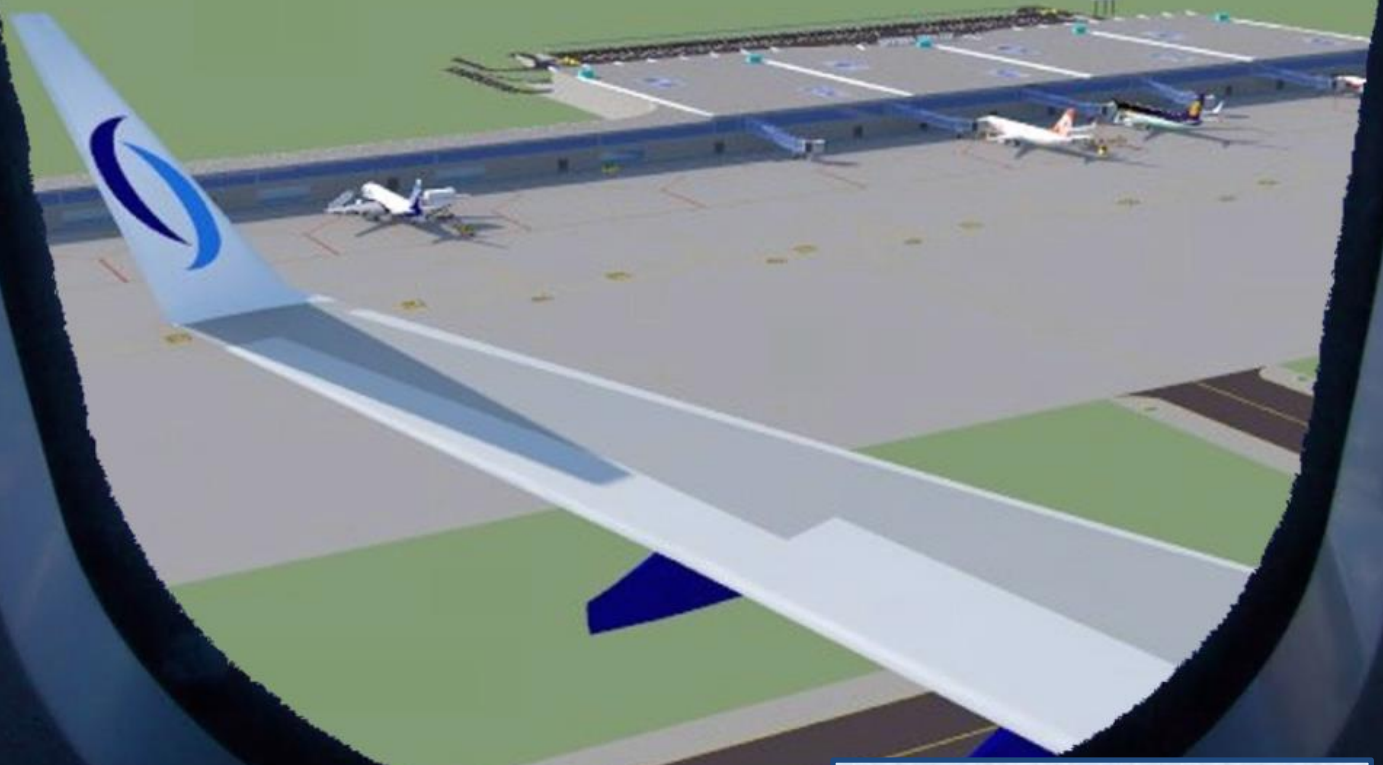


Disseny d'un aeroport: L'Aeroport de Vellore



Autor: Albert Rovira Crespo
Tutor de Recerca: Albert Roldan
Escola Pia d'Igualada
Curs 2013- 2014



El desig de volar és una idea que ens han transmès els nostres avantpassats que, en els seus viatges esgotadors a través de les terres sense camins en temps prehistòrics, miraven amb enveja les aus planejant lliurement per l'espai, a tota velocitat, per sobre de tots els obstacles, per la carretera infinita de l'aire.

Wilbur Wright



1.Introducció

Un dels grans somnis de l'home sempre ha sigut volar. Amb la imaginació d'un geni com Leonardo da Vinci i l'enginy i valentia de Santos Dumont i dels germans Wright l'home va aconseguir superar aquesta barrera enlairant-se per primer cop en una aeronau amb motor a principis del segle XX.

En algun moment tots ens hem sentit captivats en veure un avió volant sobre els nostres caps i alguns de nosaltres hem continuat indagant sobre la màgia de volar.

Aquesta passió per l'aviació i la premissa que era un treball d'estudi poc recurrent em va fer plantejar que seria la meua elecció prioritària, deixant de banda els altres temes que també m'interessaven. D'entrada fer un estudi sobre els avions requeria uns coneixements tècnics als quals jo encara no tinc la preparació adequada. Llavors em vaig decidir a fer un estudi sobre el disseny d'un aeroport ja que el seu desenvolupament era més factible. Tot i seguir sent un tema complex, des del primer moment, vaig saber que si m'hi dedicava incansablement i mantenia l'interès aconseguiria el meu objectiu. La relació que tenia amb l'arquitectura i el disseny, dos temes que trobo atractius, va ser una altre punt a favor que em va fer acabar decantant per aquest tema.

L'objectiu d'aquest treball és dissenyar un aeroport. El lloc triat per la seva ubicació és l'Índia, un país en ple creixement econòmic i per tant amb necessitat de noves rutes aèries per la seva expansió.

Per l'elaboració del treball he tingut en compte els factors socials, ambientals, econòmics i tècnics que fonamenten la creació d'un aeroport amb la intenció que el projecte es pogués aplicar a la realitat. Cal esmentar que totes les dades utilitzades estan extretes de fonts reals i fiables i a partir d'elles s'han fet les suposicions, previsions i càlculs.

El treball està estructurat en dos grans blocs. Una part basada en fonaments purament teòrics relacionats amb el món aeronàutic i aeroportuari i l'altra on a partir d'uns principis es realitzen càlculs i aplicacions dels mateixos.



També s'ha dut a terme un disseny en tres dimensions de totes les parts de l'aeroport. Els seus resultats es poden anar trobant a dins del cos del treball en forma d'imatges que ajuden a complementar i a entendre les explicacions, però la seva gran part es podrà apreciar a l'annex.

Espero que sigui força interessant als lectors/es.

Benvinguts a la visita per les instal·lacions del nou Aeroport de Vellore!



Fonaments teòrics pel disseny d'un aeroport

2. Aeroports

2.1. Què és un aeroport?

Segons l'Enciclopèdia Catalana: *Aeròdrom proveït d'instal·lacions i de serveis permanents que assisteixen amb regularitat el trànsit aeri.*

Segons la Real Academia Española: *Terreny pla proveïgut d'un conjunt de pistes, instal·lacions i serveis destinats al trànsit regular d'avions.*

2.2. Funcions dels aeroports

Un aeroport té moltes funcions, unes quantes d'elles són l'aterratge i l'enlairament d'aeronaus, moviment de passatgers, equipatges i mercaderies, re-abastiment de combustible, manteniment d'aeronaus o lloc d'estacionament per aquestes.

2.3. Tipus d'aeroports¹

2.3.1. Segons el tipus d'activitat

Tipus	Activitat	Característiques	Exemples d'avions i aeroports
Aviació esportiva	Activitats de lleure (vol sense motor, paracaigudisme, globus...).	Una pista d'herba o pavimentada de $\approx 1\text{Km}$. Plataforma sense marques individuals i connectada a la pista per rodament transversal. Hangars, pàrquings privats i locals.	Avions acrobàtics, globus aerostàtics, planadors, i avionetes de pistó. Aeroports com l'aeròdrom d'Òdena.

¹ Segons l'OACI.



Suport a serveis públics	Re-abastiment, equipament antiincendis, manteniment, fumigació...	Una pista d'herba, terra o paviment de $\approx 1\text{Km}$. Plataforma annexada a pista. Poques instal·lacions i restringit al públic.	Avions de suport (Air Tractor). Aeroports com el de Lladurs o Calaf
Aviació General	Aviació corporativa, policia, bombers i ambulàncies aèries, formació i vols turístics	Pista pavimentada de $\approx 1.5\text{Km}$ Plataforma dividida segons tipus d'aeronaus i unida a pista per rodaments paral·lels i transversals. Té IFR i torre de control. Hangars i pàrquings privats, locals socials i subministrament de carburant.	Avions turbohèlix (Cessna i Piper), petits jets (Embraer) i helicòpters. Aeroports com el de Sabadell.
Càrrega aèria	Ús principal o exclusiu per càrrega aèria.	Pista pavimentada de $\approx 4.5\text{Km}$. Plataforma amb posicions d'estacionament remot. Molls de càrrega i descàrrega. Accés directe a les principals vies terrestres (autopista i tren).	Avions de carga (A340, B777, Antonov i Beluga). Aeroports com el de Vitoria.
Aviació comercial	Vols comercials (transport de passatgers). També pot tenir càrrega aèria.	Múltiples pistes pavimentades fins $\approx 4\text{Km}$. Plataforma amb posicions d'estacionament en contacte i remotes, rodament paral·lel i transversals, carrers de sortida ràpida, llocs d'espera i vies de servei. Terminal de passatgers, hangars de companyies i espais de handling. Té una zona intermodal (metro, tren, bus...)	Aeronaus comercials (Airbus, Boeing, MD...) Aeroports com el de Barcelona.



2.3.2.Segons el trànsit

Tipus	Activitat	Característiques	Exemples d'avions i aeroports
Corporatiu	<p>Vols de negocis, turístics i aerotaxi.</p> <p>Activitat continua amb freqüències altes en esdeveniments puntuals.</p>	<p>Pista pavimentada de $\approx 2\text{Km}$.</p> <p>Plataforma amb posició d'estacionament remot, rodament i carrils sortida ràpida.</p> <p>Hangars, centres de manteniment i empreses gestores de flota.</p> <p>Terminal corporativa, llançadores a hotels, taxis d'empresa...</p>	<p>Jets privats (Gulfstream, Cessna, Embraer).</p> <p>Aeroports com el de ciutat de Londres o el de Santa Monica.</p>
Regional	<p>Vols amb enllaços a aeroports domèstics i alguns internacionals.</p> <p>Activitat baixa i continua amb puntes en època de vacances.</p>	<p>Una pista pavimentada de $\approx 3\text{Km}$.</p> <p>Plataforma amb estacionament remot.</p> <p>Rodament paral·lel i carrils de sortida ràpids.</p> <p>Terminal petita, pocs hangars.</p>	<p>Aeronaus turbohèlix comercials (Fokker, ATR), petits jets (CRJ) i avions comercials de fuselatge estret (A320, B737, MD-80).</p> <p>Aeroports com el d'Almeria o Granada.</p>
Turístic	<p>Vols turístics regulars low-cost i charter d'origen nacional i internacional.</p> <p>Increment d'activitat en època de vacances.</p>	<p>Una o dues pistes pavimentades de $\approx 4\text{Km}$.</p> <p>Plataforma amb estacionament remot i en contacte.</p> <p>Rodament paral·lel i carrils de sortida ràpida.</p> <p>Terminal a dos nivells, ampla zona comercial, pàrquing de llarga estada i pocs hangars.</p>	<p>Avions comercials de fuselatge estret (A320, B737, MD-80) i de fuselatge ample (B777, A340, B767).</p> <p>Totes les aeronaus amb configuració d'alta densitat.</p> <p>Aeroports com el de Eivissa i Alacant.</p>



Low-cost	Vols regulars explotats per una companyia low-cost amb rutes principalment internacionals. Lleuger increment de trànsit a l'estiu.	Pista pavimentada de ≈ 3 Km. Plataforma amb estacionament remot. Rodament paral·lel i carrils de sortida ràpida en alguns casos. Terminal a un nivell, sense sales VIP i auto check-in. Taxi, bus i vehicles privats.	Avions comercials de fuselatge estret (A320, B737, MD-80) Aeroports com el de Girona o Reus.
Hub	Tota classe de vols comercials amb caràcter hub. Activitat contínua i alta.	Dues o més pistes pavimentades ≈ 4 Km. Plataformes amb posicions remotes i de contacte. Rodament paral·lel, carrils de sortida ràpida i vies de servei. Terminals de 2 o més nivells, extensa zona comercial, edificis satèl·lit i connexió entre ells en tren o metro. Es pot considerar com una ciutat aeroportuària.	El poden utilitzar tot tipus d'aeronaus (des de jet privat fins a A380 o B747).

2.4. Adaptacions dels aeroports

En els principis de l'aviació els requeriments de les aeronaus per enlairar-se i aterrar eren molt baixos.

L'evolució de les aeronaus ha fet que els aeroports s'hagin hagut d'anar adaptant als nous models d'avió que hi ha al mercat.

Per això s'ha de tenir en compte les característiques dels avions que hi volaran:

- Dimensions:
 - Envergadura (de punta d'ala a punta d'ala).
 - Longitud (de nas a cua)



- Ample del fuselatge.
- Envergadura de l'estabilitzador horitzontal.
- Envergadura del tren d'aterratge.
- Masses màximes:
 - EW → *Empty Weight*: L'avió i els instruments.
 - OEW → *Operational Empty Weight*: L'avió buit amb els instruments i la tripulació.
 - TOEW → *Take-Off Empty Weight*: $OEW + FW$ (fuel weight)
 - TOW → *Take-Off Weight*: $TOEW + PL$ (payload)
 - MSW → *Maximum Stationary Weight*: $OEW +$ el màxim de la suma de la massa de combustible i payload.
 - MTOW → *Maximum Take-Off Weight*: Massa màxima d'enlairament.
 - MLW → *Maximum Landing Weight*: Massa màxima d'aterratge.
- Característiques operatives
 - Velocitat.
 - Passatgers.
 - Longitud d'etapa màxima/càrrega màxima (corbes payload/range).
 - Longitud de camp de referencia (LCR).



3. Normativa aeroportuària

3.1. L'Organització de l'Aviació Civil Internacional

3.1.1. Què és?

L'Organització de l'Aviació Civil Internacional (OACI) és una agència de l'Organització de les Nacions Unides que va ser creada per tal d'estudiar els problemes de l'aviació civil internacional i promoure reglaments i normes úniques en l'aeronàutica mundial.



Bandera de l'OACI.
Font: icao.int

Va ser fundada el 1944 per la Convenció de Chicago sobre l'aviació civil.

En els seus inicis estava representada per 26 estats membres, però actualment ja en són 190.

3.1.2. Objectius

Els fins i objectius de l'Organització són desenvolupar els principis i tècniques de la navegació aèria internacional i fomentar l'organització i el desenvolupament del transport aeri internacional, per:

- aconseguir el desenvolupament segur i ordenat de l'aviació civil internacional a tot el món.
- fomentar les tècniques de disseny i maneig d'aeronaus per a fins pacífics.
- estimular el desenvolupament de vies aèries, aeroports, instal·lacions i serveis de navegació aèria per a l'aviació civil internacional.
- satisfer les necessitats dels pobles del món respecte un transport aeri segur, regular, eficaç i econòmic.
- evitar el malbaratament econòmic produït per una competència excessiva.
- assegurar que es respectin plenament els drets dels estats contractants i que cada un d'aquests tingui oportunitats equitatives d'explotar empreses de transport aeri internacional.
- evitar la discriminació entre estats contractants.



- promoure la seguretat de vol en la navegació aèria internacional.
- promoure, en general, el desenvolupament de l'aeronàutica civil internacional en tots els seus aspectes.

3.1.3.Òrgans de suport

L'OACI té un Consell Executiu amb 36 membres que representen els estats més importants. Aquest consell té diferents òrgans auxiliars com:

- Comissió d'aeronavegació.
- Comitè de transport aeri.
- Comitè jurídic.
- Comitè d'ajuda a serveis de navegació aèria.
- Comitè de finances.
- Comitè sobre interferències il·lícites.
- Comitè de personal.
- Comitè de cooperació tècnica.

3.1.4.Documents

El 1951 el Consell Executiu va començar a imposar normes i recomanacions. Aquestes es troben en els annexos publicats per l'OACI. N'hi ha divuit de diferents, com per exemple, el d'operacions d'aeronaus, el de telecomunicacions o el de busca i salvament, però sens dubte el més important en la creació o el disseny d'un aeroport és el d'aeròdroms (Annex 14).

A part dels annexos amb normes i recomanacions, l'OACI, també publica procediments pels serveis de navegació aèria, manuals tècnics, estadístiques, plans, material formatiu i informatiu, i un bolletí mensual.

3.1.4.1.L'Annex 14

Les normes i mètodes recomanats referents als aeròdroms es troben a l'annex 14. Aquest consta de dues parts:

1. Disseny i operacions d'aeròdroms.
2. Heliports.



Dins d'aquestes parts es disposa en normes (especificacions de caràcter obligatori) i mètodes recomanats (especificacions que seria positiu que es complissin però no són de caràcter obligatori).

3.2.Certificació d'aeroports

Segons l'OACI, les autoritats competents de cada estat són les que hauran d'atorgar el certificat als aeroports d'us civil conforme compleixen les normes.

La certificació d'un aeroport indica que compleix les normes i recomanacions de l'annex 14 de l'OACI, que pertany a un operador aeroportuari organitzat que garanteix les operacions amb condicions de seguretat, i que té un sistema de gestió de seguretat.

Per aconseguir la certificació s'han de presentar dos documents: l'organització de l'operador aeroportuari i el manual de l'aeròdrom.

El pla director és un document oficial en que els responsables reflecteixen les seves intencions pel futur de l'aeroport a llarg termini.

El pla director d'un aeroport té diverses funcions:

-

Exemple de pla director.
Font: AENA

El pla director es divideix en cinc parts:

1. Determinació de les necessitats aeroportuàries:
 - Recollida de dades de l'àrea d'influència (entorn físic, infraestructures existents, dades de fauna i flora, edificacions afectades, dades socioeconòmiques).
 - Previsions de trànsit (passatgers, aeronaus, càrrega aèria).
 - Anàlisi capacitat/demanda.
2. Selecció de l'emplaçament:



- Factors tècnics (climatologia, topografia, orografia, etc.).
 - Factors econòmics (costos d'adquisició de terrenys, d'inversió, d'explotació, etc.).
3. Definició de la configuració i desenvolupament de l'aeroport:
- Recull textual i gràfic de les parts més importants (pistes, carrers de rodament, terminals, etc.).
 - Definició d'altres instal·lacions (torre de control, accessos, tractament d'aigües, serveis de salvament i d'extinció d'incendis, etc.).
4. Afectacions sobre l'entorn (impacte ecològic, integració territorial, etc.).
5. Anàlisi de la inversió econòmica i programació del desenvolupament (anàlisi dels costos de construcció i avaluació dels beneficis econòmics).

