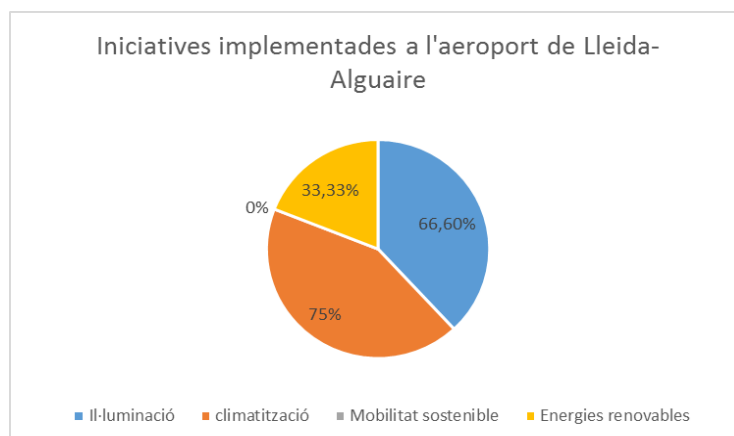


Fig. 4.1 Percentatge de cadascuna de les àrees analitzades.

I finalment en el capítol 3, s'han proposat tres iniciatives que es podrien aplicar a l'aeroport de Lleida-Alguaire per reduir el consum energètic. Aquestes tres propostes són:

- Substitució dels fluorescents T5 per fluorescents LED a l'edifici social, a l'edifici Tallers i a la zona d'administració. En substituir un total de 903 fluorescents T5, s'aconsegueix estalviar 4.658,94 € l'any i el període d'amortització seria de 2,5 anys aproximadament.
- Instal·lació del sistema de tractament d'aigües residuals anomenat The Living Machine capaç de tractar com a mínim 151,42 litres al dia. El cost d'aquest sistema és d'aproximadament 978.406 € i es situarà a la parcel·la 48 (veure Fig. 4.2). A més a més, la majoria dels residus que genera poden ser compostats i utilitzats per a fins agrícoles.
- Instal·lació de mòduls solars fotovoltaics per la generació d'energia elèctrica. El sistema està format per 7066 mòduls solars fotovoltaics, 8000 bateries de placa plans i 111 convertidors que generen 1.058.814, 265 kWh cada any i es situarien a la parcel·la 82 (veure Fig. 4.2). Amb la instal·lació d'aquest sistema ens estalviem aproximadament 97.410,91 € cada any, però el temps d'amortització de la instal·lació és molt elevat, 80 anys.

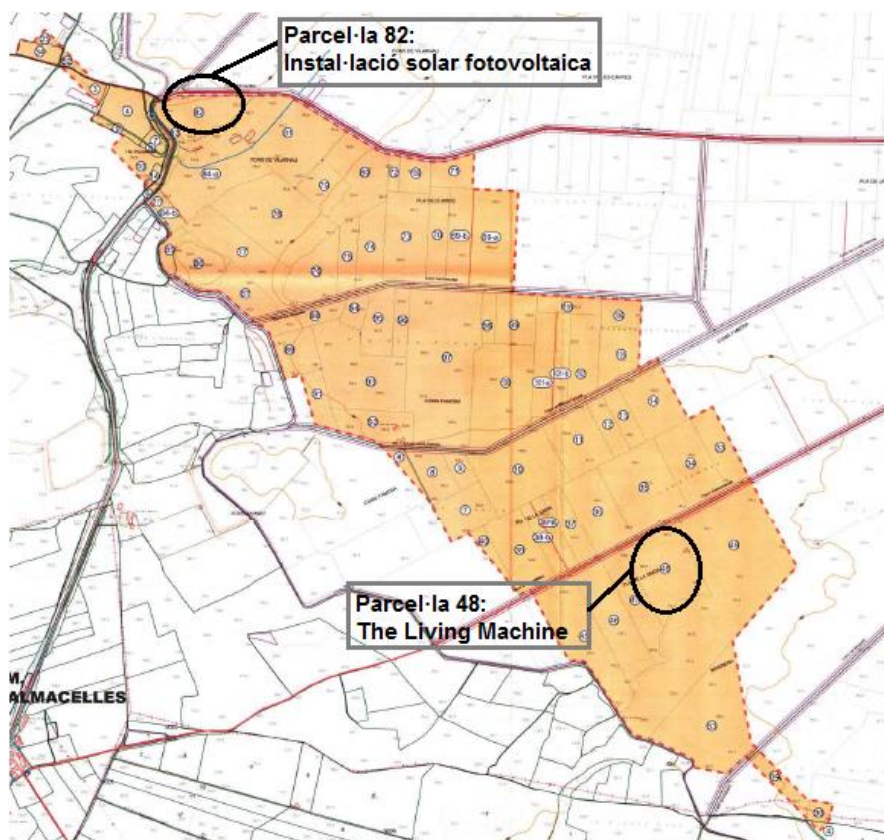


Fig. 4.2 Ubicació de la instal·lació solar fotovoltaica i The Living Machine.

BIBLIOGRAFIA

[1] ICAO. "APPENDIX 1. TABLES RELATING TO THE WORLD OF AIR TRANSPORT IN 2014".

<http://www.icao.int/sustainability/pages/factsfigures.aspx>

[2] "Airport Carbon Accreditation program".

<http://www.airportcarbonaccredited.org/airport/4-levels-of-accreditation/introduction.html>

[3] Aena. "Proyecto Aeropuerto Verde".

<http://www.aena.es/csee/ccurl/343/235/Lanzarote%20Aeropuerto%20Verde%20online,0.pdf>

[4] Aena. "Estadísticas de tráfico aéreo. Informe 2015".

http://www.aena.es/csee/ccurl/483/1011/Copia%20de%2012.Estadisticas_Diciembre_2015.pdf

[5] Aéroports de Paris. "December 2015 Traffic figures".

<https://www.parisaeroport.fr/docs/default-source/groupe-fichiers/finance/rerelations-investisseurs/trafic/trafic-2015/13012016-en-december-2015-traffic-figures.pdf>

[6] Fraport. "Traffic figures 2015".

<http://www.fraport.com/content/fraport/en/investor-relations/financial-and-air-traffic-figures/traffic-figures.html>

[7] Associazione Italiana Gestori Aeroporti. "Statistiche Dicembre 2015".

http://www.assaeroporti.com/statistiche_201512/

[8] Aeroports de Catalunya. "Memòria 2014".

<http://aeroports.cat/media/2016/02/Mem%C3%B2ria-Aeroports-2014.pdf>

[9] IDESCAT. "Transport aeri. Moviment de passatgers. Per aeroports i tipus de servei".

<http://www.idescat.cat/economia/inec?tc=3&id=5415>

[10] Aeroports de Catalunya. "Aeroport Lleida-Alguaire".

<http://aeroportlleida.cat/laeroport/>

[11] Navarro Del Barrio. E., "TH-05308.4. Edificis, instal·lacions i equipaments del subsistema de moviment d'aeronaus Aeròdrom Lleida-Alguaire". Projecte constructiu. GISA (Maig 2007).

[12]. Padilla Gómez-Guillamón. V., "TH-05308.4-M2. Modificació número 2 dels edificis, instal·lacions i equipaments del subsistema de moviment d'aeronaus Aeròdrom Lleida-Alguaire". Projecte modificat. GISA (Abril 2008).

[13] Enaire. “Servicio de información aeronáutica. Aeródromos. Lleida-Alguaire (LEDA)”.

<http://www.enaire.es/csee/Satellite/navegacion-aerea/es/Page/1078418725163/?other=1083158950596&other2=1237543463967>

[14] INDAL. “INDAL catalog 2009”.

https://issuu.com/kiziryan/docs/indal_catalog_2009

[15] Dosta Parcerista, J; Gas Font, I., “Sistemas VRV para el acondicionamiento del aire”.

<http://www.tecnicaindustrial.es/tiadmin/numeros/3/42/a42.pdf>

[16] Wikipedia. “Croquis de las líneas de una EDAR”.

https://es.wikipedia.org/wiki/Estaci%C3%B3n_depuradora_de_aguas_residuales

[17] Dénia. “Tabla Comparativa: Tubo Fluorescente frente Tubo Led”.

<http://www.denia.com/los-tubos-led-se-imponen-a-los-fluorescentes-a-pesar-de-su-arraigo-en-el-mercado/>

[18] MINETUR. “Precio neto de la electricidad para uso domestico y uso industrial”.

http://www.minetur.gob.es/es-ES/IndicadoresyEstadisticas/DatosEstadisticos/IV.%20Energ%C3%ADa%20y%20emisiones/IV_12.pdf

[19] EPA. “Wastewater Technology Fact Sheet. The Living Machine”.

https://www3.epa.gov/npdes/pubs/living_machine.pdf

[20] EPA 2001. “The Living Machine Wastewater Treatment Technology. An evaluation of performance and system cost”:

[https://yosemite.epa.gov/water/owrccatalog.nsf/9da204a4b4406ef885256ae0007a79c7/5d2a6584de0e37df85256b06007254a3/\\$FILE/The%20Living%20Machine%20Wastewater%20Treatment%20Technology.pdf](https://yosemite.epa.gov/water/owrccatalog.nsf/9da204a4b4406ef885256ae0007a79c7/5d2a6584de0e37df85256b06007254a3/$FILE/The%20Living%20Machine%20Wastewater%20Treatment%20Technology.pdf)

[21]. Comissió Europea. “Photovoltaic Geographical Information System (PVGIS)”.

<http://re.jrc.ec.europa.eu/pvgis/apps4/pvest.php?lang=es&map=europe:>

[22] ATERSA. “Lista de precios nacional – Mayo 2015”.

<http://www.atersa.com/img/20154281587.pdf>

[23] Renovables Nueva Era. “SMA SUNNY ISLAND SI 3324”.

http://tienda.renuevaera.com/index.php?route=product/product&product_id=352

[24] Aena. “Gestion Medioambiental. Aeropuerto de Lanzarote”.

<http://www.aena.es/es/aeropuerto-lanzarote/gestion-medioambiental.html>

[25]. Aena. “Información Ambiental 2010. Aeropuerto de Lanzarote”.

http://www.aena.es/csee/ccurl/844/555/Lanzarote_M_A_WEB_ok.pdf

- [26] Aena. “ *Información Ambiental 2011. Aeropuerto de Lanzarote*”.
<http://www.aena.es/csee/ccurl/599/436/Lanzarote.pdf>
- [27] Aena. “ *Información Ambiental 2012. Aeropuerto de Lanzarote*”.
http://www.aena.es/csee/ccurl/748/227/Lanzarote_V8_OK.pdf
- [28] Aena. “ *Información Ambiental 2012. Aeropuerto de Madrid-Barajas*”.
http://www.aena.es/csee/ccurl/751/705/Madrid-GEST%20AMBIENTAL%202012_V8_OK.pdf
- [29] Aena. “ *Información Ambiental 2013. Aeropuerto Adolfo Suárez Madrid-Barajas*”.
<http://www.aena.es/csee/ccurl/577/621/MEMORIA%20AMBIENTAL%202013%20Ed.12.pdf>
- [30] Aena. “ *Información Ambiental 2014. Aeropuerto Adolfo Suárez Madrid-Barajas*”.
http://www.aena.es/csee/ccurl/702/560/MAD_INFORMACI%C3%93N_AMBIENTAL%202014.pdf
- [31] Aena. “ *Informe de gestión ambiental 2010. Aeropuerto de Barcelona - El Prat*”.
<http://docplayer.es/6035375-Aeropuerto-de-barcelona-el-prat-informe-de-gestion-ambiental-2010.html>
- [32] Aena. “ *Informe de gestión ambiental 2011. Aeropuerto de Barcelona - El Prat*”.
<http://docplayer.es/7729888-Informe-de-gestion-ambiental-2011-aeropuerto-de-barcelona-el-prat-1-volver-a-indice.html>
- [33] Aena. “ *Informe de gestión ambiental 2012. Aeropuerto de Barcelona - El Prat*”.
http://www.aena.es/csee/ccurl/498/681/BCN_Gestion_Ambiental_2012_ES.pdf
- [34] Aena. “ *Eficiencia y ahorro energético. Aeropuerto de Barcelona -El Prat*”.
<http://www.aena.es/es/aeropuerto-barcelona/eficiencia-y-ahorro-energetico.html>
- [35] Aéroports de Paris. “ *Gestion des gaz à effet de serre. Septembre 2012*”.
<https://www.parisaeroport.fr/docs/default-source/groupe-fichiers/rse/bilan-aca-emissions-gaz-effet-de-serre-2013.pdf?sfvrsn=2>
- [36] Aéroports de Paris, “ *Bilan 2012 des émissions de gaz à effet de serre*”.
<https://www.parisaeroport.fr/docs/default-source/groupe-fichiers/rse/2012-rapport-gaz-effets-serre.pdf?sfvrsn=4>
- [37] Aéroports de Paris, “ *Bilan 2013 des émissions de gaz à effet de serre*”:
<https://www.parisaeroport.fr/docs/default-source/groupe-fichiers/rse/expert-rse/environnement/pdf-evt/bilan-2013-des-emissions-de-gaz-a-effet-de-serre.pdf?sfvrsn=2>

- [38] Aéroports de Paris, “Gestion des gaz à effet de serre. Octobre 2015”:
<https://www.parisaeroport.fr/docs/default-source/groupe-fichiers/rse/2014-bilan-aca-emissions-de-gaz-a-effet-de-serre.pdf?sfvrsn=2>
- [39] Aéroports de Paris. “Bilan 2014 des émissions de gaz à effet de serre”.
<https://www.parisaeroport.fr/docs/default-source/groupe-fichiers/rse/2014-bilan-emissions-co2-loi-grenelle.pdf?sfvrsn=2>
- [40] Fraport. “Environmental Statement 2014”.
http://www.fraport.com/content/fraport/en/misc/binaer/responsibility/stakeholder-dialog/environmental_statements/environmental-statement/jcr:content.file/environmental-statement-2014.pdf
- [41]. SEA Milan Airports. “Sustainability report 2013”.
http://www.seamilano.eu/sites/sea14.message-asp.com/files/docs/2013_sustainability_report_1.pdf
- [42]. MIDAC. “Especificacions tècniques de la bateria EW 140”.
http://www.midacbatteries.com/brochures/MIDAC_catalogo_EW.pdf
- [43] XTEC. “Dimensionament i càlculs de les instal·lacions solars fotovoltaïques”.
http://ioc.xtec.cat/materials/FP/Materials/0801_IEA/IEA_0801_M06/web/html/WebContent/u1/a3/continguts.html
- [44]. ATERSA. “Especificacions tècniques del mòdul fotovoltaic A-200M”.
<http://www.atersa.com/img/20132810463.pdf>
- [45]. “Conexion en serie y en paralelo de varias baterías ”.
<http://www.mpptsolar.com/es/baterias-serie-paralelo.html>
- [46]. Sunny Island. “Especificacions tècniques del convertidor SI 3324”.
<http://www.fotovoltaica-aislada.com/PDF%5C05031-301%20-%20SMA%20SUNNY%20ISLAND%203324.pdf>
- [47]. “Pla especial urbanístic de l'aeroport d'Alguaire dels termes municipals d'Alguaire i Torrefarrera”.
<http://ptop.gencat.cat/rpucportal/AppJava/cercaExpedient.do?reqCode=veureDocument&codintExp=221730&fromPage=load>

ANNEX 1. MESURES D'ESTALVI ENERGÈTIC EN ELS AEROPORTS.

En aquest annex, s'expliquen les diferents mesures d'estalvi que han dut a terme els aeroports escollits per reduir les seves emissions de CO₂ i reduir el seu consum energètic. Totes aquestes mesures són les que s'han tingut en compte per realitzar l'anàlisi del capítol 1 sobre els aeroports verds.

Totes aquestes mesures es classificaran seguint la classificació per àrees que es proposa en el projecte Aeropuerto Verde d'Aena. Les àrees en les quals es classificaran les iniciatives són: climatització, il·luminació, mobilitat sostenible, energies renovables, tractament d'aigües residuals i altres. En aquesta última àrea s'inclouran totes aquelles iniciatives que s'han dut a terme en els aeroports per reduir tant el consum com les emissions però específicament no estan incloses en cap de les classificacions anteriors.

Aquestes mesures es classificaran seguint la classificació per àrees que es proposa en el projecte Aeropuerto Verde d'Aena. Les àrees en les quals es classificaran les iniciatives són: climatització, il·luminació, mobilitat sostenible, energies renovables i altres. En aquesta última àrea s'inclouran totes aquelles iniciatives que s'han dut a terme en els aeroports per reduir tant el consum com les emissions però específicament no estan incloses en cap de les classificacions anteriors.

1.1. Aeroports de nivell 1 - *Mapping*

1.1.1. Aeroport de Lanzarote

En l'any 2010 i coincidint amb la celebració del Dia Internacional del Medi Ambient, l'aeroport va ser designat com aeroport pilot de la xarxa d'Aena per el desenvolupament del projecte Aeroport Verd, un sistema encaminat a la millora de l'eficiència energètica i a la reducció d'energia i emissions de CO₂.

Amb aquesta finalitat, l'aeroport ha realitzat la primera fase del programa *Airport Carbon Accreditation* que consisteix a fer un informe sobre els focus d'emissió dels gasos d'efecte hivernacle. L'acreditació s'ha anat renovant cada any, indicant d'aquesta manera la cura que es té a l'hora de quantificar, controlar i reduir el consum de recursos energètics que produeixen aquest tipus d'emissions a l'atmosfera.

L'aeroport de Lanzarote té implementat un Sistema de Gestió Mediambiental (veure [24]) capaç d'identificar tots els aspectes que tenen un impacte significatiu en el medi ambient.

La implantació d'aquest sistema es pot traduir directament en millores mediambientals per l'illa i els habitants de Lanzarote, gràcies als objectius aconseguits. Aquests objectius són:

- Disminució del consum d'energia elèctrica.
- Tractament i reutilització d'aigües residuals.
- Gestió dels residus generats.

Tenint en compte que la generació d'energia elèctrica es realitza a partir de la combustió de derivats del petroli, la reducció del consum per part de l'aeroport contribueix a la conservació dels recursos naturals i també a la reducció de contaminació atmosfèrica.