4.3.El Sistema General Aeroportuari

El Sistema General Aeroportuari (SGA) comprèn el conjunt d'un aeroport i la seva zona de servei i es defineix en el pla director.

La zona de servei es divideix en:

- Subsistema de Moviment d'Aeronaus (SMA): És el costat aire d'un aeroport i consta dels camps de vol i les plataformes d'estacionament de les aeronaus.
- Subsistema de Activitats Aeroportuàries (SAA): És el costat terra d'un aeroport i consta de la terminal, els serveis complementaris, els accessos i els aparcaments.
- Zona de Reserva Aeroportuària: És la zona que està destinada i reservada a futures ampliacions.



5.Afectacions ambientals

5.1.Compatibilitat aeroport - medi ambient

Com és lògic la construcció o ampliació d'un aeroport té uns efectes positius (per això es fa), però també genera efectes negatius directes o indirectes sobre el medi ambient.

Els exemples bàsics d'efectes negatius que pot generar són l'afectació de àrees naturals i habitats d'animals, la contaminació i l'encariment del nivell de vida de les persones que hi viuen a prop.



Impacte ambiental de l'aeroport de Barajas
Font: elblogdelvuelo.es

A causa d'això és necessari realitzar un estudi d'impacte ambiental en la planificació de l'aeroport, que ha de ser aprovat per l'organisme competent. Perquè sigui així cal presentar mesures ambientals protectores, correctores o compensatòries.

Durant les obres de construcció o ampliació serà necessari disposar d'un Pla de Vigilància Ambiental per tal de minimitzar els efectes negatius.

5.2.Tipus d'afectacions

Els tipus d'afectacions ambientals següents es poden produir durant l'obra (moviments de terres, vibracions per explosius, trànsit de maquinària, etc.) o bé durant la fase d'explotació de l'aeroport (abocaments, filtracions líquides, emissions de les aeronaus, etc.).

5.2.1.Incidència territorial

Els principals efectes que caldrà tenir en compte seran la necessitat de definir les superfícies lliures d'obstacles, l'impacte acústic, les vies d'accés i els serveis i les superfícies protectores per possibles ampliacions.



5.2.2.Necessitat de terrenys

La creació d'un aeroport obliga a disposar d'uns terrenys que poden ser més grans o petits depenent de la demanda de trànsit, de la longitud de pista, del tipus d'ajudes que tindrà, del tipus d'aeroport que serà i del seu desenvolupament.

5.2.3.Contaminació del medi físic

El medi físic pot ser contaminat per residus sòlids, per abocaments líquids de combustibles o olis i per fertilitzants i insecticides. Per reduir la contaminació serà necessari organitzar recollides selectives de residus i crear plantes depuradores.

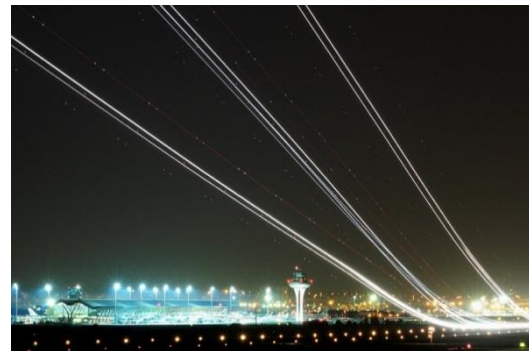
5.2.4.Pol·lució de l'aire

Les aeronaus desprenen multitud de gasos i partícules contaminants, com també els vehicles terrestres, la maquinària industrial, les plantes tèrmiques i incineradores o la climatització.

En un aeroport sempre és necessari fer mesuraments sistemàtics del nivell de contaminació de l'aire.

5.2.5.Contaminació lluminosa

La gran zona que ocupa un aeroport està plena de tot tipus de llums que generen resplendor al cel, llum intrusa (llum a nivells molestos que il·lumina més zona de la que s'havia previst), enlluernament als pilots i conductors de vehicles i malbaratament energètic.



Contaminació lluminosa
Font: skyscrapercity.com

5.2.6.Contaminació acústica

La contaminació acústica provoca interferència en la comunicació parlada, alteració del son, incidències sobre el treball...

El soroll de l'aeroport depèn dels sorolls ambientals i fluctua en els períodes diürns i nocturns.



5.2.7. Afectacions sobre la flora i la fauna

La construcció d'un aeroport pot fer desaparèixer l'hàbitat d'espècies animals i vegetals.

Cal vigilar amb les aus ja que suposen un risc per les aeronaus. Altres animals com petits mamífers, rèptils i insectes es poden adaptar ràpidament al nou entorn.

5.2.8. Impacte arqueològic

Durant la planificació de l'aeroport s'ha de fer un estudi sobre les possibles afectacions ambientals que hi podria haver en el patrimoni històric dels voltants, o bé, en els jaciments arqueològics. En alguns casos s'haurà de modificar el projecte però en altres es podran conservar protegits.

5.3. Avaluació de les afectacions

Per avaluar les afectacions de l'aeroport cal tenir en compte l'estat ambiental previ a la construcció de l'aeroport.

Segons el grau d'impacte, les afectacions, es classifiquen en:

- Compatibles: En parar la incidència es recupera l'estat inicial.
- Moderades: Recuperació amb el temps.
- Severes: Efectes greus que necessiten accions enèrgiques i amplis períodes de temps per a la seva correcció.
- Críiques: Efectes irreversibles.

Les mesures de vigilància s'aplicaran a totes les afectacions i les correctores només a les afectacions moderades, severes i críiques.



5.4.Mesures correctores

Les mesures correctores s'apliquen per tal d'evitar o minimitzar els impactes ambientals.

N'hi ha moltes però totes són bastant lògiques. Per exemple: recobriment de zones modificades amb vegetació autòctona, trasllat de colònies animals, utilització de vehicles amb combustibles sense plom, orientació de les pistes per evitar passar per sobre els nuclis de població, limitació de vols en horari nocturn...



L'aeroport de Màlaga respecta el medi ambient
Font: aena-aeropuertos.es



6.Sistema d'aterratge instrumental

6.1.Caracteristiques generals

El sistema d'aterratge instrumental o ILS (*Instrumental Landing System*) és el sistema d'ajuda i d'aproximació més famós i més utilitzat per les aeronaus comercials.

Mentre que existeixen altres ajudes d'aproximació de no precisió com el VOR o el NDB, l'ILS es una ajuda de precisió que permet que l'avió sigui guiat en la seva aproximació a la pista d'aterratge, fent que en alguns casos pugui fer la maniobra d'aterratge ell sol.

6.2.Categories d'aproximació

Normalment, l'ILS, guia al pilot fins a uns 200 peus sobre el terreny, moment en que el pilot ja té les suficients ajudes visuals per poder aterrar (ILS Cat. 1).

Segons les condicions meteorològiques s'estableixen diferents categories d'aproximacions de precisió:

- Cat 1 → Abast visual de 550m i alçada de decisió 60m.
- Cat 2 → Abast visual de 350m i alçada de decisió 30m.
- Cat 3A → Abast visual de 200m i alçada de decisió menor a 30m.
- Cat 3B → Abast visual 50m i alçada de decisió menor a 15m.
- Cat 3C → Abast visual de 0m i alçada de decisió 0m.

Quan es fa una aterratge d'una categoria determinada (p.e. Cat 3B) amb ILS, es diu que s'ha fet un aterratge ILS Cat 3.

L'ILS de categoria 1 es considera un sistema estàndard que es pot trobar en la majoria d'aeroports que acullin vols comercials.

Els ILS de categories 2 i 3 són sistemes més avançats instal·lats en grans aeroports o en alguns on habitualment hi ha males condicions de visibilitat. A més a més tan la tripulació com les aeronaus que utilitzen aquest sistema necessiten certificats especials.



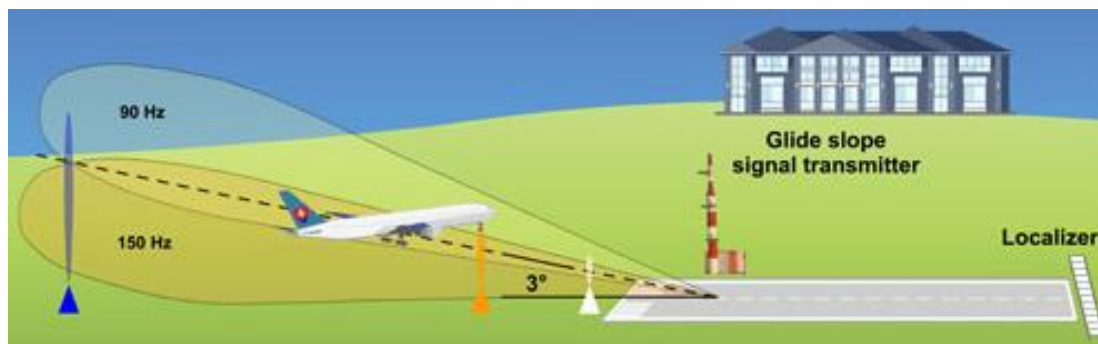
6.3.Funcionament

El seu funcionament es compon de dues senyals de freqüència radioelèctrica, una ens proporciona guia lateral i l'altra guia vertical. Com que aquestes freqüències estan aparellades només cal sintonitzar-ne una per rebre els dos senyals.

L'equip emissor consta d'un grup d'antenes situades a uns 300m de la pista que donen el senyal del localitzador lateral, i una antena transmissora dels senyals del sender de planejament situada pels voltants de la zona de contacte que dona la posició vertical.

A més tota la informació anterior, la freqüència del localitzador transmet un codi Morse que permet als pilots comprovar que el sistema està operatiu.

Associat a l'ILS també trobem un DME² que informa al pilot a quina part del sender de planejament es troba (interior, mitjana o exterior) mitjançant senyals acústics en codi Morse i visuals.



Funcionament de l'ILS.

² Distance Measuring Equipment: Sistema electrònic que permet saber la distància que hi ha entre ell i una estació emissora.



L'Aeroport de Vellore

7.Emplaçament

El nostre projecte d'aeroport anirà situat a Vellore (Índia). A continuació explicarem els motius pels quals hem decidit emplaçar-lo en aquella zona.

7.1.Motius d'emplaçament a l'Índia

7.1.1.Informacions generals

La República de l'Índia és un Estat situat al sud de l'Àsia. És el setè país més gran del món en superfície (3,287,590 km²) i el segon més poblat (1.210.569.573 habitants).

L'Índia és una nació plural, multilingüe i multi ètnica. Les dos llengües oficials de comunicació amb el govern són l'indi i l'anglès, però té 22 llengües oficials més.

Tot i que les seves reformes econòmiques l'han transformada en l'economia amb el segon ritme de creixement més ràpid a nivell mundial, té nivells molt elevats de pobresa, analfabetisme i malnutrició.

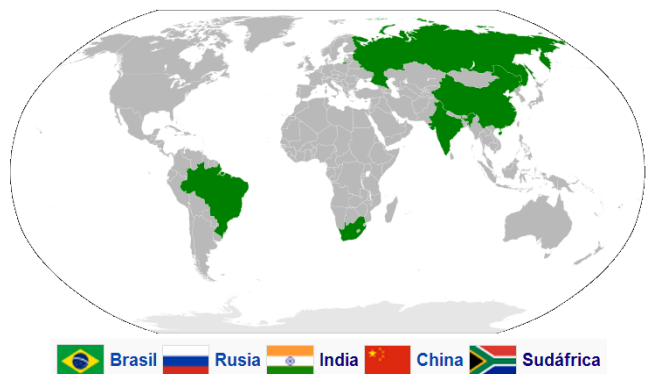
7.1.2.Motius econòmics

El motiu pel qual hem decidit desenvolupar el nostre projecte d'aeroport a l'Índia és bàsicament econòmic, que com a conseqüència genera demanda.

Actualment, Índia és un país amb una gran expansió econòmica i una futura potència mundial. Juntament amb Brasil, Rússia, Xina i Sud-àfrica, forma part del BRICS.

Aquests països tenen en comú:

- gran població
- enorme territori (dimensions estratègiques continentals i una gegantesca quantitat de recursos naturals)
- alt creixement del seu PIB



Font: Wikipedia



- participació en el comerç mundial en els últims anys
- atractius com a destí d'inversions

Tots els aspectes anteriors són enormement claus per la seva expansió econòmica però el millor indicador es el Producte Interior Brut (PIB).

Segons el PIB, l'economia de l'Índia és la dotzena més gran del món, però tenint en compte el Producte Interior Brut en paritat de poder adquisitiu³ és la quarta més gran del món.

En la següent taula podem veure la previsió pel 2050 del Top 5 mundial de països amb el PIB més gran. Les dades estan en US\$ milions de dòlars.

Segons la previsió, al 2015, l'Índia es situaria vuitena, al 2020 sisena, al 2025 quarta i del 2030 i fins l'any 2050 es situaria tercera mundial amb tots els països del G7, excepte Estats Units, per darrere.

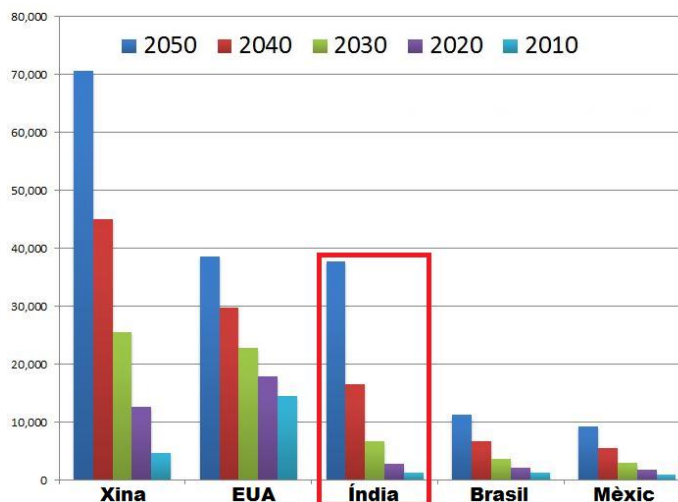
Cal destacar el creixement percentual d'aquest país ja que entre el 2010 i el 2050 agafa una xifra de 4.143%.

Rango 2050	País	2050	2045	2040	2035	2030	2025	2020	2015	2010	2006	Crecimiento 2050/2010
1	China	70.710.000	57.310.000	45.022.000	34.348.000	25.610.000	18.437.000	12.630.000	8.133.000	4.667.000	2.682.000	2.636%
2	Estados Unidos	38.514.000	33.904.000	29.823.000	26.097.000	22.817.000	20.087.000	17.978.000	16.194.000	14.535.000	13.245.000	290%
3	India	37.668.000	25.278.000	16.510.000	10.514.000	6.683.000	4.316.000	2.848.000	1.900.000	1.256.000	909.000	4.143%
4	Brasil	11.366.000	8.740.000	6.631.000	4.963.000	3.720.000	2.831.000	2.194.000	1.720.000	1.346.000	1.064.000	1.068%
5	México	9.340.000	7.204.000	5.471.000	4.102.000	3.068.000	2.303.000	1.742.000	1.327.000	1.009.000	851.000	1.097%

Font: Goldman Sachs

En el següent gràfic podem observar millor la pujada del PIB de l'any 2010 a l'any 2050.

També es pot veure la relativa poca diferència que hi ha amb els Estats Units (846.000 milions US\$) i la molta que hi ha amb Brasil (263.020.000 milions US\$).



Font: Goldman Sachs

³ És un tipus de PIB on es té en compte el valor monetari del país.



Aquest desenvolupament econòmic afavoreix a la qualitat de vida de la població índia però també impulsa moviment des de l'exterior, com l'increment del turisme, el comerç internacional, el trasllat d'empreses cap al país o el creixement de les nacionals...

Totes aquestes conseqüències del desenvolupament econòmic en generen una altra: el moviment nacional (generalment aeri ja que l'Índia és molt gran) i l'internacional (trànsit de persones → totalment aeri - transit de mercaderies → aeri i marítim).

Com podem veure, l'expansió de l'Índia generarà molta demanda de trànsit aeri. Aquest és el principal motiu pel que hem decidit fer el projecte d'aeroport en aquest país.

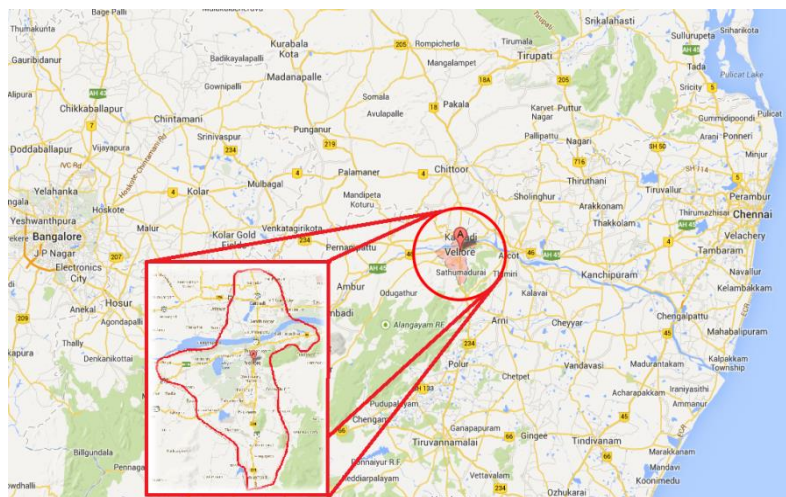
7.2.Motius d'emplaçament a Vellore

7.2.1.Informacions generals

Vellore és una ciutat situada al sud-est de l'Índia. És la seu administrativa del districte de Vellore pertanyent a l'estat de Tamil Nadu amb capital a Chennai.

Té una població de 501.966 habitants, una superfície de 393 km² i es troba a 216 metres d'altura.

Aquesta ciutat té un clima sec i càlid. Hi plou uns 56 dies l'any amb una quantitat anual de 1.000 litres/m². La mitjana anual de temperatures mínimes és 22,7°C i la de temperatures màximes és 33,5°C.



Ubicació de Vellore.
Font: Google Maps

El transport públic a Vellore està ben desenvolupat. La ciutat disposa de dos estacions de bus que connecten amb més de 25 ciutats del sud d'Índia. També té tres estacions de tren amb enllaços directes fins a més de 35 ciutats, entre elles Bangalore, Chennai, Nova Delhi i Mumbai.



Els aeroports més pròxims són el de Chennai i Bangalore a 130 i 200 quilòmetres respectivament.