La reducció del consum elèctric s'ha aconseguit mitjançant accions d'optimització i minimització orientades a augmentar l'eficiència. Les actuacions més destacades han sigut apagar la il·luminació en les àrees no utilitzades dels edificis durant períodes llargs del dia. Per aquest motiu, s'han sectoritzat les diferents àrees segons la seva utilització, s'han instal·lat comptadors parcials per il·luminar o no en funció de les necessitats detectades i establint grups de treball per optimitzar la il·luminació de l'edifici en temps real.

Una de les altres mesures que s'han aplicat, ha estat la introducció de 5 vehicles elèctrics per donar servei a les activitats del costat aire de l'aeroport. Amb la implementació d'aquests vehicles s'estudiarà la viabilitat de la iniciativa per poder en un futur aplicar-la a altres aeroports.

A més a més, les aigües residuals de l'aeroport de Lanzarote són canalitzades cap a una xarxa individualitzada per aigües fecals i remesa per estacions de bombeig a la planta depuradora pròpia de l'aeroport (EDAR) on són tractades. Durant l'any 2012, la depuradora de l'aeroport va tractar 47.527 m³.

En relació amb els equips de climatització i segons els informes d'informació ambiental de l'aeroport dels anys 2010 (veure [25]), 2011 (veure [26]) i 2012 (veure [27]) disposen de l'autorització de posada en marxa de les instal·lacions i es duen a terme les operacions de manteniment d'aquestes segons les pautes establertes en el Reglament d'Instal·lacions Tèrmiques en Edificis (RITE) i també segons les instruccions subministrades pel fabricant.

La instal·lació de climatització utilitza el gas refrigerant com a medi per transmetre la calor. Antigament la majoria dels sistemes utilitzaven el gas refrigerant R-22, però actualment el seu ús està prohibit. Per tant, l'aeroport des del gener del 2010 ha substituït, de mica en mica el gas R-22 per el R-410 en totes les instal·lacions de l'aeroport.

I finalment durant l'any 2010, Aena va realitzar un estudi de viabilitat per implementar un sistema de refrigeració amb energia solar. Durant la reunió per avaluar al possibilitat d'implementar aquest sistema, és determinar que el lloc més apropiat per la instal·lació de la tecnologia és l'Aula Ambiental. Segons els informes d'informació ambiental, la implantació del projecte es va posposar al sistema de gestió de l'any 2012, sota el nom: instal·lació d'un sistema de climatització basat en energia solar.

1.2. Aeroports de nivell 2 – Reduction

1.2.1. Aeroport Alfonso Suárez Madrid-Barajas

A l' abril del 2012, l'aeroport Alfonso Suárez Madrid-Barajas va aconseguir el nivell 2 "Reduction" del programa Airport Carbon Accreditation. Aquesta acreditació reconeix els esforços de l'aeroport per gestionar i reduir les seves emissions de CO₂, demostrant la mesura i control de la petjada de carboni i establint mesures que aconsegueixen la seva reducció gradual.

En la figura 1.1, es pot observar la gràfica on es mostren les tones de CO₂ que va emetre l'aeroport durant els anys 2012, 2013 i 2014.

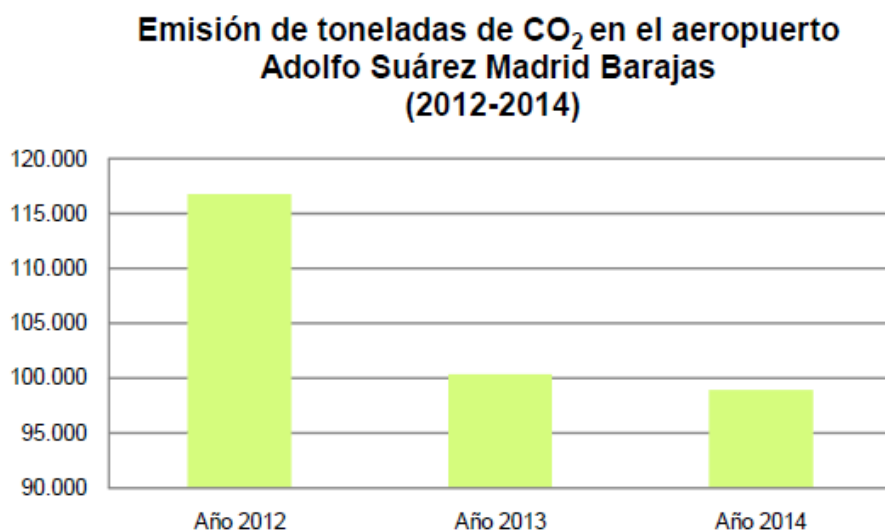


Fig. 1.1 Comparativa de les emissions de CO₂ en els anys 2012, 2013 i 2014. (veure [30]).

Com es pot observar des de l'any 2012 al 2014, l'aeroport ha aconseguit disminuir de manera significativa les seves emissions de CO₂. L'any 2012 l'aeroport emetia un total de 116.753,30 tones. Gràcies a les mesures establertes pel 2013 va aconseguir disminuir aquesta quantitat fins arribar a 100.321,34 tones, és a dir, un 14.07% respecte a l'any anterior. I finalment en l'any 2014, aquesta xifra va ser igual a 98.950,30 tones, produint-se d'aquesta manera una disminució del 1.37% respecte al 2013.

Aquesta tendència descendent es va aconseguir gràcies a les mesures que es van implementar durant aquests tres anys en les instal·lacions de l'aeroport. A continuació hi ha recollides totes les mesures que des de Aena es van proposar

per mitigar les emissions dels gasos d'efecte hivernacle i reduir al mateix temps el consum d'energia elèctrica. Tota aquesta informació s'ha obtingut partir dels informes de gestió ambiental de l'aeroport dels anys 2012 (veure [28]), 2013 (veure [29]) i 2014 (veure [30]).

✓ **Il·luminació**

L'any 2012 es va iniciar la substitució dels tubs fluorescents de menys potència a les terminals T4 i T4s. És a dir, es van canviar els tubs de 58W per altres de 51W i els de 36 W per tubs de 32 W. La implantació d'aquests nous tubs fluorescents es va acabar l'any 2013. Al mateix any també es van implementar bateries de condensadors a les terminals T1, T2 i T3.

Una altra iniciativa que es va iniciar el 2012, va ser la implantació de tecnologia LED en les terminals T123, concretament es va substituir la il·luminació en els lavabos, faroles de la consigna de la terminal T1 i T3, sala VIP, la il·luminació exteriors, zona d'arribades de la T2 i T3, cartells lluminosos i finalment la il·luminació d'oficines i passadissos de les tres terminals. Aquest canvi de sistema convencional a sistema LED va suposar un estalvi de 665.000 KWh. Aquesta iniciativa va continuar els anys següents, l'any 2014 es va realitzar la substitució parcial dels fluorescents convencionals per fluorescents LED en el passadís de l'edifici unió i la substitució total dels fluorescents en la zona de filtre de trànsits de la terminal T1 i els aparcaments P2 a P5.

I finalment, durant aquests tres anys es van anar implementant sistemes de control d'il·luminació. L'any 2012, es va ampliar el sistema de control d'apagat i encesa mitjançant la instal·lació de sensors de presència a les zones públiques de les terminals T123 que es va acabar l'any 2013. La implementació d'aquests sensors va generar un estalvi aproximat de 203.500 KWh.

Un cop es va acabar la instal·lació d'aquests detectors, es va continuar amb la implementació d'un sistema automatitzat d'il·luminació a la sala d'autoritats de la terminal T4 i a les terminals T1, T2 i T3. Mitjançant aquest sistema es poden programar diferents horaris de funcionament d'il·luminació en les diferents zones de l'edifici. A més a més, també es va modificar la gestió d'apagat horari de la il·luminació exterior perimetral de la terminal T4s mitjançant sondes d'il·luminació. Concretament, es va modificar el circuit d'il·luminació de lucernaris de la zona annexa de la segona planta de la terminal satèl·lit, perquè aquest sistema de llums es troba al costat de la vidriera de l'edifici i al disposar de llum natural es poden apagar i encendre segons el que indiquin les sondes de lluminositat dels circuits de control.

✓ **Climatització**

Des de l'any 2006, la climatització de la T4 es realitza a través de l'energia calorífica i frigorífica produïda a la planta de cogeneració localitzada en el recinte aeroportuari.

✓ **Mobilitat sostenible**

L'any 2012 Incorporació de vehicles elèctrics en la flota d'Aena. Amb una primera flota de 10 vehicles en l'aeroport, Aena analitzarà la viabilitat de substituir la totalitat de vehicles convencionals. A més a més, l'aeroport disposa de 53 punts de recarrega pels cotxes elèctrics.

✓ **Energies renovables**

Des de l'any 2006, més del 60% de l'energia consumida procedeix de la planta de cogeneració.

L'any 2013 es va iniciar la Instal·lació de sistema d'energia fotovoltaica per l'autoconsum en un dels edificis auxiliars (aparcament P2) i va ser el 2014 quan la instal·lació va començar a produir electricitat.

✓ **Tractament d'aigües residuals**

L'aeroport Adolfo Suárez Madrid-Barajas disposa de canals diferenciats pel tractament de les aigües residuals i per les aigües pluvials. La qualitat de les aigües residuals avocades al sistema municipal de sanejament es controla mitjançant mostres periòdics en els diferents punts d'abocament. Les mostres s'utilitzen per analitzar els principals contaminants legiscats en laboratoris acreditats.

✓ **Altres**

Per reduir el consum d'energia elèctrica de l'aeroport, l'any 2013 es van tancar els aparcaments P5 i P10 que estaven en desús.

A més a més, una de les iniciatives més interessants que va iniciar Aena va ser l'optimització del sistema automàtic de transport d'equipatges (SATE) generant un estalvi de 805,76 MWh en l'any 2014. L'aeroport compta amb dos sistemes el SATE 1 i el SATE 2.

Les millores que van ajudar a potenciar aquest estalvi van ser:

- SATE 1 (Terminals T123): estalvi de 91,98 MWh.
 - Ajust puntual del temps d'apagat dels transportadors a la instal·lació.
 - Revisió de les plantilles d'apagat de sistemes.
 - Estendre el IDLE intel·ligent a les línies del túnel EU-DN i pati central.
 - Substitució de motors de la mateixa potencia però més ràpids en les línies F4A i F4B.
 - Emmagatzematge d'equipatges en les línies d'entrada al classificador de l'edifici unió (permet endarrerir l'arrencada del classificador)
- SATE 2: estalvi de 713,77 MWh.

- Revisió de les plantilles d'apagat de sistemes.
- Obtenció de les dades de consum d'equips buits per detectar millores en el manteniment.
- Acumulació en els transportadors llargs dels CLA's per evitar la recirculació de safates.
- Millorar la gestió dels equipatges primerencs en el satèl·lit entre les 6:00 i les 7:00.
- Implantació del IDLE intel·ligent en els transportadors de BELT.
- Entrega segregada d'equipatges en l'inici de formació de vols.
- Millorar la gestió de les safates buides en els magatzems del NET i SAT.

Després de mostrar les actuacions que ha dut a terme l'aeroport, es pot identificar que les iniciatives més importants o amb més recurrència durant els anys 2012, 2013 i 2014 han estat:

- ✓ Part de l'energia elèctrica, calorífica i refrigerant que es consumeix a l'aeroport s'obté de la planta de cogeneració de l'aeroport.
- ✓ Implementació de diversos sistemes de control de la il·luminació a diferents zones de l'aeroport (detectors de presència, sondes de lluminositat, etc.).
- ✓ Substituir els fluorescents convencionals per la tecnologia LED i fluorescents de baixa potència.
- ✓ Sistema d'energia solar fotovoltaica en un dels edificis auxiliars per l'autoconsum.

1.2.2. Aeroport Barcelona - El Prat

El 6 de juny d'aquest any, l'aeroport de Barcelona- El Prat ha obtingut el nivell 2 de l'Airport Carbon Accreditation. A continuació, s'explicaran les mesures que s'han dut a terme durant els anys 2010, 2011 i 2012 en l'aeroport i s'han obtingut a partir dels informes de gestió ambiental (veure [31][32][33]) d'aquests anys i la pagina web de l'aeroport (veure [34]). Cal aclarir que encara que estigui dins del nivell dos durant els anys 2010, 2011 i 2012, l'aeroport tenia l'acreditació del nivell 1, és a dir, presentava un informe sobre les fonts d'abast 1 i 2 que generaven CO₂.

✓ Il·luminació

En l'any 2011, un dels objectius d'Aena va ser reduir el consum elèctric a les passarel·les de la terminal T1. Amb aquesta finalitat es va tornar a programar el sistema de control d'il·luminació en les zones d'embarcament de la terminal 1 per poder-lo adaptar als horaris d'operacions fent que la il·luminació d'aquestes zones es redueix en el moment que no hi ha embarcaments o desembarcaments. Gràcies a l'aplicació d'aquesta mesura l'aeroport pot estalviar aproximadament 216.000 kWh/any. A més a més, també es va reduir

el consum de llum del dic longitudinal al apagar punts amb llum excedent mantenint d'aquesta manera les condicions òptimes d'il·luminació nocturna.

Durant l'any 2012, a la terminal 2 (vestíbul terminal TB i la zona comercial TB-claraboia) es va instal·lar un sistema de control d'il·luminació. Aquest sistema consistia a identificar les zones de baixa ocupació o de trànsit de passatgers mitjançant sondes. A més a més, en aquesta mateixa terminal en l'edifici intermodal es va posar en marxa un control horari d'il·luminació relacionat amb l'aportació de llum natural de l'exterior. És a dir, apagar o encendre les llums de dues de les quatre parets de pavès que aporten llum natural a la terminal. I finalment, a la terminal 1 es va reduir el consum de llum gràcies al control de llums a la zona ferroviària PS1 del longitudinal i al control dels tòtems lluminosos del dic longitudinal.

I finalment, s'han incorporat detectors de presència a les zones de pas de la terminal T1 i T2 i implementat el sistema DALI a la terminal 1. Aquest sistema és un sistema de regulació automàtica de la il·luminació que permet memoritzar les escenes de nivell de lluminositat i en funció d'aquests nivells es regula automàticament la intensitat de la llum. També té en compte les dades aportades per un heliòmetre instal·lat a la coberta de la terminal encarregada de mesurar la intensitat de la llum.

✓ **Climatització**

L'any 2010, Aena va establir que s'havia de reduir un 2% el consum d'energia elèctrica destinada a la climatització de la T1. Per poder assolir aquest objectiu es van començar a instal·lar sondes d'ambient per poder gestionar millor la climatització de les diferents zones de la terminal. A més a més, també es va iniciar la instal·lació de cortines d'aire a l'entrada de les passarel·les per conservar millor la climatització interior. La instal·lació total d'aquestes sondes i les cortines d'aire es va acabar l'any 2011, fent que el consum elèctric per la climatització de la T1 l'any 2011 es reduís un 13,2% respecte al 2010. I com que el sistema de climatització està format per calderes de gas natural, va ajudar a reduir el consum de gas natural per climatització de la T1 respecte al 2010, un 21,7%.

I finalment, l'any 2012 es van reajustar les consignes de temperatura a les terminals (T1 i T2). Durant la temporada d'estiu i per complir amb el Reial Decret 1826/2009 es va augmentar la temperatura ambiental a les terminals, situant-la per sobre els 26°C.

A més a més, les terminals de l'aeroport compten amb un sistema de climatització que prioritza l'aprofitament de l'aire exterior (*Free Cooling*) quan les condicions externes són favorables, reduint així el consum d'energia elèctrica per disminució del temps de funcionament de l'aire condicionat.

✓ **Mobilitat sostenible**

L'aeroport de Barcelona - El Prat està realitzant una progressiva substitució de vehicles propulsats per combustibles fòssils per equips elèctrics.

✓ **Energies renovables**

L'aeroport té instal·lats 696 captadors solars per generar aigua calenta sanitària a la terminal T1. Cada captador solar té una superfície unitària de 2,2 m² i la superfície total d'aquesta instal·lació és de 1535 m². Aquest sistema d'energia solar tèrmica produeix el 70% del total d'aigua calenta sanitària que necessita i evita que 352 tones de CO₂ arribin a l'atmosfera cada any.

✓ **Tractament de les aigües residuals**

Les aigües residuals generades en els diferents edificis i instal·lacions de l'aeroport són recollides en els sistemes col·lectors d'aigües residuals de l'aeroport i enviades a la xarxa municipal d'aigües municipals que tenen un tractament final en l'estació depuradora d'aigües residuals municipals: DEPURBAIX.

Per altra banda, les aigües residuals de les instal·lacions aïllades (Central Eléctrica Lado Aire -CELA-, Edifici de Balizament y la torre de control) es tracten mitjançant una depuradora compacta amb pretractament abans que s'evocuin al cabal públic.

✓ **Altres**

Una de les mesures que es van aplicar l'any 2012 va ser el tancament de les plantes superiors dels aparcaments de les terminals T1 i T2.

1.3. Aeroports de nivell 3 – Optimization

3.2.1. Aeroports de Paris

En aquest apartat, s'explicaran les diferents iniciatives que Aeroports de Paris ha dut a terme per aconseguir reduir les seves emissions de CO₂ i el consum d'energia elèctrica en els aeroports de París-Orly i París-Charles du Gaulle. Totes les mesures que es presenten a continuació s'han extret dels informes anuals sobre la gestió de gasos d'efecte hivernacle dels anys 2012 (veure [35][36]), 2013 (veure [37]), i 2014 (veure [38][39]).

Aquests dos aeroports van obtenir primer l'any 2010 el nivell 2 de l'Airport Carbon Accreditation i no va ser fins al 2013 quan van ser acreditats amb el nivell 3 d'aquest programa. Gràcies a totes les mesures que ha implementat, Aeroports de Paris ha estat capaç de reduir un 41,4% les seves emissions de CO₂ entre el 2009 i el 2014.

✓ **Il·luminació**

Un dels objectius d'Aeroports de Paris és desenvolupar solucions tècniques per controlar el consum d'energia en les seves terminals. Per aquest motiu, a París-Charles de Gaulle, es va crear un nou sistema de control de la il·luminació. També durant l'any 2010, es va començar la substitució de la il·luminació convencional per il·luminació LED a la terminal 2C de l'aeroport París-Charles de Gaulle i la zona de seguretat de les terminals oest i sud de l'aeroport Paris-

Orly. A més a més, també es va establir que les pantalles d'informació de la terminal Oest d'Orly s'apaguessin automàticament quan no hi hagués passatgers dins la terminal.