7.2.2.Motius de demanda i localització

Els motius principals pels quals hem decidit emplaçar l'aeroport a la localitat de Vellore són principalment de demanda i de localització.

Demanda

Quan encara l'expansió econòmica està en els seus inicis els aeroports de l'Índia ja estan col·lapsats. Els aeroports més grans (de més a menys) són: Delhi, Mumbai, Chennai i Bangalore.

L'aeroport de Delhi té una capacitat per acollir 12.5 milions de persones l'any, però l'any 2012 ja en va acollir 35.881.965. Actualment s'està treballant en una ampliació pel 2015 que aconseguiria acollir-ne 60 milions l'any. La taxa de creixement és del 19,8% / any per tant l'any 2015 ja haurà arribat al 100% de la seva capacitat

L'aeroport de Mumbai té una capacitat per acollir 18,5 milions de persones l'any, però l'any 2012 ja en va acollir 30.747.841. Igual que l'anterior, s'està treballant en una ampliació que aconseguiria acollir-ne 40 milions l'any a finals del 2014. La taxa d'aquest aeroport és més baixa, concretament del 5,8% / any tot i això, l'any 2017 ja haurà arribat més de 40 milions.

L'aeroport de Chennai va acollir 7,2 milions de passatgers a la terminal de vols regionals el 2008, quan només estava preparada per acollir-ne 6. L'any 2012 va arribar a la xifra de 12.925.218 passatgers. Té un creixement d'un 7,3% anual (10,4% vols regionals i 1,5% vols internacionals). Es calcula que l'any 2016 estarà completament saturat.

L'aeroport de Bangalore ja té unes altres dimensions. Té una capacitat 11 milions de persones l'any, però el 2012 ja en va acollir 12.698.343. El seu creixement és d'un 9,5% anual per tant, si tot segueix així, l'any 2018 ja estarà al 200% de la seva capacitat.



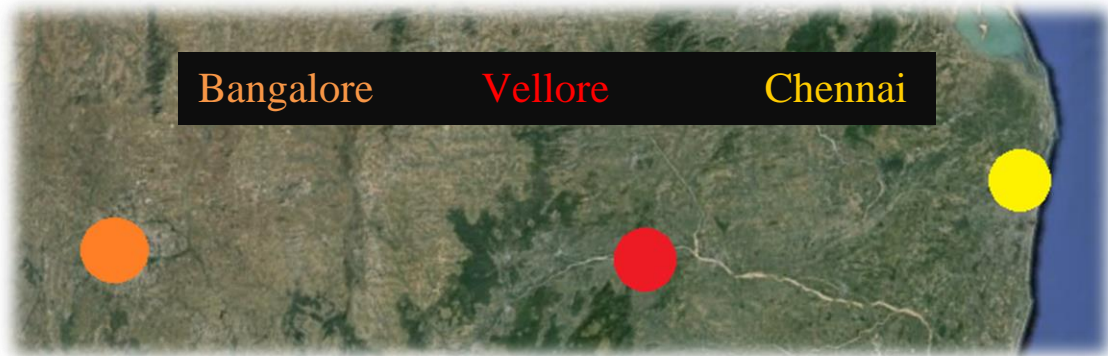
Les xifres estan basades en dades dels últims anys. Tot i això seria normal que en el moment que l'Índia es consolidés com una gran potència mundial les xifres es dupliquessin donant uns resultats molt superiors a aquests.

En els paràgrafs anteriors hem pogut veure que la demanda de vols i aeroports està pels núvols i l'oferta no la pot satisfer. Per això considerem que és una bona idea fer un aeroport nou.

També cal tenir en compte que acostumen a passar uns 7/10 anys des que es projecta un aeroport fins que hi volen avions. Per aquest motiu quan el nostre aeroport estigués construït haurien passat uns quants anys i el col·lapse seria molt major.

Localització

La localització del nostre projecte d'aeroport és purament estratègica. La localitat de Vellore es troba situada entre dos aeroports grans i saturats dels quals hem parlat abans: Chennai i Bangalore.



Situació de Vellore respecte Bangalore i Chennai.
Font: Google Maps

El nostre aeroport serà de caràcter regional, per tant farà la funció d'acollir aquests tipus de vols.

L'objectiu principal d'emplaçar el projecte a Vellore és per desviar gran part del trànsit regional de Chennai i Bangalore cap allà. D'aquesta manera es generaria espai lliure a aquests dos grans aeroports i podrien acollir vols internacionals sense necessitat d'ampliar (o no tant) les seves instal·lacions.

Altres objectius serien acollir vols regionals que actualment van a altres aeroports, crear noves rutes aèries, obrir la ciutat de Vellore a turisme o negocis...



Vellore es troba a 137 quilòmetres per carretera de Chennai (2:10 h de cotxe) i a 211 quilòmetres de Bangalore (3:15 h en cotxe). A més a més també hi ha xarxa ferroviària entre aquestes ciutats i el trajecte dura una mica menys.

També té l'aeroport de Tirupati a uns 100 quilòmetres. Aquest aeroport, a l'estar poc desenvolupat acull pocs vols i rutes.

A 12 quilòmetres de la ciutat (a prop de la zona on es situarà el nostre aeroport) hi ha un petit aeròdrom de sorra que actualment està tancat. Alguns cops s'utilitza com a entrenament tàctic pels pilots de l'exèrcit.

Creiem que també és important destacar que la xarxa de carreteres de l'Índia està poc desenvolupada i la mobilitat per carreteres és molt lenta i perillosa (2:10 hores per fer 137 quilòmetres es molt), per tant és un altre factor que afavoreix al trànsit aeri.



8.Aeronau determinant

L'aeronau determinant és aquella que operarà amb més freqüència a la pista o la més exigent d'aquelles que ho faran.

Aplicació: Després de fer un petit estudi de les aeronaus utilitzades per les companyies de vols regionals a l'Índia podem veure que la més utilitzada és el *Boeing 737-800 Next Generation* (B737-800NG).

8.1.Boeing 737

El Boeing 737 és un avió a reacció de passatgers, de fuselatge estret i de curt/mig abast.



Boeing 737-800 d'Air Índia
Font: airliners.net

El primer 737 va entrar en funcionament l'any 1968. Actualment és l'avió de passatgers amb més unitats venudes de la història de la aviació (7.457 aeronaus).

Aquest avió té nou variants diferents, quatre de les quals estan actualment en fabricació (Sèrie *Next Generation*). Aquest és el cas de l'aeronau determinant del projecte d'aeroport, la variant -800.

8.2.Boeing 737-800NG

La variant -800 és una extensió del fuselatge respecte totes les anteriors. Va entrar en funcionament l'any 1898 i és la principal competidora amb l'*Airbus A320*.

8.2.1.Dades útils

A continuació tenim una sèrie de dades de l'aeronau determinant que ens donaran informació i ens seran útils en els següents apartats.

- Passatgers: 162 (dividit en 2 classes) i 189 (dividit en 1 classe)
- Longitud: 39,5 metres.
- Envergadura: 35,8 metres.
- Altura: 12,5 metres.



- Amplada exterior del tren d'aterratge principal: 5,72 metres.
- Capacitat de combustible: 26.020 litres.
- Pes màxim d'enlairament (MTOW): 79.010 kg.
- Pes màxim d'aterratge (MLW): 66.361 kg.
- Longitud del camp de referència (LCR): 2256 metres.
- Pes en buit de l'avió (OEW): 41.413 kg.

8.2.2.Imatges:

A la *figura 1* de l'annex podem observar uns dibuixos esquemàtics amb les mides bàsiques de l'aeronau determinant.



9.Previsions de trànsit

Les previsions de trànsit en un aeroport són un factor clau a l'hora de determinar els requeriments de capacitat.

És necessari fer previsions de trànsit a curt, mig i llarg termini.

9.1.Metodologia

Es poden elaborar previsions de trànsit a partir de molts mètodes diferents. A continuació en tenim alguns dels més utilitzats.

9.1.1.Mitjançant sèries històriques

Aquesta és una tècnica que s'aplica a aeroports ja existents i consisteix a fer un estudi a partir d'una base de dades històriques que permetran veure com ha estat el seu creixement en el passat i com serà en el seu futur.

9.1.2.Mitjançant tècniques qualitatives

Aquesta tècnica s'utilitza en la creació de nous aeroports. Es fa la previsió a partir del mercat aeri, les estratègies entre companyies aèries, la competitivitat entre aeroports o altres mitjans de transport...

9.1.3.Mitjançant mètodes causals

Aquest mètode és utilitzat en aeroports ja existents o en la creació de nous aeroports. Consisteix en identificar i estudiar les variants socioeconòmiques que influeixen en el creixement o el decreixement del trànsit.

9.1.4.Altres mètodes

El mètode que utilitzarem per fer les previsions de trànsit al nostre aeroport pertany a aquest grup i es coneix com els “models gravitacionals”



Els model gravitacionals s'apliquen en nous aeroports i es basen en la predicció de passatgers en noves rutes. A continuació desenvoluparem més detalladament la metodologia.

9.2.Els models gravitacionals

Per tal de predir el volum de passatgers en una ruta nova de la qual no es disposa de dades històriques, aplicar anàlisis basats en tendències històriques no és possible.

En aquests casos es poden aplicar mètodes qualitatiu com estudis de mercat, o un tipus especial de mètode quantitatiu anomenat models gravitacionals.

Els models gravitacionals diuen que la interacció social, i per tant el trànsit aeri, es basa en la mateixa llei fonamental en la que es basa l'acceleració de la gravetat.

El model gravitacional més simple suggereix que el tràfic aeri és directament proporcional al producte de les poblacions d'origen i de destí de la ruta, i inversament proporcional a la distància que separa aquests dos punts.

De forma matemàtica es pot expressar com:

$$T_{ij} = K \cdot \frac{P_i \cdot P_j}{D_{ij}}$$

On:

- T_{ij} és el trànsit entre i i j
- P_i és la població en i
- P_j és la població en j
- D_{ij} és la distància entre i i j
- K és una constant de calibratge

Aquesta constant de calibratge K , es troba estudiant una ruta similar a la ruta de i a j , de la qual es tinguin dades de trànsit aeri.



9.3.Previsions de trànsit a Vellore

Per tal de predir el trànsit aeri a Vellore, proposem les 10 rutes més importants perquè l'aeroport pugui créixer. Aquestes rutes s'han triat en funció de la importància dels aeroports i les connexions domèstiques que faciliten. Són les indicades a la següent taula:

Aeroport Origen	Aeroport Destí	Ciutat Servida
Vellore	Indira Gandhi Intl. Airport	Delhi
Vellore	Chhatrapati Shivaji Intl. Airport	Mumbai
Vellore	Chennai Intl. Airport	Chennai
Vellore	Bengaluru Intl. Airport	Bangalore
Vellore	Netaji Subhash Chandra Bose Intl. Airport	Kolkata
Vellore	Rajiv Gandhi Intl. Airport	Hyderabad
Vellore	Cochin Intl. Airport	Kochi
Vellore	Sardar Vallabhbhai Patel Intl. Airport	Ahmedabad
Vellore	Goa Intl. Airport	Dabolim
Vellore	Pune Airport	Pune

Font : OAG Analyser

A continuació farem una previsió del trànsit aeri en cada una d'aquestes 10 rutes mitjançant els models gravitacionals desenvolupats a l'apartat anterior.

9.3.1.Noves rutes

Per començar amb els models gravitacionals haurem de buscar un aeroport situat a una distància relativament curta per tal de buscar la constant de calibratge K . L'escollit és l'aeroport de Chennai.

També haurem de disposar de les dades de tots els vols que s'efectuen anualment des de Chennai fins als aeroports de les deu rutes més importants, juntament amb la població de l'àrea d'influència de cada ciutat (Chennai inclosa) i la distància entre Chennai i cada una d'elles.



Aquestes dades les hem obtingut introduint informació a un programa analític anomenat “OAG Analyser” que ens ha proporcionat taules de dades tècniques, una de les quals la podem veure a l'annex (*figura 2*).

Una de les moltes dades que podem extreure de les taules és la capacitat total de tots els vols (seients totals). Això no vol dir que aquests estiguin sempre plens, per aquest motiu establim un factor d'ocupació del 70% ja que de moment, a l'Índia, no podem afirmar que la demanda aconsegueix a superar l'oferta.

Per tant si una ruta té una capacitat de 1.000.000 de passatgers, el volum de passatgers estimat serà de 700.000.

Amb totes aquestes dades podem aïllar i trobar la K a partir de la fórmula dels models gravitacionals:

$$T_{ij} = K \cdot \frac{P_i \cdot P_j}{D_{ij}}$$

A continuació posarem un exemple del càlcul de la constant de calibratge entre els aeroports de Chennai i Delhi:

Població àrea Chennai: 8.696.010 hab.

Població àrea Delhi: 16.314.838 hab.

Distància Chennai-Delhi: 1757 km.

Trànsit entre les ciutats: 357749,7 passatgers.

$$357749,7 = K \cdot \frac{8696010 \cdot 16314838}{1757}$$

$$K = 4,4305 \cdot 10^{-6} \frac{\text{passatgers} \cdot \text{km}}{\text{habitants}^2}$$



Ara que ja hem trobat la constant, ja podem aplicar la fórmula per tal de trobar el trànsit amb les dades de Vellore de la següent manera:

Població àrea Vellore: 900.000 hab.

Població àrea Delhi: 16.314.838 hab.

Distància Vellore-Delhi: 1085 km.

Constant de la ruta: $4,4305 \cdot 10^{-6} \frac{\text{passatgers} \cdot \text{km}}{\text{habitants}^2}$

$$T_{ij} = 4,4305 \cdot 10^{-6} \cdot \frac{900000 \cdot 16314838}{1085}$$

$$T_{ij} = 59958,157 \text{ passatgers}$$

Per saber el volum de passatgers real, el trànsit resultant s'ha de multiplicar per dos ja que el programa només analitza els vols en una direcció i l'avió torna carregat de passatgers, per tant en passen el doble.

$$\text{Volum de passatgers real} = 59958,157 \cdot 2 = 119.916 \text{ passatgers}$$

Ara que ja hem vist com es fa una previsió de passatgers haurem de fer les nou restants de la mateixa manera. Per fer-ho més ràpidament hem creat un full de càlcul "Excel" on hi hem introduït totes les dades per així obtenir les previsions de volums de passatgers de cada nova ruta i els totals.

Després d'haver fet les previsions de trànsit obtenim que 823.178 passatgers de les noves rutes del Top 10 d'aeroports visitaran el nostre aeroport (*annex figura 3*).

També hem de tenir en compte que no només es crearan noves rutes des dels deu aeroports més importants. Per aquest motiu suposarem que el trànsit resultant d'aquests deu aeroports suposarà el 70% del trànsit total que tindrem i haurem de sumar el 30% restant obtingut a partir d'aplicar aquest percentatge al resultat del total de passatgers creats en les rutes dels deu aeroports més importants.



Si apliquem l'afirmació anterior obtindrem el nombre total de passatgers que vindran de les noves rutes.

$$\frac{823128}{70} = \frac{X}{100}$$

$$X = \mathbf{1.175.968,24 \text{ passatgers creats noves rutes}}$$

9.3.2.Captacions de passatgers

Per saber les captacions de passatgers que efectua un aeroport només cal saber el nombre de passatgers que tenen els aeroports dels quals vol captar passatgers, suposar un coeficient de captació lògic (en tant per cent) i fer el percentatge entre el nombre de passatgers i el coeficient de captació.

Com que un dels motius i objectius del nostre aeroport era desviar una part del trànsit de Chennai i Bangalore aplicarem el coeficient de captació que hem suposat (coef= 30%) a aquests dos aeroports.

Passatgers anuals a Chennai (suposant ocupació del 70%): 8.807.378

Passatgers anuals a Bangalore (suposant ocupació del 70%): 9.458.796

$$\text{Captació a Chennai} = \frac{8807378 \cdot 30}{100} = \mathbf{2.642.213 \text{ passatgers}}$$

$$\text{Captació a Bangalore} = \frac{9458796 \cdot 30}{100} = \mathbf{2.837.639 \text{ passatgers}}$$



9.3.3.Previsions del trànsit total

Ara ja podem saber quants passatgers passaran pel nostre aeroport anualment segons les previsions basades en els models gravitacionals pels primers cinc anys de funcionament.

Només cal fer una suma dels creats amb els captats:

$$1175968,24 + 2642213 + 2837639 = \mathbf{6.655.820 \textit{ passatgers anuals}}$$

A l'annex (*figura 3*) podem veure detalladament les taules amb les dades i els resultats finals⁴ dels passatgers creats en les noves rutes, els captats dels aeroports de Chennai i Bangalore i els resultats totals.

El nombre de passatgers anuals que passaran pel nostre aeroport és molt positiu ja que per qualsevol nou aeroport i encara més si és de vols regionals, més de 6,5 milions de passatgers anuals és una xifra fantàstica.

També val a dir que si les previsions no varien extremadament, l'Aeroport de Vellore es consolidaria com el major aeroport de vols regionals en passatgers per any de tota l'Índia.

9.3.4.Evolució del trànsit

Des de la construcció d'un aeroport fins a complir-se les primeres previsions acostumen a passar uns 5 anys ja que s'han de firmar convenis, les companyies s'han d'implantar a l'aeroport, algunes el poden voler utilitzar com a seu...

L'any d'inici de construcció d'aquest projecte seia el 2014 i el primer vol s'acolliria el 2019.

Els cinc primers anys tindria un creixement progressiu bastant pronunciat, amb una lleugera crescuda els primers dos anys i després més forta i sobtada fins el cinquè any assolint els 6.655.820 passatgers anuals.

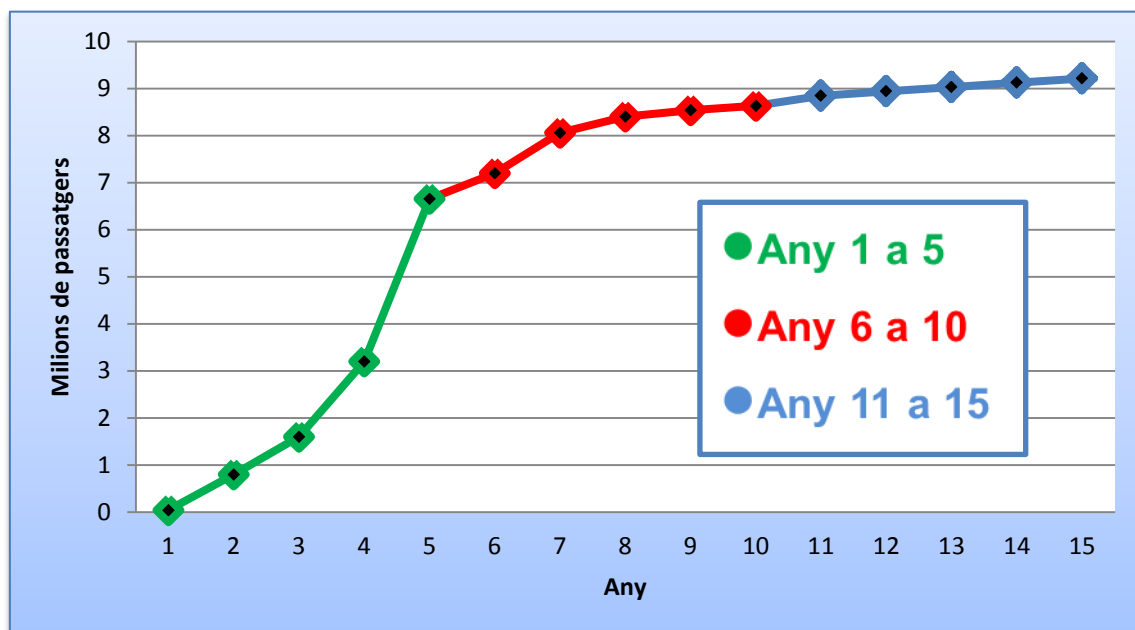
Del sisè fins al desè any tindria uns percentatges de creixement alts coincidint amb un dels suposats moments d'or de l'expansió de l'Índia.

⁴ Al CD adjunt hi podem trobar un document Excel (Previsions de transit aeri primers 5 anys) amb les dades de previsions per aquests anys.



Els següents cinc anys tindria un creixement d'1%, 2% o 3% (depenent de l'aeroport) que contribuiria a arribar als **9.212.358,217** passatgers⁵ que es preveuen per l'any 15 de funcionament (2034).

A continuació podem veure un gràfic on hi ha representades les tres etapes de creixement de l'aeroport.



Gràfic on es mostren les previsions aèries de passatgers en funció de l'any.

A l'annex (*figura 3*) hi podem veure detalladament les previsions de passatgers per l'any 15.

Els 9,2 milions de passatgers per any el situarien dins dels deu aeroports més importants de l'Índia sent només un aeroport amb operacions de caràcter regional.

⁵ Al CD adjunt hi podem trobar un document Excel (Previsions de transit aeri any 6 a 15) amb les dades de previsions per aquests anys.



10a.Meteorologia i orientació de pistes: Part teòrica

10.1.Factors que intervenen en l'elecció de l'emplaçament i l'orientació de pistes

10.1.1 Tipus d'operació

Es defineix l'aterratge com a operació més complicada i va en relació a l'abast visual⁶ de la pista i l'alçada de decisió⁷ d'aproximació.

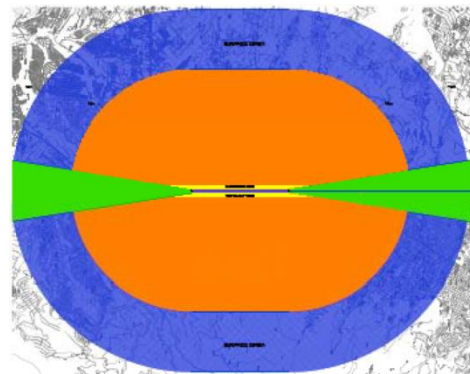
Hi ha dos tipus d'operacions:

- Aproximació visual: Amb referències del terreny i l'aeròdrom a la vista.
- Aproximació instrumental:
 - De no precisió: Senyals radioelèctriques que no inclouen la guia de trajectòria pel descens (ex. VOR).
 - De precisió: Maniobres que permeten que l'avió descendeixi sol (ex. ILS). L'aterratge de precisió pot ser Cat 1, 2, 3A, 3B, 3C.

10.1.2.Topografia de l'entorn

L'emplaçament de l'aeroport anirà en relació de:

- Les superfícies limitadores d'obstacles.
- La compatibilitat amb els usos del sòl de l'entorn (l'orientació pot provocar molèsties acústiques).
- La longitud de pista.
- Els costos de construcció.
- La possibilitat d'instal·lar ajudes visuals i no visuals per a l'aproximació.



Superfícies limitadores d'obstacles.
Font: upcommons.upc.edu

⁶ Distància que es veu de la pista des d'un extrem a 5 m. d'alçada.

⁷ Alçada a la que el pilot ha d'avortar l'aterratge si no veu la pista.



10.1.3.Trànsit aeri

Es tindrà en compte la proximitat amb altres aeroports i rutes, la densitat del trànsit i els procediments de control de trànsit aeri i d'aproximació frustrada.



Exemples de rutes aèries.
Font: landingshort.com

10.2.Planificació aeroportuària respecte la meteorologia

La meteorologia és un dels factors que influeix més en la planificació d'un aeroport ja que el principal requisit és tenir en compte la seguretat. Els principals fenòmens que intervenen en les operacions d'enlairament i aterratge són:

10.2.1.Visibilitat horitzontal

La visibilitat horitzontal pot estar reduïda per:

- Broma: Visibilitat major a 2 quilòmetres.
- Boirina: Visibilitat entre 1 i 2 quilòmetres.
- Boira: Visibilitat inferior a 1 quilòmetre.
- Calima: Presència de partícules de pols i fum que limiten la visió normal.

La formació de boira es afavorida pel microclima de l'aeroport perquè el paviment actua com acumulador de calor i sobre ell hi ha aire humit a temperatures sota zero que fan que la superfície del paviment arribi al punt de rosada.

10.2.2.Precipitacions atmosfèriques

Les precipitacions atmosfèriques (pluja, neu, etc.) poden limitar encara més la visibilitat horitzontal de l'aeroport.



A més a més poden fer que les superfícies de circulació dels avions estiguin rellescoses, per això aquestes condicions faran que la longitud de pista necessària per l'enlairament i l'aterratge incrementi.

10.2.3. Formació de gel

La formació de gel sobre les ales del avió fa perdre sustentació aerodinàmica i guanyar pes. Aquest gel s'ha d'eliminar amb diferents tractaments. En aeroports situats en zones propenses a la formació de gel cal disposar de plataformes per dur a terme aquesta finalitat.

10.2.4. Condicions de vent

El vent en contra el moviment de les aeronaus sempre es favorable ja que augmenta la sustentació en l'enlairament i ajuda a la frenada dels avions en l'aterratge.

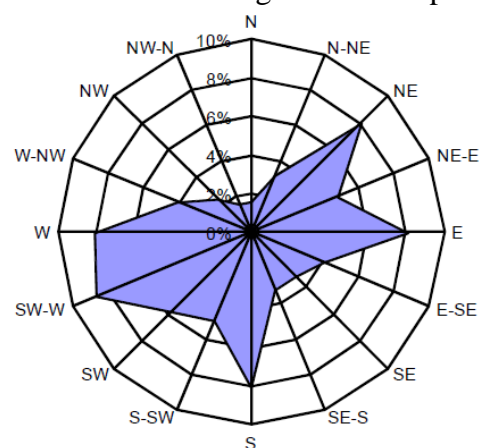
En un aeroport cal disposar de pistes encarades cap els vents dominants (la direcció més freqüent en que bufa el vent) evitant el vent creuat i el vent de cua.

10.3. Nombre i orientació de pistes segons el vent

L'OACI dona uns valors màxims de vent transversal en funció de la Longitud de Camp de Referència (LCR) de l'aeronau determinant.

El coeficient d'utilització de l'aeroport és el percentatge de temps en que una pista és utilitzable dins dels marges màxims de vent transversal.

El nombre i orientació de pistes ha de fer que el coeficient d'utilització de l'aeroport sigui major al 95%. Si amb una pista no és possible complir aquest 95% se n'haurà de construir una altra de creuada.



Exemple de rosa dels vents.
Font: ingenieriaaeroportuària.es



10.3.1. Metodologia per fer un estudi dels vents

Cal fer un anàlisi de vents amb dades estadístiques de intensitat i direcció del vent durant 5 anys i amb 8 mesures al dia. Si no es disposa de les dades mesurades en la pròpia ubicació es poden utilitzar mesures d'observatoris propers.

Els vents s'agrupen en 16 sectors de 22.5° cadascun.

S'elabora un diagrama de rosa del vents indicant la intensitat del vent de cada una d'aquestes 16 direccions.

Finalment, amb l'ajuda de diagrames de freqüències, es calculen els coeficients d'utilització de cada pista.

10.3.2. Els diagrames de freqüències i la seva utilització

Els valors màxims de components de vent transversals en funció de la Longitud del Camp de Referència de l'aeronau determinant són (segons l'OACI):

- $LCR > 1500m \rightarrow 37km/h$ o 20 nusos.
- $1500m > LCR > 1200m \rightarrow 24 km/h$ o 13 nusos.
- $LCR < 1200m \rightarrow 19 km/h$ o 10 nusos.

Passos per elaborar i interpretar un diagrama de freqüències:

1. Fer el diagrama de freqüències, similar a la rosa dels vents, en que els radis són les velocitats dels vents i en cada sector circular s'hi apunta el percentatge de vent que hi ha.
2. Utilitzar una plantilla rectangular d'amplada igual a la component transversal màxima permesa segons LCR.
3. Calcular els coeficients d'utilització per cada direcció de la pista.
4. Agafar la direcció en que el resultat de la suma de tots els coeficients inclosos en el rectangle sigui més alta.
5. Si en cap direcció s'arriba al 95% d'utilització es necessita una segona pista.



10.4.Denominació de pistes

Per anomenar les pistes s'arrodoneix l'angle magnètic a la desena de graus sexagesimals més pròxima.

Quan hi ha pistes paral·leles s'hi afegeix una lletra: R (Right), C (Center), L (Left).

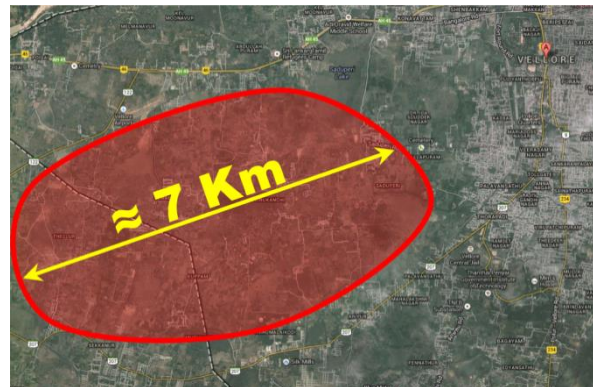


Denominació de pistes de l'aeròdrom d'Òdena.
Font: Google Maps

10b.Meteorologia i orientació de pistes: Aplicació

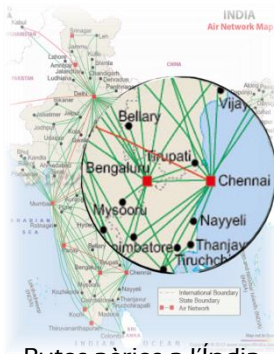
L'àrea disponible per la ubicació és una zona situada a l'oest de Vellore en que pràcticament tot són solars lliures i hi ha poques cases.

Per tant podrem disposar d'un bon lloc per construir-hi el nostre aeroport, on hi haurà suficient espai per la longitud de la pista, per les superfícies limitadores d'obstacles, per instal·lar-hi ajudes visuals i instrumentals que ens permetran dur a terme tot tipus d'operacions amb la màxima seguretat. Els 7 quilòmetres



Àrea disponible (7Km de longitud aprox.).
Font: Google Maps

disponibles faran que la pista pugui estar bastant allunyada de la ciutat i, com a conseqüència, la contaminació acústica als nuclis de població disminuirà.



Rutes aèries a l'Índia

Font: mapsofindia.com

Com ja hem explicat abans un altre factor que cal tenir en compte són les rutes aèries que hi passen per la zona. A partir d'un mapa de rutes aèries a l'Índia, hem pogut esbrinar el trànsit aeri dels voltants de Vellore.

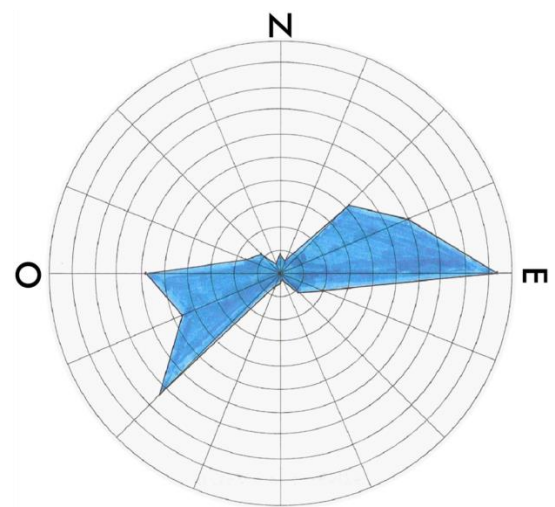
Com podem veure no és una zona molt densa i només hi ha una única ruta pròxima (Bangalore-Chennai). A més a més, Vellore es troba just al mig d'aquesta ruta, per tant els avions que hi volen van a la seva màxima alçada. Com que les aeronaus que voldrien aterrar i enlairar a Vellore estarien a una alçada molt inferior no es molestarien ni suposaria cap risc entre les dues rutes.

Amb el tema de la visibilitat horitzontal no s'hi pot fer res, ja que com a tot arreu cada dia les condicions atmosfèriques són diferents. La meteorologia de l'Índia, i més concretament la de la zona de Vellore, fa que les condicions siguin favorables amb aquest aspecte, amb sol i poques boires. Tot i això tots els aeroports estan equipats amb sistemes d'il·luminació per facilitar les operacions de terra i aire.

Un altre factor que ens ajuda és la pluja. A Vellore hi plou poc, per tant les condicions d'enlairament i aterratge no seran molt estrictes. A més, les temperatures més baixes de l'any rondan entre els 10°C i 12°C així que mai ens trobarem ni neu ni gel a la pista, i tampoc haurem de disposar de plataformes amb productes anticongelants per les ales de les aeronaus.

Per trobar l'orientació ideal de la pista haurem de fer una rosa dels vents.

La nostra informació prové de l'estació meteorològica de Bangalore (annex figura 4). Està separada pels mesos de l'any i té una mitjana de 120 observacions al dia (una cada 12 minuts). Les freqüències (en percentatge) equivalen als radis, i la velocitat té a veure amb com estan pintades les línies (buida, a ratlles, a punts, etc.).



Rosa dels vents de l'aeroport
(Mida original a l'annex figura 5)



Tota aquesta informació l'hem introduït en un document Excel⁸ on hem separat cada full per cada velocitat dels vents. Allà hem fet que ens sumi tots els vents per cada direcció durant tot l'any, i amb les xifres obtingudes hem pogut fer un dibuix de la rosa dels vents.

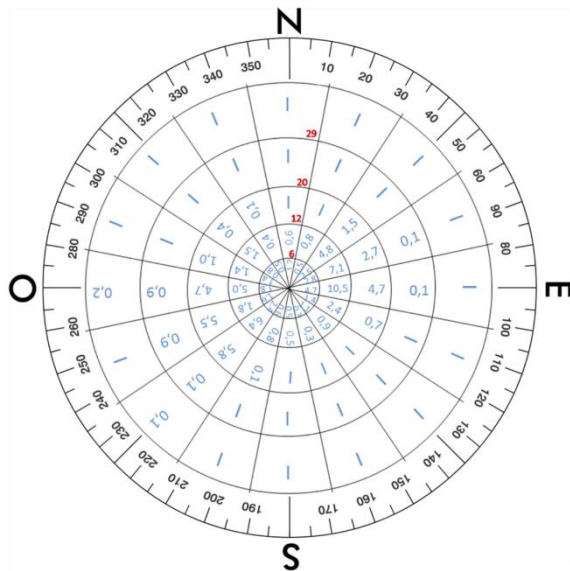


Diagrama de freqüències de l'aeroport
(Mida original a l'annex figura 6)

Finalment hem d'elaborar el diagrama de freqüències. Per això hem donat l'ordre al document "Excel" de fer que ens doni el percentatge del vent que bufa a una velocitat concreta i a una direcció concreta durant totes les observacions.

Totes aquestes dades les hem d'introduir en els espais en blanc i obtenim el diagrama de freqüències.

Com que la Longitud del Camp de Referència de l'aeronau determinant del nostre aeroport (B737-8NG) és superior a 1500m el màxim component transversal de vent serà 37km/h.

Ara amb l'ajuda d'una plantilla rectangular que tingui d'amplada el diàmetre que té la circumferència imaginària que descriuria els 37km/h haurem d'anar-la rotant per intentar que la suma dels nombres que queden a dins sigui superior a 95. Com a simple vista podem observar, sempre quedarà un nombre superior al 95 a l'interior ja que hi ha pocs vents als extrems (vents superiors a 37km/h), per tant, legalment només caldrà una pista i aquesta podrà estar orientada a qualsevol direcció.

Tot i això hem intentat a orientar-lo el millor possible cap a la direcció dels vents i em vist que l'orientació ideal serà 68° i 248°. Seguint les normes de denominació de pistes podem dir que el nostre aeroport consta de la Pista "07" i la "Pista 25".

⁸ Aquest document està disponible al CD adjunt amb el nom: "Taules amb vents".



11a.Dimensionament de pistes: Part teòrica

11.1.Estudi de les dimensions de pistes

11.1.1.Factors que intervenen en les dimensions de pista

- Aeronau determinant: l'aeronau que utilitza la pista amb més freqüència.
- Pendent longitudinal de la pista.
- Altitud de l'emplaçament (condicions de l'atmosfera): a més alçada, major longitud de pista.
- Temperatura ambient: a major T° , menor eficiència dels motors; per tant major longitud de pista.
- Estat de la superfície de la pista (bruta, mullada...).