✓ **Climatització**

Els aeroports posseeixen les seves pròpies centrals tèrmiques per assegurar la producció de calor a partir de l'energia geotèrmica i la biomassa. A més a més, totes les instal·lacions de combustió de gas natural, d'un poder superior als 20MW, estan integrats al pla nacional d'assignació d'emissions d'efecte hivernacle. Tant la central geotèrmica com la planta de biomassa permeten a Aeroports de Paris tenir una quota d'energia renovable del 15,9% de l'energia consumida el 2014.

- Central geotèrmica a Paris-Orly.

L'any 2011, Aeroports de Paris va posar en funcionament una planta geotèrmica profunda amb una capacitat de 10MW a l'aeroport de Paris-Orly. Aquesta instal·lació és possible perquè Paris-Orly està situat sobre una gran reserva d'aigua calenta (74°C) anomenada Le Dogger. La calor és extreta a través d'un intercanviador de calor i és transmesa per conducció a l'aigua que circula pel sistema de calefacció de les terminals. Quan la planta funciona a ple rendiment evita el consum de 3600 tones de petroli i l'emissió anual de 9000 tones de CO₂.

- Planta de Biomassa a Paris-Charles de Gaulle.

Aeroports de Paris va decidir subministrar la xarxa de calefacció de l'aeroport Paris-Charles de Gaulle amb l'energia que s'obté cremant fusta, la biomassa. Per aquesta raó, va construir una planta de biomassa que va començar a produir calor a finals de l'any 2012 gràcies a la combustió d'encenalls de fusta obtinguts de l'explotació forestal, recollits a menys de 50 Km de l'aeroport. Aquesta instal·lació formada per dues calderes produeix 78000 MWh de calor anual que representa aproximadament el 25% de la calor necessària de l'aeroport sense genera CO₂ d'origen fòssil.

- La *thermofrigopompe*

A més a més, el Hall M de l'aeroport Paris-Charles de Gaulle (Terminal satèl·lit) hi ha instal·lat un sistema de producció de calor i fred anomenat *Thermofrigopompe* que permet produir simultàniament calor i fred a partir de l'electricitat. La Thermofrigopompe és una bomba de calor que permet obtenir grans estalvis energètics gràcies al seu rendiment termodinàmic. Aquesta instal·lació és molt interessant quan un edifici necessita calor i fred simultàniament. El gas substituït per aquest equipament permet evitar l'emissió de 1600 tones de CO₂ anuals.

✓ **Mobilitat sostenible**

Aeroports de Paris es va comprometre a introduir al voltat de 200 vehicles elèctrics a les instal·lacions dels aeroports Paris-Orly i Paris-Charles de Gaulle.

L'adquisició d'aquests vehicles i la construcció de les estacions de càrrega va durar del 2012 al 2015.

✓ **Energies renovables**

El sostre del restaurant pel personal de Paris-Orly està equipat amb panells d'energia solar tèrmica amb una superfície total de captació de 72 m². També s'han instal·lat faroles autònomes individuals que funcionen gràcies a l'energia eòlica i solar a l'aparcament del personal de Medi Ambient i Desenvolupament (MED) de París-Charles de Gaulle i a la vorera que enllaça l'Orlytech i l'estació de tren (RER). Aquestes faroles estan formades per un aerogenerador i una placa solar fotovoltaica.

I finalment, l'any 2013 es va instal·lar prop de la Casa del Medi ambient de París-Charles de Gaulle un parc solar d'energia fotovoltaica. La capacitat instal·lada supera els 190 kwp i format per 792 panells solars que produeixen 157MWh de mitjana anualment. Sense emetre gasos d'efecte hivernacle, aquesta planta proporciona l'energia equivalent al consum d'electricitat que té la Casa del Medi Ambient i el desenvolupament.

✓ **Tractament de les aigües residuals**

Tota l'aigua residual recollida s'elimina a través de les canonades d'aigua de la xarxa de sanejament locals, des d'on es canalitza cap a les centrals de purificació d'aigua que donen servei a l'àrea metropolitana de París.

✓ **Altres**

Per reduir encara més la seva petjada de carboni, l'any 2014 el 30% de tota l'energia elèctrica total consumida en els aeroports tenia origen renovable i francès. És a dir, Aeroports de Paris va pactar amb el seu proveïdor d'energia (GDF Suez) que l'energia lliurada provingués de preses hidroelèctriques, parcs eòlics o horts solars. En l'any 2015, el percentatge d'electricitat renovable comprat va augmentar a 50% i s'espera que aquest any 2016, el percentatge sigui del 60% a l'aeroport Paris-Orly i Paris-Charles de Gaulle.

3.2.2. Aeroport de Frankfurt

L'aeroport de Frankfurt va ser el primer aeroport a participar en el programa Airport Carbon Accreditation l'any 2009, obtenint l'acreditació del nivell 2. No va ser fins a principis de l'any 2012 quan va aconseguir assolir el nivell 3. El va aconseguir, gràcies a la incorporació de les fonts de les emissions tipus 3 en els informes anuals segons s'indica el Protocol de gasos d'efecte hivernacle (GHG Protocol). És a dir, es van incloure les emissions que s'emeten durant les operacions de les aeronaus durant l'estacionament, el cicle d'aterratge i enlairament fins a 3000 peus, les operacions de handling, etc.

L'objectiu de la política mediambiental de Fraport, és reduir les emissions de CO₂ i evitar que superin el valor registrat de les emissions de font tipus 1 i tipus 2 l'any 2005, que va ascendir a 264.000 tones de CO₂.

A continuació, s'explicaran les mesures que s'han aplicat en l'aeroport per poder mantenir aquest objectiu. Tota la informació s'ha extret dels informes de medi ambient de Fraport (veure [40])

✓ **Il·luminació**

Per reduir les emissions de CO₂ es van instal·lar sensors pròxims a les parets exteriors de l'aparcament per detectar la llum exterior i així poder saber la quantitat de llum natural que hi entra. Amb aquests sensors es pot implantar un sistema de control per encendre i apagar les llums segons el moment del dia.

Un altre mesura que s'ha adoptat és la de baixar la intensitat de la llum des de la mitjanit fins a les 4 del matí en els aparcaments de la terminal 1 i als aparcaments destinats als treballadors de l'aeroport.

A més a més, també s'ha implementat un sistema que permet reduir el consum de les llums de les diferents zones de la terminal, gràcies a reduir la intensitat de les làmpades quan la zona no s'utilitzi.

I finalment, després de realitzar varies proves de camp introduint la tecnologia LED a diferents zones de les terminals, es va implementar a finals de l'any 2013 a la terminal 2 gràcies a l'èxit econòmic i qualitatiu del resultat de la prova.

✓ **Climatització**

Des de l'any 2007, s'ha estat duent a terme un programa de renovació permanent del sistema de control de l'aire condicionat a la terminal 1. La primera fase de la remodelació va suposar un estalvi d'aproximadament unes 8.300 tones de CO₂. Durant l'any 2013, es va posar en marxa la segona fase de la remodelació.

A més a més, també s'han aplicat mesures d'estalvi energètic en edificis d'oficines i serveis de Fraport per optimitzar el sistema. Les mesures que s'han implementat s'inclou la substitució de bombes i ventiladors per altres de més eficients, equilibrat hidràulic dels sistemes de calefacció i l'actualització de portes i finestres. Es va estimar que l'aplicació d'aquestes mesures suposa un estalvi aproximat de 715 tones de CO₂.

I finalment, l'any 2013 es va començar aplicar el tancament dels sistemes d'aire condicionat a les terminals durant la nit.

✓ **Mobilitat sostenible**

Un dels objectius claus dirigits a la protecció del clima de Fraport és l'ús de vehicles de baixa emissió. En comparació amb els vehicles de motor de combustió, els vehicles elèctrics contribueixen a limitar la contaminació de l'aire i és adequat per cobrir distàncies curtes.

En l'any 2013, aproximadament el 10% dels vehicles de Fraport que operen a l'aeroport de Frankfurt eren impulsats per motors elèctrics. En aquest grup de

vehicles s'hi inclouen les carregadores de palets, els tractors amb remolcs i els camions de cinta transportadora.

L'any 2012, Fraport va posar en marxa un projecte patrocinat pel Ministeri Federal de Transport i Infraestructura Digital (BMVI) anomenat "La mobilitat elèctrica en el model de regions". L'objectiu d'aquest projecte era que a finals de l'any 2015 és posar en funcionament un total de 42 vehicles elèctrics a l'aeroport per comprovar la seva operativitat. A més a més, també es va incloure la instal·lació de 15 sistemes de càrrega intel·ligent.

Una altra iniciativa que es va promoure l'any 2012, va ser el car pool dels vehicles de Fraport entre departament. És a dir, els 2.000 treballadors de Fraport poden seleccionar i reservar a través de la intranet plaça a diferents tipus de vehicles que compartiran amb altres treballadors d'altres departaments. El sistema de vehicles compartits permet reduir el nombre de vehicles i les despeses de manteniment, fent que els vehicles utilitzin tota la seva capacitat.

✓ **Energies renovables**

Durant l'any 2013, es va realitzar un estudi per investigar la viabilitat de l'ús d'energia geotèrmica a l'aeroport per generar energia. Un cop finalitzat l'estudi i basant-se en els resultats obtinguts, es va decidir que la implementació de l'energia geotèrmica profunda com a font d'energia renovable no es duria a terme en un futur pròxim.