11.1.2Velocitat de decisió

Es defineix una velocitat de decisió V_1 , com a punt límit en el que s'ha de continuar o avortar l'enlairament:

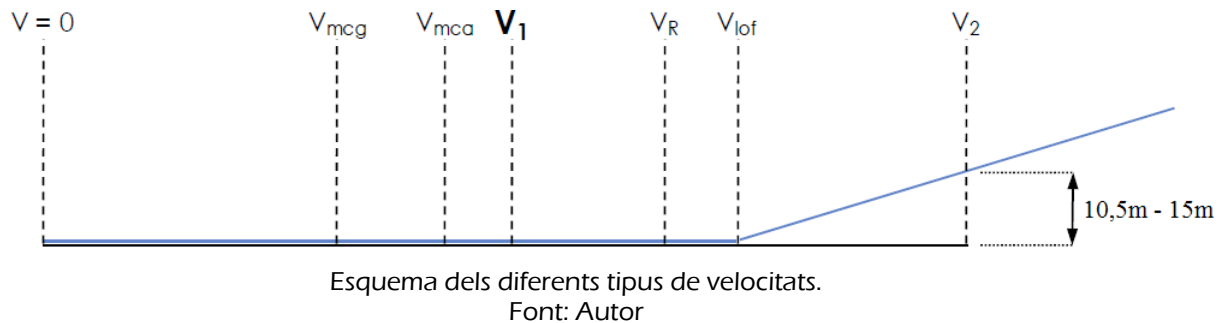
- Si es produeix una fallada de motor abans de V_1 , l'enlairament s'ha d'avortar.
- Si es produeix una fallada de motor a una velocitat superior a V_1 , l'enlairament ha de continuar.

L'elecció de la velocitat de decisió està limitada per una sèrie de condicionants. Definim les següents velocitats:

- Velocitat mínima de control (V_{mcg}): És la velocitat més baixa en que es pot seguir una trajectòria rectilínia al terra amb fallada de motor, sense utilitzar la roda davantera per guiar l'avió.
- Velocitat mínima de control a l'aire (V_{mca}): És la velocitat menor en que es pot mantenir el vol rectilini amb control total de l'aeronau amb fallada de motor.
- Velocitat de rotació (V_r): És la velocitat necessària per obtenir una trajectòria ascendent ($V_r > V_1$) ; ($V_r \geq 1.05 V_{mca}$)
- Velocitat d'enlairament (V_{lof}): És la velocitat en la que l'avió s'enlaira.

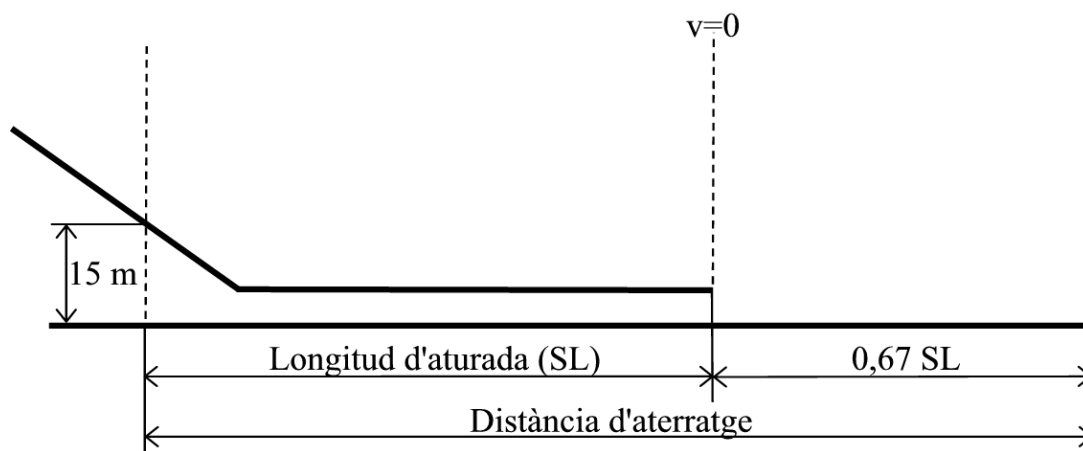


- Velocitat de seguretat en l'enlairament (V_2): És la velocitat mínima a que ha d'arribar l'avió a una alçada de 10.5m (motor turbina) o 15m (motor alternatiu). ($V_2 \geq 1.1V_{mca}$)
- Velocitat màxima de pneumàtics (V_R): És la velocitat màxima que poden suportar els pneumàtics.



11.1.3. Distàncies d'aterratge i enlairament de les aeronaus

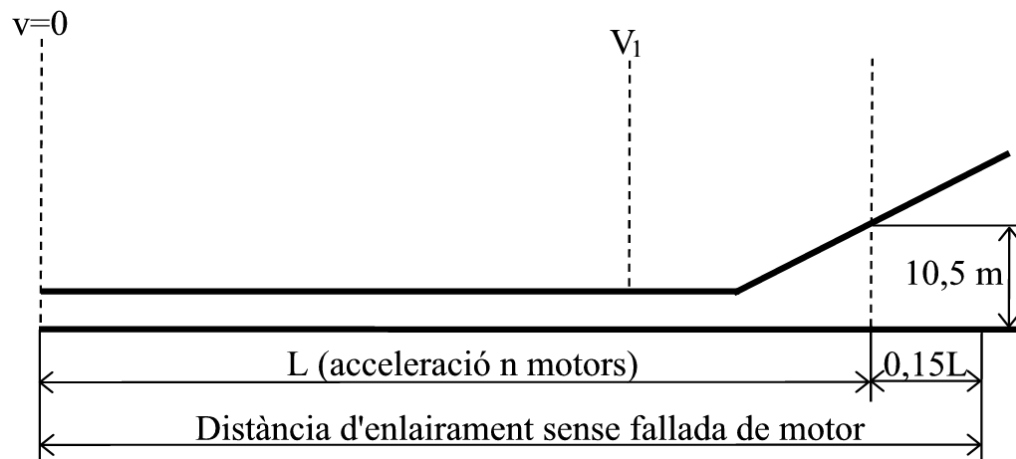
- Distància d'aterratge: És la mínima necessària per parar l'aeronau en mètodes de frenat normals sobrevolant el llindar de pista a una alçada de 15 m (longitud d'aturada (SL)). Incrementem aquesta longitud en un 67% per obtenir la distància d'aterratge.





- Distància d'enlairament: La normativa exigeix contemplar tres casos:

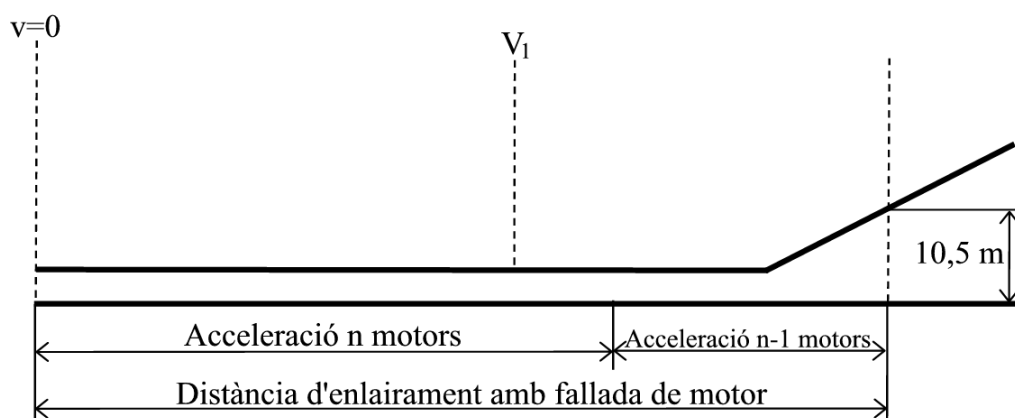
1) Enlairament normal → Distància d'enlairament sense fallada de motor:
És la resultant d'incrementar un 15% la distància recorreguda en l'enlairament des del repòs fins que l'avió es troba a 10,5 m (motors de turbina) o 15 m (motors alternatius).



Esquema dels de la distància d'enlairament normal.
Font: Autor

2) Enlairament amb un sol motor → Distància d'enlairament amb fallada de motor:

És la necessària per enlairar-se partint del repòs i amb tots els motors superar V_1 , i continuar l'acceleració amb un motor fora de servei fins elevar-se a 10,5 m (motors de turbina) o 15 m (motors alternatius).

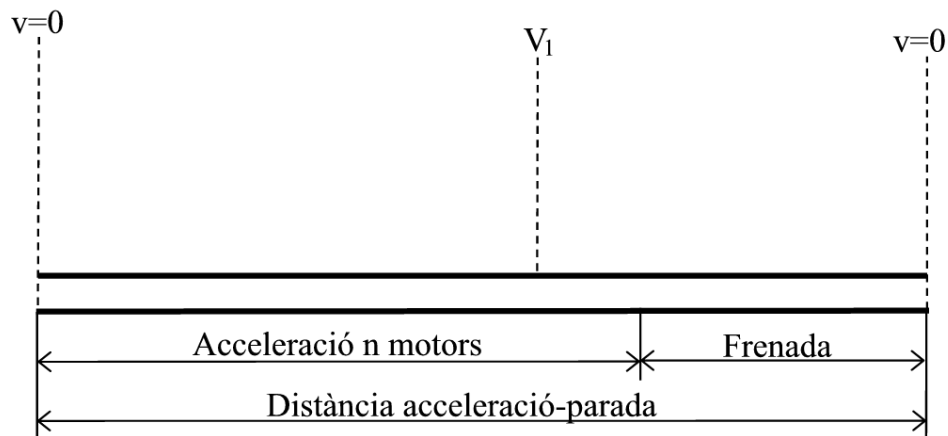


Esquema dels de la distància d'enlairament amb fallada de motor.
Font: Autor



3) Enlairament avortat → Distància acceleració-parada:

És la distància recorreguda per una aeronau que partint del repòs inicia l'enlairament amb tots els motors operatius i abans d'assolir V_1 es produeix una fallada en un motor, procedint a la parada mitjançant els frens normals (sense reversa).



Esquema dels de la distància d'acceleració-parada.
Font: Autor

11.1.4. Distàncies de pista declarades

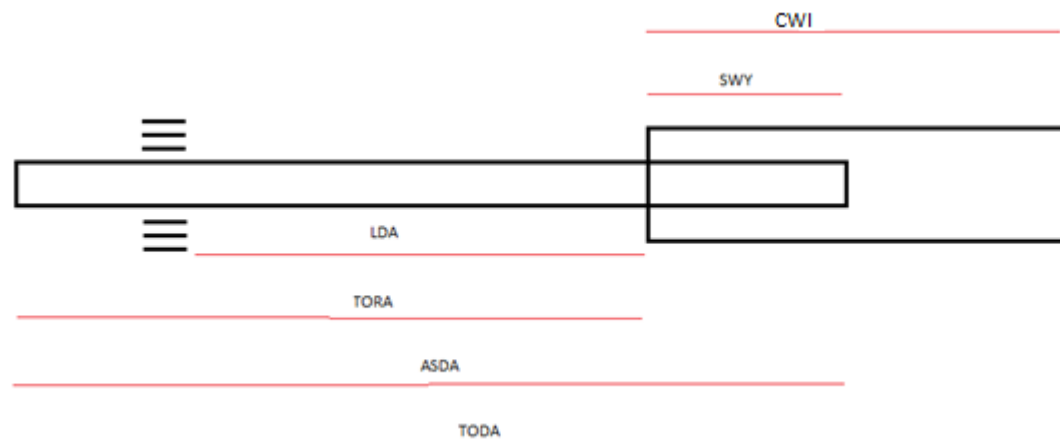
Les distàncies declarades són:

- Recorregut d'enlairament disponible (TORA): Longitud de la pista que s'ha declarat disponible pel recorregut per terra d'un avió en l'enlairament.
- Distància d'enlairament disponible (TODA): $TODA = \text{Longitud de pista} + \text{CWY}$.
- Distància d'acceleració – parada disponible (ASDA): $ASDA = TORA + \text{Zona de parada (SWY)}$.
- Distància d'aterratge disponible (LDA): Longitud de la pista que s'ha declarat disponible pel recorregut per terra en l'aterratge.



Per l'enlairament definim 2 altres superfícies a més a més de la pista:

- Zona de parada (SWY): Zona en la que les aeronaus poden parar-se després d'un enlairament interromput.
- Zona lliure d'obstacle (CWI): Zona lliure d'obstacles on l'aeronau efectua la fase inicial de l'enlairament.



Esquema de les distàncies de pista declarades.
Font: Autor

Recorregut d'enlairament (TORA):

El recorregut d'enlairament és la longitud de pista.

La longitud de pista serà \geq a 1,15 vegades la longitud entre el punt de repòs i el punt mig i entre V_{lof} i V_2 . Es pot completar amb CWY.

$$L \geq 1.15 \cdot \frac{V_{LOF}}{2}$$

11.2.Factors correctors

Hi ha diferents factors que modifiquen les longituds de pista.

Els factors correctors són els següents:

- +1% pendent \rightarrow +10% pista
- +300m alçada \rightarrow +7% pista
- +1°C respecte T° estàndard \rightarrow +1% pista
- Pista bruta o mullada \rightarrow +15% pista



11b.Dimensionament de pistes: Aplicació

11.3.Aeronau determinant

Pel dimensionament de pistes necessitem utilitzar la informació tècnica de l'aeronau determinant.⁹

Com que calcularem la longitud de la pista a partir del B737-800, entre altres coses, farem servir diferents gràfics del manual d'instruccions de l'avió. També farem els càlculs amb les condicions més exigents amb que l'avió farà les operacions d'enlairament i aterratge (temperatures altes, pista mullada, molt pes, etc.).

La longitud de pista d'enlairament la calculem a partir de les gràfiques “*Takeoff Runway Length Requirements*” (annex figura 7) i “*Landing Field Length*” (annex figura 8). Aquestes ens permeten calcular la longitud de pista en funció del pes en l'enlairament o l'aterratge per diferents altures sobre el nivell del mar.

Primerament haurem de fer uns càlculs a partir de la gràfica “*Payload/Range*” (annex figura 9) per trobar el pes en l'enlairament (*brake-release gross weight*). Aquesta gràfica ens dona el pes de l'aeronau en funció de la longitud de ruta i del pes en buit de l'avió (OEW) més el pes de la càrrega (PL).

Per obtenir l'OEW mirem les dades de l'aeronau determinant i trobem que és 41.413 kg.

Per calcular el pes de la càrrega (PL) hem de fer una estimació del pes dels passatgers. Habitualment s'estableix: 77 kg per passatger + 15 kg d'equipatge/passatger. A partir de les dades de l'aeronau determinant sabem que en classe turística pot transportar com a màxim 189 passatgers. Per tant $PL = 189 \times (77 + 15) = 17.388$ kg.

Podem establir que $OEW + PL = \mathbf{58.801\text{ kg}}$.

Ara hem de calcular la longitud de ruta en milles nàutiques (NM). Per això agafarem un mapa amb escala definida i calcularem la distància des de l'emplaçament de l'aeroport fins al punt d'Índia més lluny, ja que és un aeroport regional. Hem pogut trobar que la distància més llarga que hi ha des de l'emplaçament és 2.321 km = **1.253 NM**.

⁹ Podem trobar dades importants a l'apartat “Aeronau determinant” (pàg 26).



Utilitzant els dos resultats obtinguts i mitjançant la gràfica “Payload/Range” podem trobar el “brake-release gross weight”. El valor trobat és **70.300 kg**.

Finalment ja ens podem dirigir a la gràfica “Takeoff Runway Length Requirements” concretament la utilitzada per una temperatura de 35°C. Ara ens falta saber l'altura de l'emplaçament de l'aeroport sobre el nivell del mar per poder treballar amb aquest gràfic.

Sabem que l'altura de l'emplaçament està pels voltants de 235 metres sobre el nivell del mar, per tant aproximem l'altura a “Sea level” ja que és a la corba que més s'aproxima.

A partir del OEW+PL i la corba “Sea level” podem arribar a la conclusió que la longitud de pista haurà de ser de **2.500 metres**.

Ara anem a la gràfica “Landing Field Length” per calcular la longitud de pista que necessitarà per aterrar. Per fer el càlcul utilitzem el pes màxim de l'avió en l'aterratge (MLW) que és 66.361 Kg i seguint la corba “Sea Level” trobem que com a molt necessitarà **1.770 metres** en pista seca i **2.030 metres** en pista mullada.

Un cop obtinguts els resultats veiem que l'enlairament és la operació més exigent en dimensions de pista, per això ens quedarem amb el resultat de **2.500 metres**.

Després de fer un primer estudi basant-nos amb les dades tècniques de l'aeronau determinant i ja tenint una primera referència de la longitud que tindrà la pista necessitem acabar de dissenyar-la basant-nos en altres factors.

11.4.Pendent longitudinal

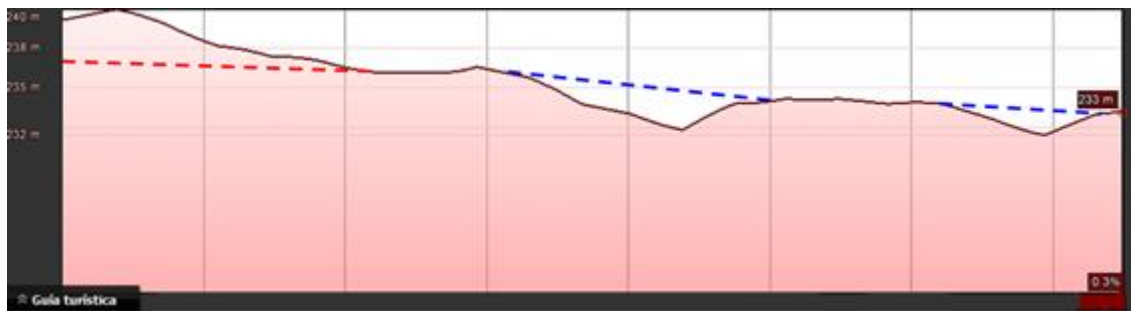
Per calcular el pendent longitudinal de la pista necessitem tenir el perfil d'elevació del terreny de la ubicació.

Mitjançant Google Earth hem pogut trobar el perfil del terreny. Sabem que el màxim pendent longitudinal és de 2,1%.



Pendent de la zona.
Font: Google Earth

Com que l'OACI recomana tenir un màxim pendent d'1% hem fet un moviment de terres. Com a conseqüència hem obtingut un pendent màxim instantani d'un 1%.



Moviment de terres a partir del pendent original.
Font: Google Earth

A la imatge podem observar que fer el moviment de terres ha sigut relativament fàcil i econòmic ja que hem utilitzat la terra sobrant per omplir els espais on n'hi faltava, per tant no hem hagut ni de comprar ni de vendre terra.

Ara que sabem que el màxim pendent és d'un 1% podem aplicar la fórmula per trobar la longitud de pista.

Els factors correctors ens diuen que per cada 1% de pendent la pista ha d'augmentar un 10% la seva longitud.

Per tant la longitud de pista corregida pel pendent = $2500 + (2500 \times 1 \times 0,1) = \mathbf{2.750}$ metres.



11.5. Altitud de l'emplaçament

La zona on s'ubicaria la pista està situada entre 232 metres i 240 metres d'altura sobre el nivell del mar.

A partir dels factors correctors sabem que per cada 300 metres que augmentem sobre el nivell del mar, la longitud de pista augmenta un 7%.

La longitud de pista corregida pel pendent i l'elevació = $2750 + (2750 \times 0,07 \times \frac{240}{300})$
= 2.904 metres.

11.6. Temperatura ambient

La temperatura ambient és un altre factor que intervé en el dimensionament de les pistes d'un aeroport ja que el rendiment dels motors disminueix en augmentar de temperatura.

La temperatura de l'atmosfera tipus o temperatura estàndard és la que hem utilitzat a la gràfica (35°C), en canvi la temperatura de referència de l'aeròdrom serà la mitjana mensual de les temperatures màximes diàries pel mes més calorós de l'any.

A partir de la informació meteorològica i ambiental de Vellore podem trobar que la temperatura de referència del nostre aeroport és 38,5°C. Aquesta temperatura s'assoleix al maig concretament.

Month	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
Record high °C (°F)	32 (90)	33 (91)	35 (95)	38 (100)	40 (104)	41 (106)	40 (104)	38 (100)	36 (97)	34 (93)	32 (90)	30 (86)
Average high °C (°F)	27 (81)	28 (82)	30 (86)	33 (91)	36 (97)	37 (99)	36 (97)	34 (93)	32 (90)	30 (86)	28 (82)	26 (79)
Average low °C (°F)	18 (64)	19 (66)	21 (70)	24 (75)	27 (81)	28 (82)	27 (81)	25 (77)	23 (73)	21 (70)	19 (66)	17 (63)
Record low °C (°F)	10 (50)	11 (52)	13 (55)	16 (61)	19 (66)	20 (68)	19 (66)	17 (63)	15 (59)	13 (55)	11 (52)	9 (48)
Precipitation mm (inches)	1.0 (0.04)	1.0 (0.04)	1.0 (0.04)	1.0 (0.04)	1.0 (0.04)	1.0 (0.04)	1.0 (0.04)	1.0 (0.04)	1.0 (0.04)	1.0 (0.04)	1.0 (0.04)	1.0 (0.04)
Avg. precipitation days	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0

Temperatura de referència del projecte d'aeroport.
 Font: India Meteorological Department

Per cada grau respecte la temperatura estàndard haurem d'augmentar la longitud de pista un 1%.

La longitud de pista corregida pel pendent, l'elevació i la temperatura ambient
= $2904 + (2904 \times (38,5 - 35) \times 0,01) = 3.005,64$ metres.



11.7.Estat de la superfície de la pista

Tal i com indica el següent estudi, a la zona de Vellore hi plou uns 56 dies a l'any. Tot i no ser molt, considerarem que la pista estarà mullada normalment i incrementarem la seva longitud un 15%, ja que busquem les condicions més exigents.

Month	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	Year
Maximum Temp (°C)	32.5	33.5	34.5	35.5	36.5	37.5	38.5	39.5	38.5	37.5	36.5	35.5	35.5
Average	28.5	29.5	30.5	31.5	32.5	33.5	34.5	35.5	34.5	33.5	32.5	31.5	31.5
Average	1.5	2.5	3.5	4.5	5.5	6.5	7.5	8.5	9.5	10.5	11.5	12.5	75.5
Minimum	15.5	16.5	17.5	18.5	19.5	20.5	21.5	22.5	23.5	24.5	25.5	26.5	26.5
Precipitation (mm)	100	120	140	160	180	200	220	240	260	280	300	320	2400
Avg. precipitation days	1.5	2.5	3.5	4.5	5.5	6.5	7.5	8.5	9.5	10.5	11.5	12.5	56

Dies de precipitació per any a Vellore.
Font: India Meteorological Department

La longitud de pista corregida pel pendent, l'elevació, la temperatura ambient i el seu

$$\text{estat} = 3005,64 + \left(3005,64 \times \frac{15}{100} \right) = \mathbf{3.456,48 \text{ metres} \approx 3.456 \text{ metres.}}$$



12. Àrea de moviment

12.1. Clau de referència de l'aeroport

12.1.1. Longitud de camp de referència de l'aeronau

La longitud de camp de referència d'una aeronau (LCR) és la longitud mínima necessària d'enlairament amb les següents condicions estàndard:

- Amb pes màxim homologat (MTOW).
- A nivell del mar.
- En atmosfera estàndard.
- Sense vent.
- Sense pendent de pista.
- Amb la superfície de pista seca.

12.1.2. Número i lletra de clau

D'ara en endavant ens serà molt útil tenir un número i lletra de clau del nostre aeroport ja que molts càlculs es basaran en això.

Número de clau (taula): Depèn del LCR.

1	LCR < 800 m
2	800 ≤ LCR < 1.200 m
3	1.200 ≤ LCR < 1.800 m
4	LCR ≥ 1.800 m

Lletra de clau (taula): Depèn de l'envergadura i de l'amplada exterior del tren d'aterratge.

A	e < 15 m	a < 4,5 m
B	15 ≤ e < 24 m	4,5 ≤ a < 6 m
C	24 ≤ e < 36 m	6 ≤ a < 9 m
D	36 ≤ e < 52 m	9 ≤ a < 14 m
E	52 ≤ e < 65 m	9 ≤ a < 14 m
F	65 ≤ e < 80 m	14 ≤ a < 16 m

Aplicació: Seguint les dades de l'aeronau determinant (B737-800NG) i guiant-nos per les xifres de les taules podem establir que la clau de referència de l'aeroport serà **4C**.



12.2. Diseny de pistes

12.2.1. Amplada

L'amplada de les pistes d'un aeroport es mesura en funció de la seva clau de referència.

L'OACI recomana que l'amplada no sigui inferior als valors de la taula:

Clave	A	B	C	D	E	F
1	18 m	18 m	23 m	-	-	-
2	23 m	23 m	30 m	-	-	-
3	30 m	30 m	30 m	45 m	-	-
4	-	-	45 m	45 m	45 m	60 m

En qualsevol aeroport on es duguin a terme vols instrumentals l'amplada mínima serà de 30 metres.

Aplicació: L'amplada de la pista del nostre aeroport serà de **45 metres**.

12.2.2. Pendent

Es recomana que en cap lloc de la pista el pendent excedeixi al 2% per pistes de clau 1 i 2, al 1'5% per clau 3, i a 1'25% per clau 4.

Aplicació: Com ja hem vist abans el pendent màxim efectiu del nostre aeroport és d'1% (no supera 1'25%).

També es recomana que el canvi de pendent no superi el 2% per pistes de clau 1 i 2, o 1'5% per pistes de clau 3 i 4.

Aplicació: El nostre aeroport no té canvis de pendent (la baixada és sempre negativa) per tant aquesta norma no ens posarà cap impediment.

12.2.3. Marges

Els marges són superfícies de terreny o paviment que voregen les pistes i els carrers de rodament.



Marges de pista (en verd).
Font: eldiario.net



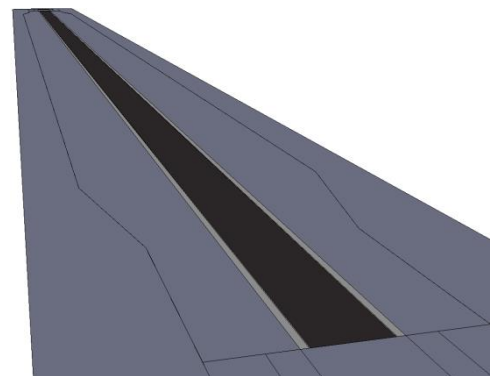
És recomanable que els marges de pista puguin suportar el pes d'un avió o de vehicles terrestres que puguin operar per la zona.

En els aeroports on la lletra de clau és A, B o C no és necessari disposar de marges. En canvi si és D o E, l'amplada de pista i els marges hauran de sumar 60m i en els de lletra F la suma haurà de ser de 75m.

També es recomana que el pendent transversal d'aquests no superi el 2,5%.

Aplicació: Tot i que al nostre aeroport els marges no són necessaris, hem decidit que seria positiu disposar d'aquests i hem planificat la pista amb uns marges laterals de 5m cada un.

També havíem pensat dissenyar-los amb pendent per tal que fos una ajuda per evacuar l'aigua de la pluja, però després de fer uns càlculs no ho hem fet així. La raó ha sigut que la diferència del punt més alt al punt més baix d'uns marges de 5 metres amb un pendent d'un 2% només seria d'un mil·límetre, un resultat inútil per fer lliscar l'aigua.

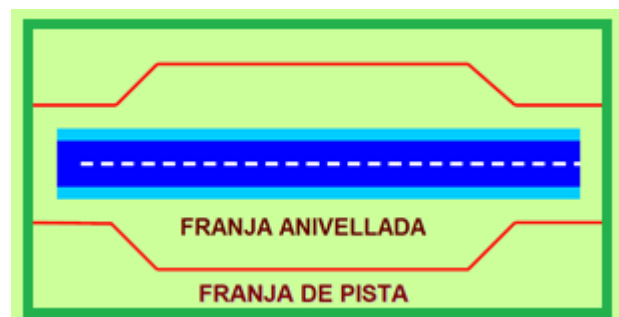


Marges de la pista del nostre aeroport (en gris clar)
Font: Autor

12.2.4.Franja

La franja és una superfície que comprèn la pista i la zona de parada (SWY) i té la funció de protegir les aeronaus que la sobrevolen i reduir el risc de les que puguin sortir de pista.

Tota pista on es duuguin a terme operacions d'aproximació instrumental, ja siguin de precisió o de no precisió, haurà de tenir una franja que s'estengui lateralment respecte l'eix del centre de la pista 75m (número de clau 1 o 2) o 150m (número de clau 3 o 4).

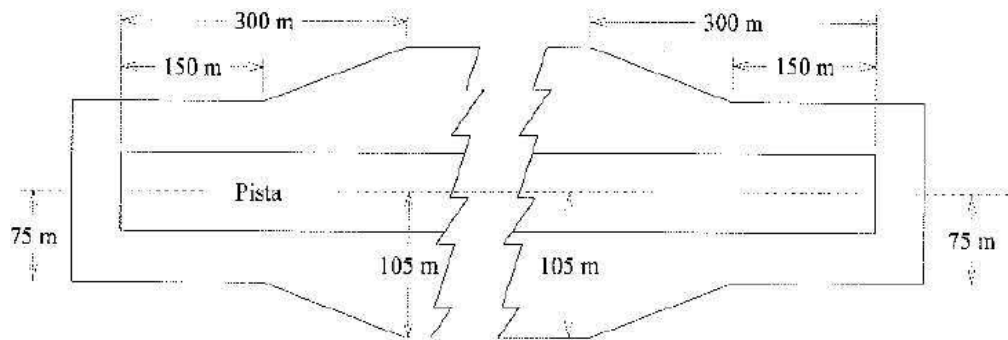


La franja és la zona és l'àrea inclosa dins el rectangle verd.
Font: mct.gov.pe



Tota franja s'estendrà 30m (número de clau 1 amb aproximació visual) o 60m (números de clau 2, 3 i 4 o en aproximacions instrumentals) a partir de l'extrem de la pista o de la zona de parada (SWY) si se'n disposa.

En aeroports de clau 3 o 4 es recomana anivellar el terreny que ocupa la franja de la següent manera:



Sistema recomanat d'anivellació de la franja.

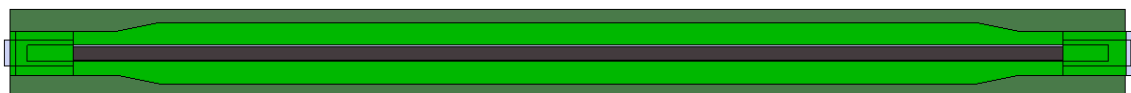
Font: Aeropuertos

És recomanable que en les zones de franja anivellades no es superi una pendent longitudinal del 2% (número de clau 1 o 2), 1,75% (número de clau 3) o 1,5% (número de clau 4) ni un pendent transversal del 3% (número de clau 1 o 2) o 2,5% (número de clau 3 o 4).

Excepte les ajudes visuals, no es permetrà cap objecte fix dins la franja a una distància respecte l'eix de pista de 45m (número de clau 1 o 2), 60m (número de clau 3 o 4) o 77,5m (número de clau 4 amb lletra de clau F).

Tampoc serà permès cap objecte mòbil en les parts situades a les distàncies anteriors si la pista s'està utilitzant.

Aplicació: Tenint en compte la clau del nostre aeroport establim unes franges laterals de 150m i unes als extrems de la pista de 60m. També anivellarem el terreny no superant un 1,5% de pendent longitudinal ni un 2,5% de pendent transversal. Finalment impedirem qualsevol objecte fix dins d'uns marges de 60m respecte l'eix central de la pista.



En verd fosc tenim la franja de la pista i en verd clar la franja anivellada.

Font: Autor

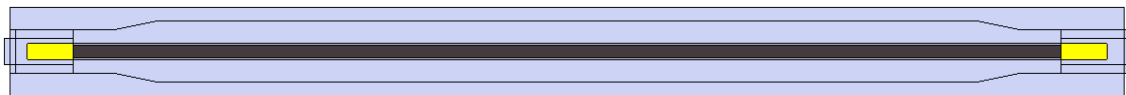


12.2.5.Zona de parada (SWY)

Les zones de parada o “*stopway*” són àrees on les aeronaus poden parar-se després d'un enlairament interromput. S'ubicaran a continuació de la pista i tindran la mateixa amplada que aquesta.

És recomanable que els pendents de les zones de parada compleixin les mateixes normes que les exigides per la pista. La seva resistència també ha de ser similar.

Aplicació: El meu aeroport disposarà de dues zones de parada de 160m situades una a cada extrem de la pista. Tindrà 55m d'amplada (amplada de pista + marges).



En groc trobem les zones de parada.

Font: Autor

12.2.6.Zona lliure d'obstacles (CLW)

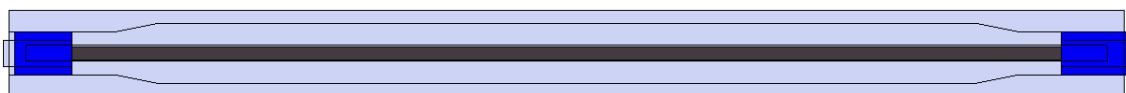
La zona lliure d'obstacles o “*clearway*” és una àrea rectangular adequada perquè els avions puguin efectuar una part de l'ascens inicial fins a una alçada especificada.

És recomanable que les zones lliures d'obstacles tinguin el seu origen a l'extrem del recorregut d'enlairament disponible i que la seva longitud màxima sigui la meitat que aquest. També s'han d'estendre lateralment a una distància mínima de 75m a cada costat de l'eix central de la pista.

Aplicació: Hi haurà una zona CLW a cada extrem de la pista. Tindran unes dimensions diferents l'una de l'altra:

- Zona CLW de la pista 07: Mesurarà 200m de llarg per 150m d'amplada.
- Zona CLW de la pista 25: Mesurarà 250m de llarg per 150m d'amplada.

Cal tenir en compte que els primers 160m de les dues zones aniran pavimentats ja que coincideixen amb la zona SWY.



En blau trobem les zones lliures d'obstacles.

Font: Autor



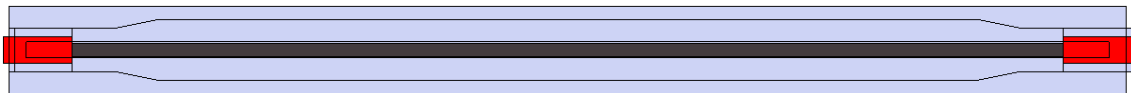
12.2.7.Àrea de seguretat d'extrem de pista (RESA)

Les àrees RESA (*Runway End Safety Area*) són marges de seguretat situats abans del llindar de pista.

Tots els aeroports de clau 3 o 4 hauran de disposar d'una àrea de seguretat a cada extrem de la franja de pista. Aquesta àrea s'ha d'estendre al menys 90m des de l'extrem de la franja tot i que es recomana que tingui 120m (números de clau 1 o 2) o 240m (números de clau 3 o 4). L'amplada de les àrees RESA haurà de mesurar com a mínim el doble de l'amplada de la pista.

Es recomana que els pendents laterals i transversals no siguin superiors al 5%.

Aplicació: Igual que les zones SWY i CWY, l'aeroport disposarà d'una zona RESA a cada extrem de la pista. Les dimensions d'aquestes seran 240m de llargada per 90m d'amplada.



En vermell trobem les RESA.

Font: Autor

12.2.8.Pistes paral·leles

La distància mínima entre els eixos de les pistes paral·leles d'ús simultani ha de ser:

- Per vol visual: 120m (número de clau 1), 150m (número de clau 2) o 210m (número de clau 3 o 4).
- Per vol instrumental:
 - 760m en operacions segregades (una pista per l'enlairament i l'altra per l'aterratge).
 - 760m en sortides independents (sortides simultànies per les pistes).
 - 915m per aproximacions paral·leles dependents (es tenen en compte uns mínims de separació entre les aeronaus).
 - 1035m per aproximacions paral·leles independents (no es tenen en compte uns mínims de separació entre les aeronaus).

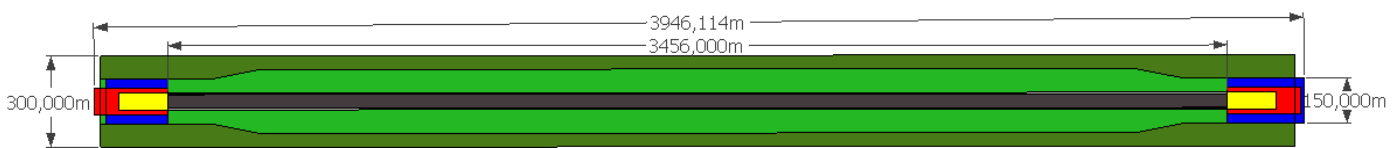


Aplicació: Com hem pogut veure en l'apartat de meteorologia i orientació de pistes, el nostre aeroport només tindrà una pista així que no haurem d'aplicar les normes anteriors.

12.2.9. Dibuix del disseny de la pista

És difícil fer un dibuix general a partir dels anteriors on es puguin separar totes les zones ja que moltes d'aquestes es superposen.

Tot i això, finalment n'he fet un on s'aprecia de la millor manera possible:



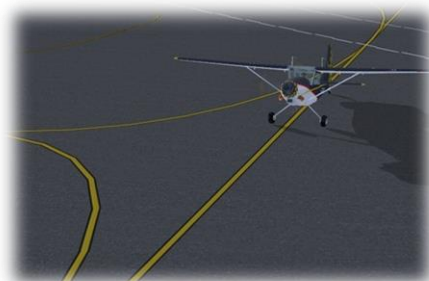
Dibuix del disseny de la pista on cada color és una zona i estan especificades les dimensions més importants.