✓ **Tractament de les aigües residuals**

Les aigües residuals és bombejant a les plantes municipals de tractament d'aigües residuals a Sindlingen i Niederrad.

A més a més, Fraport opera la seva pròpia planta de tractament d'aigües residuals a la secció sud de l'aeroport. Aquesta planta tracta aproximadament 1.400.000 m³ d'aigua cada any. L'aigua de tota la secció sud es tracta juntament amb l'aigua residual que conté el producte de desglaç que s'utilitza a l'àrea de moviment d'aeronaus per descongelar-les.

✓ **Altres**

Des de l'any 2014, s'ha estat actualitzant el sistema de transport d'equipatges, és a dir, s'han substituït els motors vells per uns altres més nous, s'han instal·lat cintres transportadores més eficients gràcies a la seva reduïda resistència a la fricció i també a l'aplicació sistemàtica d'apagat de seccions quan no són utilitzades.

1.4. Aeroports de nivell 4 – *Neutrality*

3.2.3. Aeroport de Milan-Malpensa

Durant el primer any d'implementació del programa Airport Carbon Accreditation (2009-2010), l'aeroport de Milan va rebre la distinció del nivell 2.

És a dir, va presentar un informe d'avaluació de totes les fonts d'emissió de CO₂ de tipus 1 i tipus 2, juntament amb un pla de reducció d'aquestes emissions.

I finalment, va ser durant l'any 2011 quan l'aeroport va rebre per primera vegada la màxima acreditació del programa, el nivell 3+ denominat neutralitat. Gràcies a la política medi ambiental del grup SEA, l'aeroport ha pogut mantenir aquest nivell fins avui.

A continuació, s'explicaran totes les mesures i iniciatives que s'han dut a terme a l'aeroport per reduir les emissions de CO₂ i el consum energètic, concretament s'han aplicat millores en el camp de l'estalvi energètic i la mobilitat sostenible. Tota aquesta informació s'ha extret de l'últim informe de sostenibilitat publicat pel gestor de l'aeroport de Milan-Malpensa, SEA. L'informe correspon a totes les activitats de l'any 2013 (veure [41]).

✓ **Il·luminació**

Segons l'informe de l'any 2013, l'aeroport ha aplicat tant millores tecnològiques com d'operació en la instal·lació d'enllumenat de l'aeroport. La principal mesura tecnològica que s'ha establert va ser la de substituir la lluminària tant interna com externa que hi havia per lluminària amb tecnologia LED. I les millores operacionals consistien a implementar un sistema de control per poder apagar les llums durant la nit en zones no utilitzades.

✓ **Climatització**

En aquesta àrea l'única millora que es va aplicar, va ser l'optimització del programa informàtic que s'encarregava de gestionar el sistema de clima de les terminals.

Cal dir, que el sistema de climatització utilitza la calor i la refrigeració generades per la planta de cogeneració instal·lada a l'aeroport.

✓ **Mobilitat sostenible**

El gestor SEA busca reduir les emissions directe i indirectes a través d'iniciatives de mobilitat sostenible. En el 2013, aquestes iniciatives estaven relacionades amb l'ús del transport públic, el sistema de car sharing, el car pooling i els autobusos llançadora tant públics com privats.

A més a més, també es van posar en funcionament dos projectes relacionats amb vehicles elèctrics: l'e-vai i el Air-side Company fleet.

La primera és una iniciativa de car sharing per anar Malpensa i a Linate (l'altre aeroport del grup). A cada aeroport hi ha quatre cotxes elèctrics amb les seves estacions de recàrrega. Per poder fer servir aquest servei s'han d'anar als punts d'informació repartits a estacions de tren i autobús per poder reservar la plaça.

La segona iniciativa consisteix a substituir els vehicles de combustió del costat aire per vehicles elèctrics. En l'any 2013, hi havia un total de 372 vehicles elèctrics (aproximadament un 27% del total), concretament trobem: els tractors porta-equipatges, els vehicles de càrrega i descàrrega i els autobusos de pista de l'empresa Cobus. També es van començar a reparar i a substituir 400 vehicles de servei de càrrega elèctrica que són utilitzats pel personal de rampa i personal de seguretat per anar per dins i fora de l'aeroport.

I finalment, l'any 2014 es va continuar amb la construcció de la connexió ferroviària entre les dues terminals de Malpensa, que farà possible arribar a la terminal 2 des de la ciutat de Milà. L'extensió del tram ferroviari (3,6 quilòmetres fins a la terminal 2) farà possible la reducció de l'impacte produït pel trànsit de vehicles que arriben a l'aeroport. A més a més, el projecte també inclou l'estació del ferrocarril, un aparcament de diverses plantes i una passarel·la de vianants.

✓ **Energies renovables**

En l'aeroport de Milan-Malpensa hi ha una planta de cogeneració que quan està en funcionament permet estalviar energia de manera contínua a l'aeroport i ajuda a mantenir la qualitat del medi ambient i la dels habitants de les zones pròximes de l'aeroport.

L'estació de cogeneració de l'aeroport produeix electricitat, calor i aigua freda. Part de l'electricitat que es genera és venuda a terceres parts a través de la xarxa nacional, mentre que la calor i la refrigeració l'utilitza de manera exclusiva l'aeroport.

La planta de Malpensa és gestionada per l'empresa SEA Energia que es dedica exclusivament a produir energia elèctrica, tèrmica i frigorífica per el gestor SEA.

La configuració actual de la planta de cogeneració inclou:

- El cicle combinat 1: una turbina de gas de 25 MW (TGC) i una turbina de vapor de 5 MWe (TV4).
- El cicle combinat 2: una turbina de gas de 30 MW (TGC) i una turbina de vapor de 5MWe (TV5).
- Una turbina de gas de 10 MW (TGA).

✓ **Tractament de les aigües residuals**

El tractament de les aigües residuals està relacionat amb el sistema de filtratge residual civil. És a dir, la recollida i separació de les aigües residuals de tots els edificis de l'aeroport és lliurada a la xarxa de clavegueram per fer-la arribar al sistema de tractament d'aigües residuals del consorci de San Antonio. A més a més, la qualitat de les aigües residuals es troba dins dels límits establerts per la regulació ambiental i és constantment monitoritzada.

ANNEX 2. COMPONENTS I CÀLCULS DE LA INSTAL·LACIÓ SOLAR FOTOVOLTAICA.

En aquest annex, es detallen les característiques tècniques dels diferents components que s'han utilitzat per dissenyar la instal·lació solar fotovoltaica.

2.1. Càlculs de la instal·lació solar fotovoltaica

2.1.1. Col·lectors solars fotovoltaics

La placa solar escollida és el mòdul fotovoltaic A-200M fabricat per Atersa de 200W de potencia nominal.

Características eléctricas (STC: 1kW/m ² , 25°C±2°C y AM 1,5)*	
A-200M	
Potencia Nominal (±5%)	200 W
Eficiencia del módulo	15,16%
Corriente Punto de Máxima Potencia (Imp)	5,38 A
Tensión Punto de Máxima Potencia (Vmp)	37,18 V
Corriente en Cortocircuito (Isc)	5,78 A
Tensión de Circuito Abierto (Voc)	44,46 V
Parámetros térmicos	
Coefficiente de Temperatura de Isc (α)	0,08% /°C
Coefficiente de Temperatura de Voc (β)	-0,32% /°C
Coefficiente de Temperatura de P (γ)	-0,43% /°C
Características físicas	
Dimensiones (mm ± 2mm)	1618x814x35
Peso (kg)	14,8
Área (m ²)	1,63
Tipo de célula	Monocrystalina 125x125mm (5 pulgadas)
Células en serie	72 (6x12)
Cristal delantero	Cristal templado ultra claro de 3,2mm
Marco	Aleación de aluminio pintado en poliéster
Caja de conexiones / Opcional	QUAD IP54 / QUAD IP65
Cables	Cable Solar 4mm ² 1100mm
Conectores	MC4 o combinable MC4
Rango de funcionamiento	
Temperatura	-40 °C a +85 °C
Máxima Tensión del Sistema / Protección	1000 V / CLASS II
Carga Máxima Viento	2400 Pa (130 km/h)
Carga Máxima Nieve	5400 Pa (551 kg/m ²)
* Especificaciones eléctricas medidas en STC. NOCT: 47±2°C. Tolerancias medida STC: ±3% (Pmp); ±10% (Isc, Voc, Imp, Vmp).	