Font: Autor

12.3. Disseny dels carrers de rodament

Els carrers de rodament o rodatge són vies definides establertes pel rodatge d'aeronaus en terra i destinades a enllaçar les parts de l'aeròdrom.

El nombre de carrers de rodatge és el necessari perquè els moviments puguin ser ràpids i fluidos.



Exemple dels carrers de rodament.

Font: flightgear.org

És recomanable planejar els carrers de rodament elegint recorreguts curts i senzills, reduint creuaments amb pistes, fent que les corbes siguin de radis amples, i intentant que siguin d'un sol sentit.

12.3.1. Tipus de carrers de rodament

Hi ha carrers de rodament de quatre tipus:

- De distribució: Uneix la pista amb l'entrada de la plataforma d'estacionament.
- De sortida ràpida: Permet que les aeronaus surtin de pista a velocitats elevades.



- En plataforma: Destinada a la circulació dins la plataforma.
- D'accés al punt d'estacionament: Permet que l'avió vagi de la plataforma al punt d'estacionament.

12.3.2.Amplada

Es recomana que la part rectilínia d'un carrer de rodament no tingui una amplada inferior a:

- 7,5m per lletra de clau A.
- 10,5m per lletra de clau B.
- 15m per lletra de clau C i aeronaus amb la base de rodes inferior a 18m.
- 18m per lletra de clau C i aeronaus amb la base de rodes igual o superior a 18m.
- 18 metres per lletra de clau D i aeronaus amb distància entre les rodes exteriors inferior a 9m.
- 23 metres per lletra de clau D i aeronaus amb distància entre les rodes exteriors igual o superior a 9m.
- 23 metres per lletra de clau E.
- 25 metres per lletra de clau F.

Aplicació: Com que el nostre aeroport té clau D i la distància entre les rodes exteriors del B737-800 és 5,72m, l'amplada mínima del carrer de rodament haurà de ser 18m. Tot i això, l'hem decidit augmentar a 23m per si en algun cas excepcional l'hagués d'utilitzar una aeronau més exigent.

12.3.3.Corves

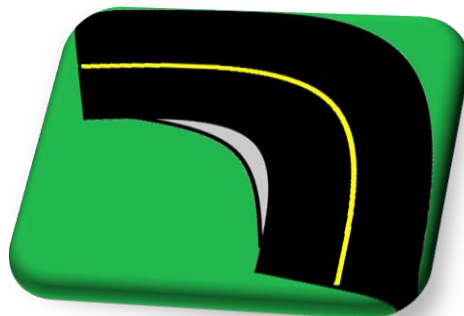
És recomanable que la distància entre l'exterior del tren d'aterratge principal i el costat del carrer de rodatge en els canvis de direcció sigui d'almenys:

- 1,5 metres per lletra de clau A.
- 2,25 metres per lletra de clau B.
- 3 metres per lletra de clau C i base de rodes menor a 18m.



- 4,5 metres per lletra de clau C i base de rodes igual o major a 18m.
- 4,5 metres per lletres de clau D, E i F.

També és recomanable pavimentar l'interior de les corbes per tal que el tren d'aterratge principal no surti de pista si té una desviació l'eix del carrer a causa d'un gir.



Pavimentat interior.
Font: Autor

Aplicació: El nostre aeroport haurà de mantenir una distància de 4,5m ja que és de lletra de clau D.

12.3.4. Distàncies de separació

Es recomana seguir la següent taula per establir les distàncies mínimes de separació entre l'eix d'un carrer de rodament i l'eix d'una pista.

	Clau	A	B	C	D	E	F	
Distància respecte una pista	1	37,5 m	42 m	-	-	-	-	VFR
	2	47,5 m	52 m	-	-	-	-	
	3	-	-	93 m	101 m	-	-	
	4	-	-	-	101 m	107,5 m	115 m	
	1	82,5 m	87 m	-	-	-	-	IFR
	2	82,5 m	87 m	-	-	-	-	
	3	-	-	168 m	176 m	-	-	
	4	-	-	-	176 m	182,5 m	190 m	

Per trobar la distància de separació entre l'eix d'un carrer de rodament i l'eix d'un altre seguirem la següent taula:

Clau	A	B	C	D	E	F
Distància respecte un altre carrer	23,75 m	33,5 m	44 m	66,5 m	80 m	97,5 m

La distància de separació entre l'eix d'un carrer de rodament i un objecte no pot ser inferior als valors de la taula següent:

Clau	A	B	C	D	E	F
Distància respecte un objecte	16,25 m	21,5 m	26 m	40,5 m	47,5 m	57,5 m
Distància respecte un objecte (en accés a un punt d'estacionament)	12 m	16,5 m	24,5 m	36 m	42,5 m	50,5 m



Aplicació: Els carrers de rodament del nostre aeroport hauran d'estar separats de la pista a una distància mínima de 176m respecte els dos eixos centrals, a 66,5m respecte un altre carrer de rodament i a 40,5m respecte un objecte (36m en l'accés al punt d'estacionament).

12.3.5.Pendents

És recomanable que el pendent longitudinal d'un carrer de rodatge no sigui superior a 3% (lletres de clau A o B) o 1,5% (lletres de clau C, D, E o F) i que el pendent longitudinal no superi un 2% (lletres de clau A o B) o un 1,5% (lletres de clau C, D, E o F).

També és recomanable evitar els canvis de pendent sempre que sigui possible.

Aplicació: Els carrers de rodament del nostre aeroport tindran un pendent longitudinal i transversal d'un 1% com a molt ja que tindran unes condicions similars a les de la pista.

12.3.6.Marges

Es recomana que els trams rectilinis dels carrers de rodament que condueixin a pistes de claus C, D, E o F s'estenguin simètricament fent que la suma del carrer de rodament i els seus marges no sigui menor a 25m (lletra de clau C), 38m (lletra de clau D), 44m (lletra de clau E) o 60m (lletra de clau F).

L'amplada dels marges en les corbes ha de ser igual o superior als anteriors.

Aplicació: El resultat de la suma del carrer de rodament i els marges serà 38m. Per tant, si l'amplada del carrer de rodament és 23m, cada marge mesurarà 7,5m.

12.3.7.Franges

Cada carrer de rodament, en excepció als d'accés al punt d'estacionament, estarà situat a dins d'una franja lliure d'objectes que puguin posar en perill als avions.

És recomanable que la franja d'un carrer de rodament s'estengui simètricament a cada costat de l'eix del carrer de rodament a una distància de 16,25m (lletra de clau A), 21,5m (lletra de clau B), 26m (lletra de clau C), 40,5m (lletra de clau D), 47,5m (lletra de clau E) i 57,5m (lletra de clau F).



Aplicació: La franja s'estendrà 40,5m a cada costat de l'eix del carrer de rodament.

12.3.8. Carrers de sortida ràpida

Els carrers de sortida ràpida són carrers de rodament units a la pista en angle agut. Això permet que les aeronaus puguin sortir de la pista a velocitats elevades i aconseguen que la pista estigui ocupada el mínim de temps.



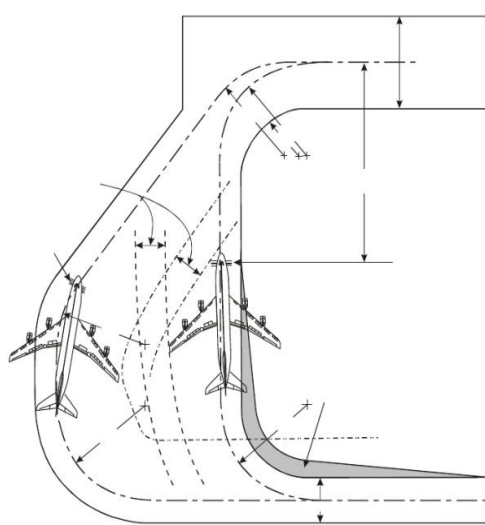
Carrer de sortida ràpida de l'aeroport de Girona.
Font: Google Maps

Els radis i angles recomanats que han de complir aquests carrers són els de la següent taula:

Clau	Angle	Radi central	Radi exterior	Ample de sortida
1 o 2	45°	275 m	253 m	21/18/12 m
3 o 4	30°	550 m	488 m	27 m

Aplicació: El nostre aeroport tindrà dos carrers de sortida ràpida. Al ser de clau 4, les sortides descriuran un angle de 30° i tindran les característiques específiques per aquest.

12.3.9. Zones d'espera



Configuració típica d'una zona d'espera.

Font: Aeroports

Una zona d'espera és una àrea definida en la qual una aeronau es pot aturar per deixar pas a una altra, a fi de facilitar la circulació de les aeronaus en terra.

Es recomana disposar de zones d'espera en les entrades a pista tenint en compte que la separació mínima entre les puntes de l'ala de dos aeronaus ha de ser 8,75m (lletra de clau A), 9,55m (lletra de clau B), 8 m (lletra de clau C), 14m (lletra de clau D), 15 m (lletra de clau E) i 17,5m (lletra de clau F).



La distància mínima entre l'eix de la pista i el punt d'espera més pròxim varia en funció del número de clau (excepte si la lletra de clau és F = 107,5m):

Clau	1	2	3	4
Aproximació visual	30 m	30 m	75 m	75 m
Aproximació instrumental de no presició	40 m	40 m	75 m	75 m
Aproximació instrumental CAT I	60 m	60 m	90 m	90 m
Aproximació instrumental CAT II / III	-	-	90 m	90 m
Enlairament	30 m	40 m	75 m	75 m

Aplicació: El nostre aeroport tindrà una zona d'espera a cada extrem de la pista. La distància mínima de separació entre les puntes de l'ala de les aeronaus serà de 14m.

Com que l'aeroport estarà dotat amb un sistema d'aproximació instrumental de categoria I, la línia que marqui el punt d'espera haurà d'estar situada a 90m de l'eix de la pista com a mínim.

12.4. Disseny de les plataformes d'estacionament

És la zona on els avions són estacionats, descarregats i carregats, re-abastits o embarcats.

12.4.1. Tipus

N'hi ha de diferents tipus i es poden classificar:

- Segons el tipus d'aeronau que la utilitza:
 - Plataforma per a trànsit comercial.
 - Plataforma per a trànsit militar.
 - Plataforma d'aviació general.
- Segons la seva funció:
 - Plataforma de passatgers, de càrrega o mixta.
 - Plataforma d'aparcament de llarga estada.
 - Plataforma de servei (reparacions, rentat, etc.).



- Segons el tipus de vol:
 - Domèstic.
 - Internacional.
- Segons el mètode d'estacionament:
 - Proa endins.
 - Angulat amb proa endins.
 - En paral·lel.
 - Angulat amb proa enfora.
 - Proa enfora.
- Segons la seva posició respecte la terminal.
 - En contacte (moviments mitjançant passarel·la).
 - En remot pròxim (moviments a peu).
 - En remot llunyà (moviments mitjançant un bus).

El disseny de la plataforma s'ha de realitzar de manera que tingui el major nombre de llocs d'estacionament i que puguin ser utilitzats per aeronaus diferents.

Aplicació: La plataforma del nostre projecte d'aeroport serà per a trànsit comercial, de passatgers, per vols domèstics, amb estacionaments proa endins i amb llocs d'estacionament en contacte, en remot pròxim i en remot llunyà.

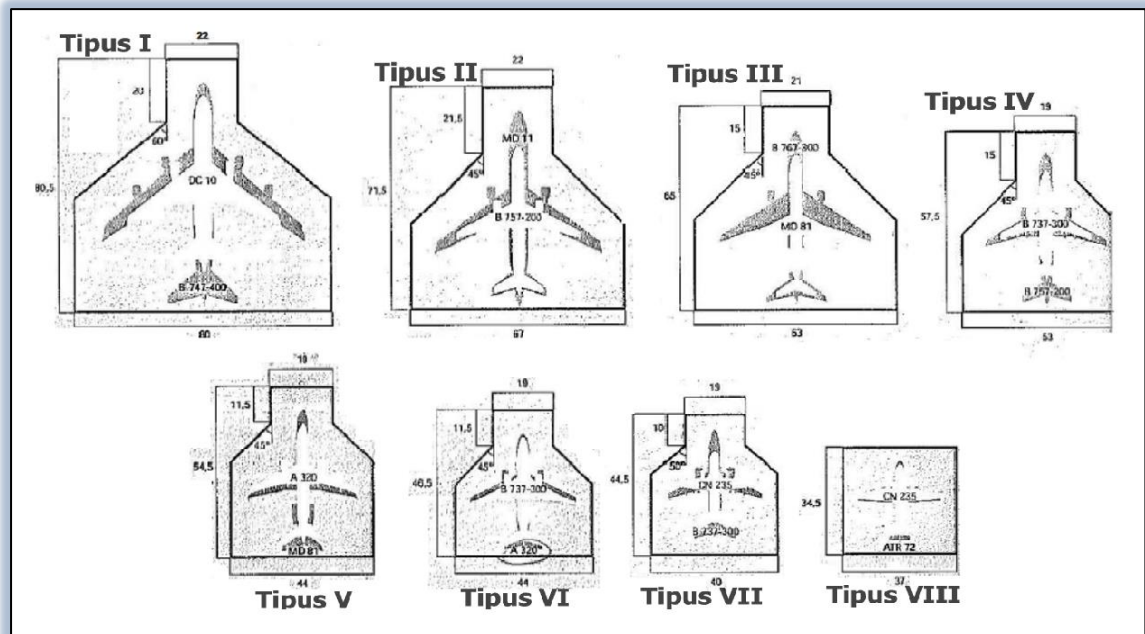
12.4.2.Dimensions

Per establir les dimensions dels llocs d'estacionament ens basarem en la següent taula:

Clau	Tipus	Aeronaus	Llargada	Amplada
E	I	B-747, A-340	80,5 m	80 m
D/E	II	MD-11, DC-10, DC-8/63	71,5 m	67 m
D	III	B-767, B-707, L-1011, IL-62, A-330, A-310, DC-8/53	65 m	63 m
D	IV	B-757, Tu-154	57,5 m	53 m
C	V	B-727, MD-81a83, MD-88	54,5 m	44 m
C	VI	MD-87, A-320, Tu-134, B-737/600a800	46,5 m	44 m
C	VII	DC-9, B-737/100a500, F-100, BAe143, F-28, F-27, BA-111, BAe146/200a300	44,5 m	40 m
B	VIII	ATR-72, ATR-42, CN-235, BAe146/100	34,5 m	37 m



Cada aeronau, segons el nombre tipus, ha de tenir un lloc d'estacionament amb unes dimensions determinades. En els següents dibuixos podem veure les mesures de la zona:



Tipus de llocs d'estacionament segons l'aeronau.

Font: Aeroports

Aplicació: L'aeroport constarà de 17 llocs d'aparcament, sis dels quals en contacte mitjançant passarel·la, cinc en remot pròxim i sis en remot llunyà.

Aquests llocs d'estacionament seran per configuracions de diferents tipus: 13 llocs tipus IV per l'aeronau determinant B737-800, 2 llocs tipus VII per aeronaus més petites amb motors turbohèlix o turbofan¹⁰, 1 lloc tipus III i un altre tipus IV per alguna aeronau amb condicions de càrrega poc exigents que pogués aterrar a la nostra pista.

Aquests dos últims llocs d'estacionament portaran les marques laterals pintades amb línia discontinua que permetran que aeronaus de tipus VI puguin estacionar en ells.

12.4.3.Pendent

Es recomana que la pendent màxima al punt d'estacionament d'aeronaus no sigui superior a un 1%.

¹⁰ Són els tipus de motor utilitzats per gran part de les aeronaus comercials.



Aplicació: Tal i com s'està intentant a respectar en tot el projecte, els llocs d'estacionament no superaran l'1% de pendent màxim.

12.4.4.Marges de separació

Es recomana que un lloc d'estacionament tingui els següents marges de separació respecte d'un altre o d'un edifici:

Clau	A	B	C	D	E	F
Marge	3 m	3 m	4,5 m	7,5 m	7,5 m	7,5 m

Aplicació: L'edifici més pròxim està situat a 10 metres dels llocs d'estacionament.

12.4.5.Plataformes especials per desgel i proves de motors

Depenent de la climatologia s'haurà de disposar de plataformes específiques per dur a terme tractaments de desgel en els avions. La planificació d'aquests punts és igual als llocs d'estacionament convencionals però s'haurà d'afegir una distància extra de 3,8m a tot el voltant per tal que les màquines es puguin moure amb facilitat.

Les proves de motors han fet que alguns aeroports hagin incorporat plataformes especials per reduir el soroll. Aquestes plataformes consisteixen en unes pantalles aïllants que encerclen l'avió i en uns deflectors situats a la part on s'orienten els motors que frenen i desvien el soroll i els rajos d'aire.

Com que és una obra complexa i cara, el que sí que utilitzen molts aeroports són simples deflectors que minimitzen el soroll o el perill que poden ocasionar els rajos dels motors a altes velocitats i temperatures, i incrementen l'espai útil de l'aeroport.



Deflectors de seguretat.
Font: iac-acoustics.com

Aplicació: Al no ser un gran aeroport ni operar en temperatures extremadament baixes no disposarem ni de plataformes de desgel ni de deflectors per proves de motors.



12.4.6. Vies de servei

A la plataforma hi circulen un gran nombre de vehicles (porta equipatges, re-abastiment de combustible, càtering, etc.), per això s'han d'habilitar vies de circulació de dos sentits que permetin una altura mínima de 4,75m.

També serà obligatori disposar d'una via de servei que recorri la façana interior de l'edifici terminal.

Aplicació: Les vies de servei mesuraran 5m d'amplada per sentit i no tindran obstacles a menys de 4,75m d'alçada.



13. Ajudes visuals

13.1. Senyalització pintada

13.1.1. Senyalització de pistes

Les senyals de pista seran blanques, conservant-se en la intersecció amb un carrer de rodament.

Després dels llindars es situaran els senyals per designar la pista. Aquests consistiran en un número de dues xifres acompanyat d'una lletra en el cas que hi hagin pistes paral·leles (L, C, R).

Les dimensions dels números i les lletres hauran de ser majors o iguals als indicats a l'annex (*figura 10*).



Senyalització dels números de pista.
Font: Google Maps

Aplicació: Els nostres senyals per designar la pista consistiran en dos números a cada extrem (07 i 25).