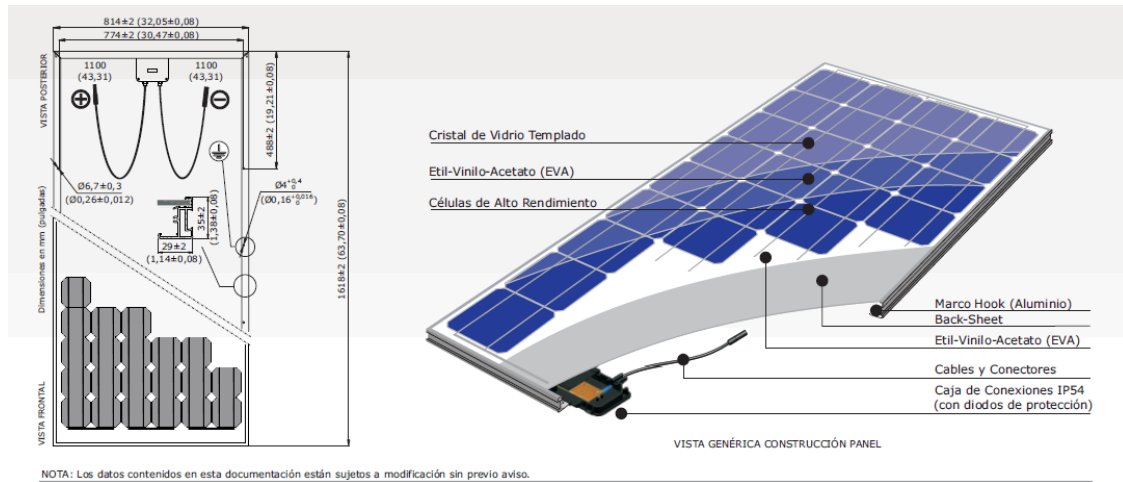


Fig. 2.1 Especificacions tècniques del mòdul fotovoltaic A-200M (veure [42]).

El nombre de plaques fotovoltaïques en una instal·lació autònoma s'aconsegueix aplicant l'expressió següent (veure [43]):

$$\text{Nombre moduls} = \frac{E_{necessaria} [\text{Wh/dia}]}{\text{Pot pic mod} [\text{Wp}] \cdot \eta_{camp} \cdot \text{Rad solar} [\text{hsp/dia}]}$$

(2.1)

On:

$$\begin{aligned} E_{necessaria} &= 2976 \text{ kWh/ dia} \\ \text{Pot pic mod} &= 200 \text{ wp} \\ \eta_{camp} &= 0.65 \\ \text{Rad solar} &= 3,240 \text{ hsp/dia} \end{aligned}$$

El rendiment de camp inclou les pèrdues degudes a la brutícia dels mòduls i el fet d'utilitzar mòduls que, a causa de la tolerància del fabricant, no són exactament d'igual potència.

Realitzant aquest càlcul s'obté que el nombre necessari de mòduls és de **7066**.

I finalment, només falta calcular la superfície total que ocupen els 7066 mòduls. Sabent que l'àrea de captació de cada mòdul és d'1,63 m², la superfície total que es necessita, és d' **11.517,58 m²**.

2.1.2. Bateries

Un cop s'han calculat el nombre de mòduls fotovoltaïcs que necessitem, s'han de determinar les característiques que hauran de tenir les bateries. S'ha d'escollir el voltatge de l'acumulador de manera que sigui prou elevat per

garantir corrents de càrrega i descarrega raonables ($I < 100$ A), així com un correcte acoplament amb el voltatge del grup de plaques fotovoltaïques.

Les característiques que ha de tenir la bateria són:

- Voltatge del grup: cada mòdul fotovoltaic treballa a **24 V** perquè està format per 72 cèl·lules que generen els 200 W de potència.
- Dies d'autonomia: com que l'aeroport poseeix un grup electrogen i a més a més, mantindrà la connexió amb la xarxa elèctrica nacional, l'autonomia de la instal·lació serà de **tres dies**.
- Profunditat de descàrrega: es considerarà una profunditat de descàrrega del 60% (profunditat de descàrrega profunda) per acumuladors estacionaris d'alt volum d'electròlit.

Amb la expressió 2.2 (veure [43]), podem calcular la capacitat de la bateria:

$$Capacitat\ bateria\ [Ah] = \frac{E_{necessaria}\ [Wh/dia] \cdot Dies\ autonomia}{V \cdot Profunditat\ descarrega\ bateria} \quad (2.2)$$

Un cop realitzat el càlcul s'obté que la bateria ha de tenir una capacitat de **620000 Ah**.

Per tant, la bateria escollida ha de tenir una tensió de 24V i una capacitat de 620000 Ah. Com que en el mercat no tenim bateries amb aquestes característiques, s'hauran de connectar varies bateries en serie i en paral·lel per aconseguir aquest valor.

La bateria que s'ha escollit és EW 140 de Midac amb una capacitat de 155 Ah i voltatge de treball de 12V.


TIPO TYPE	Din	TENSIONE VOLTAGE	PRESTAZIONI PERFORMANCE (25°)						DIMENSIONI - DIMENSIONS MAX. mm			LAYOUT	kg	kg	Lt.						
			5 h (V _{pC} 1,70)		20 h (V _{pC} 1,75)		100 h (V _{pC} 1,80)		X	Y	H										
EW 140	960.51 630.11	12 V	Ah		A		Ah		A		Ah		A		510	189	223		30,7	41,4	8,4
			capacità capacity	corrente di scarica discharging current	capacità capacity	corrente di scarica discharging current	capacità capacity	corrente di scarica discharging current	capacità capacity	corrente di scarica discharging current											
			115	23,0	140	7,0	155	1,6													

Fig. 2.2 Especificacions tècniques de la bateria EW 140 (veure [44]).

Per tant, per aconseguir la capacitat de 62000 Ah s'han de connectar 4000 bateries de 155 Ah en paral·lel. Com que el voltatge de treball és de 12 V, s'han de connectar dues bateries en sèrie per aconseguir els 24 V de la instal·lació. En definitiva, s'hauran d'instal·lar dos grups de 4000 bateries connectats en sèrie, de manera que el nombre total de bateries que es necessitaran és de 8000 bateries. La figura 2.3, és una mostra simplificada de la manera que s'haurien de connectar les bateries.

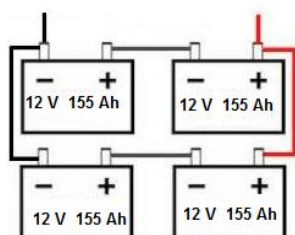


Fig. 2.3 Connexió sèrie – paral·lel de les bateries (veure [45]).

I finalment, necessitem conèixer la superfície que ocuparien aproximadament el conjunt de bateries. Sabent que la superfície unitària és de 0.0964m², la superfície total que es necessita per instal·lar el conjunt de bateries és de 771,12 m².

2.1.3. Convertidors

I finalment, només queda escollir el convertidor que s'encarregarà de transformar el corrent continu procedent dels mòduls solars fotovoltaics/bateries.

El convertidor que s'ha escollit és el Sunny Island SI 3324 de la marca SMA. A la figura 2.4, podem observar les característiques d'aquest convertidor 24V-230V.

	SI 3324
Valores de salida	
Tensión nominal CA (ajustable)	230 V (202 - 253 V)
Frecuencia nominal (ajustable)	50 Hz (45 - 55 Hz)
Potencia continua CA a 25 °C / 45 °C	3300 / 2300 W
Potencia continua CA a 25 °C para 30 / 5 / 1 min.	4200 / 4400 / 5000 W
Corriente nominal CA	14,5 A
Corriente máx. (valor punta)	100 A (para 100 ms)
Coefficiente de distorsión no lineal de la tensión de salida	< 3 %
Factor de potencia	de -1 a +1
Valores de entrada	
Tensión de entrada (rango)	230 V (172,5 - 250 V)
Frecuencia de entrada	50 Hz (40 - 60 Hz)
Corriente máx. CA de entrada (ajustable)	56 A (2 - 56 A)
Potencia máxima de entrada	12,8 kW
Datos de la batería	
Tensión de la batería (rango)	24 V (21 - 32 V)
Corriente de carga máx. de la batería	140 A
Corriente de carga continua	104 A
Capacidad de la batería	100 - 6000 Ah
Regulación de carga	IUoU en carga completa y carga de compensación aut.
Rendimiento / consumo de potencia	
Rendimiento máx. (típico)	94,5 %
Consumo característico (sin consumidores / stand-by)	22 W (< 4 W)
Grado de protección conforme a DIN EN 60529	IP30
Protección del equipo	Cortocircuito, sobrecarga, sobretensión
Interfaces	2 LED, 4 teclas, display de 2 líneas, 1 relé interruptor de potencia, 1 relé para el control del generador diesel, RS485/RS232 separado galvánicamente (opcional)
Valores mecánicos	
Ancho / alto / fondo en mm	390 / 590 / 245
Peso	39 kg
Condiciones ambientales	
Temperatura ambiente	-25 °C ... +50 °C
Garantía (UE)	5 años
Accesorios	
Sensor de temperatura de la batería externa	suministrado
Administrador del generador "GenMan"	opcional

Fig. 2.4 Característiques tècniques del convertidor SI 3324 (veure [46]).

Un dels apartats més rellevants que s'han de tenir en compte per saber el nombre de convertidors que necessitarà la instal·lació, és l'apartat anomenat *Datos de la batería*. En aquest apartat ens indica que la tensió de la bateria ha de ser de 24V i a capacitat de la bateria pot oscil·lar entre els 100 Ah i els 6000 Ah de capacitat.

Sabem que la nostra instal·lació està format per 8000 bateries de 155 Ah de capacitat. Per tant, amb un únic convertidor no en tenim prou per poder transformar tota la corrent continua generada per el mòdul fotovoltaic.

Per aquest motiu s'haurà de fer grups de plaques solars per evitar la instal·lació de convertidors innecessaris. Per fer aquests grups s'ha tingut en compte que la potència màxima a l'entrada del convertidor no pot ser superior als 12,8 kW. Es proposa la configuració següent: 110 grups de 64 panells i un grup de 26 panells. Cadascun d'aquests grups genera una potència de 12.8 kW.

D'aquesta manera, necessitarem en total **111** convertidors de corrent contínua a corrent alterna.

La superfície unitaria dels convertidors és de 0.2301 m², per tant la superfície total que ocupen els convertidors és de 25,54 m².

ANNEX 3. PLA URBANÍSTIC DE L'AEROPORT DE LLEIDA-ALGUAIRE.

Al juliol de l'any 2004, el Departament de Política Territorial i Obres Públiques de la Generalitat de Catalunya va decidir que la zona més adequada per situar l'aeroport és la zona de l'altiplà d'Alguaire, a 15 km al nord de la ciutat de Lleida.

El sòl destinat per emplaçar-hi l'aeroport es caracteritza per la seva morfologia molt plana, i destinat majoritàriament al conreu de cereals i petites zones de regadiu. Concretament es va establir que la superfície total que es reservaria per situar-hi l'aeroport fossin 366,98 ha de sòl classificat com a sòl no urbanitzable i amb la classificació de sòl agrícola.

Actualment la zona de l'altiplà d'Alguaire està travessada per una xarxa de camins que permet l'accés a les diverses finques i la comunicació entre municipis i els masos del terme.

El Sistema General Aeroportuari s'ha dividit en dues zones, la zona de servei que ocupa 290,94 ha de les totals i l'àrea de reserva de 76,04 ha. Aquesta àrea de reserva és una franja de terreny sensiblement paral·lela a la pista de vol que es guarda per possibles ampliacions futures de l'aeroport (veure Fig. 3.1)

Planejament Vigent			Planejament Proposat		
Classificació	Qualificació	Superfície	Classificació	Qualificació	Superfície
Sòl No Urbanitzable	Agrícola	366,98 ha	Sòl No Urbanitzable	Sistema General Aeroportuari (Clau SA) Zona de Servei	290,94 ha
				Sistema General Aeroportuari (Clau SA) Àrea de Reserva	76,04 ha
Total Àmbit		366,98 ha	Total Àmbit		366,98 ha

Fig. 3.1 Definició del Sistema General Aeroportuari (veure [47]).

A la figura 3.2, hi ha representades les dues zones del sistema general aeroportuari de l'aeroport de Lleida-Alguaire. La superfície de color taronja correspon a la zona de servei i la blava és la àrea de reserva.

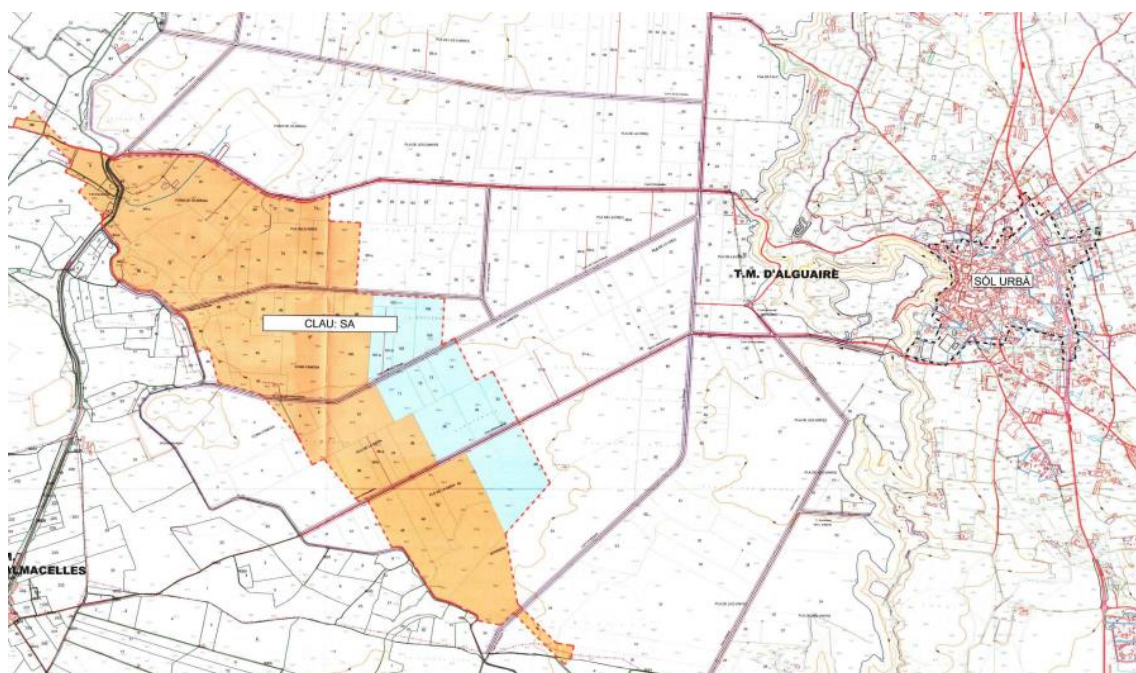


Fig. 3.2 Definició del Sistema General Aeroportuari (veure [47]).

Tant la zona taronja com la blava, estan formades per un conjunt de parcel·les de propietat privada. Totes les parcel·les que formen part de la zona taronja es van haver d'expropiar per poder-les destinar per l'ús exclusiu de l'aeroport com a zona de servei. En total la zona taronja està formada per un total de 76 parcel·les (veure figura 3.4).

En total, es van haver d'expropiar un total de 5.488.272,12 m² de sòl privat i 176.972,00 m² de superfície destinada a vials i camins públics propietat de l'ajuntament d'Alguaire (veure Fig. 3.3).

	SUP. DINS DEL PLA	SUP TOTAL FINCA
TOTAL SÒL PRIVAT m2	3.492.865,51	5.448.272,12
VIALS I CAMINS PÚBLICS m2	176.972,00	
TOTAL ÀMBIT DEL PLA ESPECIAL	3.669.837,51 m2	

Fig. 3.3 Superfície expropiada. (veure [47]).

POL.	NÚM PAR	SUP. DINS DEL PLA	SUP TOTAL FINCA
12	34	12.667,17	12.667,17
12	35	3.833,75	72.259,39
12	52	5.068,40	45.082,56
TOTAL POLÍGON 12		21.569,32	130.009,12

POL.	NÚM PAR	SUP. DINS DEL PLA	SUP TOTAL FINCA
503	69	126.025,85	266.045,00
503	70	36.606,00	36.606,00
503	71	24.874,00	24.874,00
503	72	8.505,00	8.505,00
503	73	74.103,00	74.103,00
503	74	40.009,00	40.009,00
503	75	25.736,00	25.736,00
503	76	51.641,00	51.641,00
503	77	74.740,00	74.740,00
503	78	118.228,00	118.228,00
503	79	30.187,00	30.187,00
503	80	71.112,00	71.112,00
503	81	115.300,00	115.300,00
503	82	59.817,00	59.817,00
503	83	3.599,00	3.599,00
503	84	112.356,00	112.356,00
503	85	11.759,00	11.759,00
503	86	41.968,00	41.968,00
503	87	34.712,00	34.712,00
503	88	29.242,00	29.242,00
503	89	34.041,00	34.041,00
503	91	23.616,00	23.616,00
503	92	45.540,00	45.540,00
503	93	109.278,00	109.278,00
503	94	14.289,00	14.289,00
503	95	38.039,00	38.039,00
503	96	20.374,00	20.374,00
503	97	201.319,00	201.319,00
503	98	13.832,00	13.832,00
503	99	40.896,00	40.896,00
503	100	109.802,00	109.802,00
503	101	65.785,00	65.785,00
503	102	47.670,00	47.670,00
503	103	23.057,00	23.057,00
503	104	22.549,00	22.549,00
503	105	40.603,00	40.603,00
503	109	21.162,00	21.162,00
503	111	3.543,00	3.543,00
TOTAL POLÍGON 503		1.965.914,85	2.105.934,00

POL.	NÚM PAR	SUP. DINS DEL PLA	SUP TOTAL FINCA
504	4	8.243,12	174.925,00
504	7	42.241,00	42.241,00
504	8	32.006,00	32.006,00
504	9	14.909,00	14.909,00
504	10	99.054,00	99.054,00
504	11	57.283,00	57.283,00
504	12	21.571,00	21.571,00
504	13	21.295,00	21.295,00
504	14	56.783,00	56.783,00
504	33	38.067,00	38.067,00
504	34	64.374,00	64.374,00
504	35	96.786,00	96.786,00
504	36	62.754,00	62.754,00
504	37	31.341,00	31.341,00
504	38	37.722,00	37.722,00
504	39	62.538,00	62.538,00
504	40	11.854,88	171.354,00
504	45	93.775,00	93.775,00
504	46	75.597,00	75.597,00
504	47	47.735,00	47.735,00
504	48	86.668,00	86.668,00
504	49	188.922,67	619.284,00
504	53	133.477,00	576.787,00
TOTAL POLÍGON 504		1.384.996,67	2.584.849,00

POL.	NÚM PAR	SUP. DINS DEL PLA	SUP TOTAL FINCA
505	30	8.829,80	85.640,00
505	54	18.937,25	201.237,00
TOTAL POLÍGON 505		27.767,05	286.877,00

POL.	NÚM PAR	SUP. DINS DEL PLA	SUP TOTAL FINCA
18	4	1.564,75	52.994,00
TOTAL POLÍGON 505		1.564,75	52.994,00

Fig. 3.5 Superfície de les parcel·les afectades. (veure [47])