Tota pista pavimentada tindrà un senyal que marqui el seu eix que consistirà en una línia discontinua. La llargada de la línia sumada amb el seu espai sense pintar (interval) no podrà ser inferior a 50m ni superior a 75m. La llargada de la línia pintada haurà de ser d'almenys 30m, però mai inferior a la meitat del interval.

L'amplada d'aquesta línia no serà menor de 0,30m (pistes de vol visual i en aproximacions de no precisió amb numero de clau 1 o 2), 0,45m (pistes d'aproximació de no precisió amb número de clau 3 o 4 i aproximació Cat I) o 0,90m (pistes d'aproximació Cat II i III).

Aplicació: Tot i que l'aeroport és Cat I, les línies mesuraran 30m de llargada per 0,9m d'amplada i tindran una separació de 20m entre elles.

S'haurà de disposar d'una senyal del llindar en les pistes de vol per instruments i en les de vol visual amb nombre de clau 3 o 4.



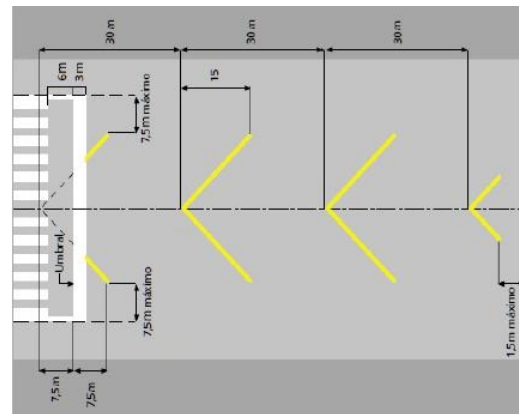
Les franges de senyal del llindar començaran a 6m del llindar. Segons l'amplada de la pista tindrem un nombre determinat de franges:

Amplada de pista	18 m	23 m	30 m	45 m	60 m
Nombre de franges	4	6	8	12	16

Les franges tindran com a mínim una llargada de 30m i una amplada de 1,80m, amb una separació entre elles d'1,80m, a excepció a les més pròximes a l'eix de la pista que tindran una separació de 3,60m.

Aplicació: El llindar de la nostra pista tindrà 12 franges. Cada una mesurarà 30m de llargada per 2m d'amplada. La separació entre elles serà d'1,7m, a excepció a la central que com les normes estableixen serà de 3,6m.

Si el llindar es troba desplaçat respecte l'extrem de la pista s'afegirà una franja lateral que no serà inferior a 1,80m d'amplada. També s'haurà d'assenyalar amb fletxes situades a l'eix central tal com es pot veure al dibuix.



Senyalització del llindar desplaçat.
Font: <http://es.scribd.com/48458416/>

Aplicació: Com que el llindar del nostre aeroport estarà desplaçat a causa de les zones SWY i CWY haurem d'afegir la franja lateral i les fletxes a la nostra pista.

Tota pista número de clau 2, 3 o 4 haurà de tenir l'anomenat “*aiming point*” (punt de mira), que és el punt on el pilot fa que apunti l'avió en l'aproximació. Aquesta senyal consisteix en dues franges ben visibles que haurem de dimensionar de la següent manera:

Emplaçament i dimensions	Distància disponible per aterratges			
	Menys de 800 m	De 800m fins a 1200m	De 1200m fins a 2400m	2400m o més
Distància entre el llindar i el començament del senyal	150m	250m	300m	400m
Llargada de franja	30 – 45m	30 – 45m	45 - 60m	45 -60m
Amplada de franja	4m	6m	6 - 10m	6 -10m
Espai lateral entre els costats interiors de les franges	6m	9m	18 - 22.5m	18 -22.5m

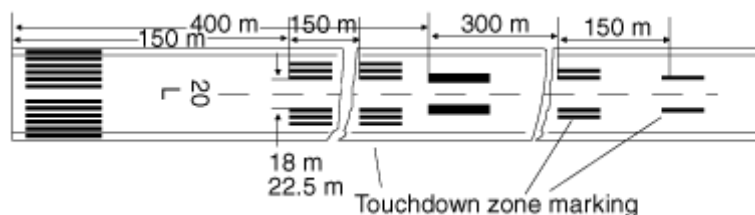


Aplicació: L'“*aiming point*” estarà situat a 400m de cada extrem de la pista. Les seves dimensions seran 45m de llargada per 7,5m d'amplada. Els dos senyals tindran una separació interior de 18m.

Tota pista pavimentada per aproximacions de precisió amb número de clau 2, 3 o 4 disposarà dels senyals de presa de contacte. Aquesta senyal consistirà en parells de senyals disposats simètricament respecte l'eix de la pista que s'hauran de col·locar en els dos sentits. Per determinar el nombre de parells que necessitarà ens basarem en la següent taula:

Llargada de pista	$L < 900 \text{ m}$	$900 \leq L < 1.200 \text{ m}$	$1.200 \leq L < 1.500 \text{ m}$	$1.500 \leq L < 2.400 \text{ m}$	$L \geq 2.400 \text{ m}$
Nombre de parells	1	2	3	4	6

El parells de senyals de presa de contacte s'ubicaran a 150m del llindar i seguiran les dimensions representades en el següent dibuix:



Metodologia pel dimensionat dels senyals de presa de contacte.
Font: Aeroports

Aplicació: La nostra pista haurà de disposar de 6 parells de senyals de presa de contacte per sentit, un inclòs dins dels “*aiming point*”. Les dimensions seran de 22,5m de llargada per 1,8m d'amplada amb una separació d'1,5m.

Es recomana que totes les pistes d'aproximació de precisió disposin de senyals de franja de pista. Aquesta senyal consisteix en dues línies rectes que van de llindar a llindar i delimiten la pista amb els marges. El costat exterior de cada línia ha de coincidir amb el límit lateral de la pista, i ha de tenir una amplada lateral mínima de 0,90m en pistes d'amplada superior a 30m o de 0,45m en les pistes més estretes.

Aplicació: Les senyals de franja de pista la recorreran d'extrem a extrem i tindran una amplada de 0,9m.



13.1.2.Senyalització dels carrers de rodament:

Els senyals de carrer de rodament i els dels llocs d'aparcament seran de color groc.

En tots els aeroports de número de clau 3 i 4 hauran de disposar de senyals d'eix en els carrers de rodament i les plataformes de manera que subministrin una guia contínua fins a la pista.

També hauran de disposar de senyals de franja lateral de 0,90m mínim si l'amplada del carrer és de 30m o més, o de 0,45m mínim si és inferior a 30m.

Aplicació: L'aeroport tindrà unes franges laterals de 0,9m d'amplada.

Es recomana que en la intersecció del carrer de rodament amb la pista, el senyal d'eix del carrer entri a la pista formant una corba i així alineant l'aeronau per l'enlairament. Aquesta línia s'hauria d'allargar per sobre l'eix de la pista fins a una distància mínima de 60m respecte el punt de tangència (aeroports de clau 3 o 4) o d'almenys 30m (aeroports de clau 1 o 2).

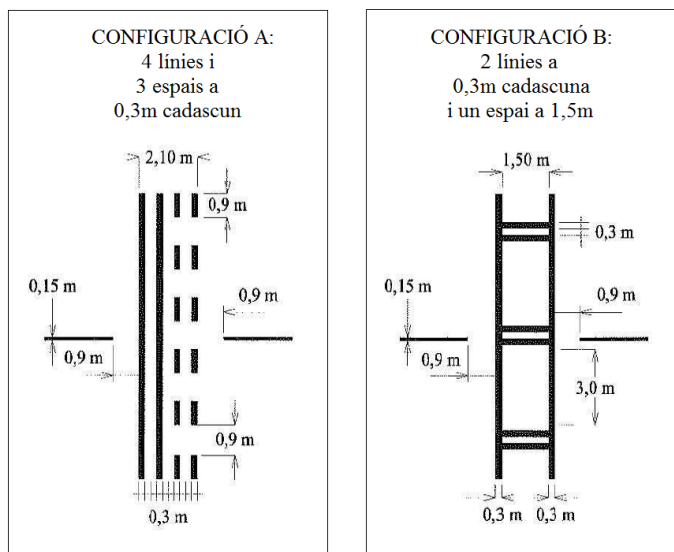
Aplicació: Respectant la clau 4 del nostre aeroport, la línia de l'eix de rodament s'allargarà a una distància de 60m respecte el punt de tangència.

Una senyal d'eix de carrer de rodament tindrà 15cm d'amplada com a mínim i serà de traç continu en gairebé tots els casos (excepte quan la talli una senyal de punt d'espera de pista o una senyal de punt d'espera intermedi).

Aplicació: La senyal d'eix de rodament mesurarà 0,30m d'amplada.

Disposarem obligatòriament d'una senyal de punt d'espera de la pista en tot punt d'espera.

Si la intersecció del carrer de rodament és amb una pista de vol visual, d'aproximació de no precisió o d'enlairament el senyal de punt d'espera serà segons la configuració A.



Configuracions dels senyals de punt d'espera.
Font: Aeroports

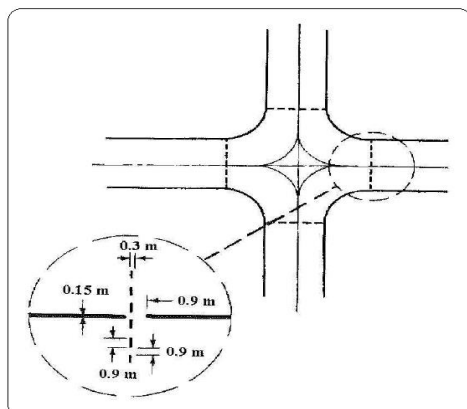
Si la intersecció del carrer de rodament és amb una pista d'aproximació de precisió Cat. I, II o III i només hi ha un punt d'espera, el senyal també anirà amb la configuració A. En canvi, si disposem de 2 o 3 punts d'espera la senyal més pròxima a la pista anirà amb la configuració A, i la o les més allunyades aniran amb la configuració B.

El senyal de punt d'espera entre dues pistes serà perpendicular a l'eix de pista de la ruta que està traçant i portarà la configuració A.

Aplicació: El nostre aeroport disposarà de quatre punts d'espera de configuració A (2 a cada costat) i de dos punts d'espera de configuració B abans d'entrar a les dues zones d'espera.



Senyals de punt d'espera de configuració A a la zona del projecte d'aeroport.
Font: Autor

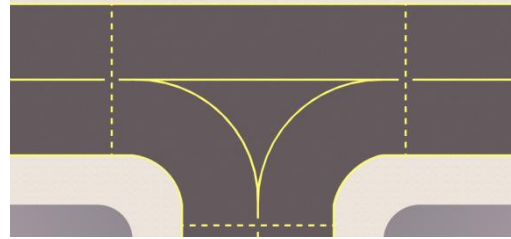


Configuració dels senyals de punt d'espera intermedis.
Font: Aeroports

Es recomana disposar de senyals de punt d'espera intermedis en cadascun d'aquests que consistiran en una línia simple discontinua amb les dimensions del següent dibuix.



Aplicació: En cada encreuament entre dos carrers de rodament hi ubicarem senyals de punt d'espera intermedis.



Senyals de punt d'espera intermedis del projecte d'aeroport.
Font: Autor

13.1.3. Senyalització a la plataforma

És recomanable tenir senyals d'estacionament d'aeronaus a tota la plataforma que incloguin elements per la identificació del lloc, línia d'entrada, barra d'alineació i línia de parada.

Es recomana que els llocs d'estacionament que puguin ser utilitzats per diferents tipus d'aeronaus es pintin les línies principals amb traços continus i les línies secundàries amb traços discontinus (0,5m tram pintat – 0,5m tram no pintat).

Les línies d'entrada i de gir han de ser contínues, grogues i d'una amplada de 0,30m.

Les línies d'entrada al lloc d'estacionament han de permetre mantenir el marge de la aeronau que vol estacionar amb la que està estacionada de manera que pugui entrar sense maniobrar.

Es recomana que les línies de gir tinguin un tram recte d'almenys 3m abans d'arribar a la línia de parada.

La línia de parada ha de tenir una llargada de 6m i una amplada d'entre 0,15m i 0,30m. També ha d'estar separada perpendicularment a 2m com a mínim de la línia d'entrada.

Com que els paviments de les plataformes acostumen a ser d'uns materials diferents i més clars als de les pistes, molts cops als costats de la línia de senyal de rodament (grogà) s'hi afegeixen línies negres d'uns 15cm aproximadament per tal de millorar el contrast.

El senyal d'identificació del lloc d'estacionament és un número pintat a la superfície que designa un lloc d'estacionament. S'ha de col·locar d'una manera que es vegi clarament des de la cabina del pilot. Les inscripcions d'aquest senyal seran grogues sobre fons negre.



Senyal d'estacionament.
Font: Autor



13.2.Llums aeronàutiques

Les llums aeronàutiques són aquells emissors de llum instal·lats a la superfície d'un aeròdrom per facilitar als pilots la navegació aèria i donar seguretat a les operacions.

Les llums poden ser enquestades (quan estan situades en superfícies i suporten el pas de les rodes de les aeronaus per sobre seu) o elevades (quan estan situades sobre suports que es trenquen fàcilment).

La intensitat de la il·luminació haurà de ser l'adequada per les condicions mínimes de visibilitat. A més a més s'haurà de disposar d'un sistema d'il·luminació d'emergència per si hi ha alguna fallada amb el principal.

13.2.1.Fars aeronàutics

Els aeroports que acullin operacions de nit hauran de tenir un far d'aeròdrom si les aeronaus fan vols visuals, si la visibilitat és reduïda o si és difícil localitzar l'aeròdrom des de l'aire.

El far d'aeròdrom s'haurà de situar a l'aeroport o en un lloc pròxim d'aquest. S'ha de tenir en compte que la zona on s'emplaci sigui fosca, no el tapi cap objecte, no enlluerni els pilots, i es vegi des de tots els angles. Aquest far emetrà centelleigs de color verd alternats amb centelleigs blancs (20-30 centelleigs per minut).

El far d'identificació d'aeròdrom s'utilitzarà en els casos que sigui difícil identificar l'aeroport des de l'aire. Aquest es situarà a l'aeròdrom en una zona amb poca il·luminació. Aquest tipus de far emetrà centelleigs verds 6-8 vegades per minut.

Aplicació: L'aeroport del projecte no haurà de disposar ni de fars d'aeròdrom ni de fars d'identificació ja que els avions que hi operaran faran vols instrumentals i estarà ubicat a una zona amb bones condicions meteorològiques i en un terreny pla.

13.2.2.Sistemes d'il·luminació d'aproximació

Els sistemes d'il·luminació d'aproximació depenen de la categoria de la pista:

- Pistes de vol visual → Sistema senzill de llums d'aproximació: Està format per una fila de llums situada a la prolongació de l'eix de pista fins a una distància



mínima de 420m respecte el llindar, amb una separació de 60m o 30m amb una barra transversal als 300m de 18m o 30m de llargada constituïda per llums separades d'1m a 4m. Les llums seran fixes i d'un color que es distingeixin amb les de l'entorn.

(Mirar la figura 11 de l'annex).

- Pistes instrumentals de no precisió i de precisió Cat. I → Sistema d'il·luminació de Cat. I: Aquest sistema és similar a l'anterior però s'estendrà fins a 900m respecte el llindar. Constarà de llums blanques separades 30m les unes de les altres, on en els primers 300m hi haurà només una llum, en els següents 300m seran 2 llums paral·leles i en els 300m finals en seran 3.

Com a substitut de llums individuals podem utilitzar barretes de 4m de llargada mínima.

Si fem servir el sistema de llums senzilles col·locarem una barreta transversal cada 150m.

(Mirar la figura 12 de l'annex).

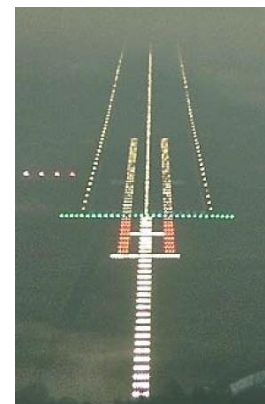
- Pistes d'aproximació Cat II o III → Sistema d'il·luminació de Cat. II i III: Aquest sistema de llums és una ampliació de l'anterior. S'afegeixen dues files de llums laterals fins a 270m del llindar amb un espaiat de 18m o 22,5m.

Les llums seran blanques els primers 300m amb les dels laterals de color vermell.

(Mirar la figura 13 de l'annex).



Sistema Cat. I
Font:
skycrapercity.com



Sistema Cat. II i III
Font:
skycrapercity.com

Aplicació: Al nostre aeroport haurem d'implantar el sistema d'il·luminació de Cat. I seguint les mides i instruccions especificades per aproximacions de precisió de categoria I.

13.2.3.Sistemes visuals indicadors del pendent en l'aproximació:

Per motius de seguretat és obligatori que en totes les pistes on hi operin aeronaus amb reactors, disposin de sistemes indicadors de pendent d'aproximació.



Aquests sistemes es classifiquen en T-VASIS (*Tee Visual Approach Slope Indicator*), AT-VASIS (*Abbreviated Tee Visual Approach Slope Indicator*), PAPI (*Precision Approach Path Indicator*) i APAPI (*Abbreviated Precision Approach Path Indicator*).

Per números de clau 1 o 2 s'instal·laran PAPI o APAPI i per números de clau 3 o 4 s'instal·laran PAPI, T-VASIS o AT-VASIS.

Tots aquestes sistemes es basen en uns tipus de llums que es veuen d'un color o d'un altre depenent de l'angle en que són mirades.

T-VASIS: Consisteix en 20 elements lluminosos disposats simètricament respecte l'eix de la pista en forma de dues barres de 4 elements lluminosos cada una i tallades per la meitat per files longitudinals de 6 llums.

AT-VASIS: Consisteix en 10 elements lluminosos disposats a un costat de la pista en forma de una sola barra de 4 llums tallada per la meitat per una fila longitudinal de 6 llums.

El funcionament del T-VASIS i el A-VASIS és igual:

-Quan l'avió voli per sobre del pendent d'aproximació veurà de color blanc tots els llums.

-Quan l'avió voli en el pendent d'aproximació veurà de color blanc les llums anteriors i de color vermell les llums posteriors.

-Quan l'avió voli per sota del pendent d'aproximació veurà de color vermell totes les llums.

PAPI: Consisteix en una barra de 4 elements col·locada al costat esquerre de la pista (a vegades als dos costats) i a l'altura de l'*aiming point*.

El funcionament és el següent:

-Quan l'avió voli al pendent correcte veurà les dues llums pròximes a la pista de color vermell i les altres dues de color blanc.



-Si vola una mica per sobre veurà 3 llums blanques i una vermella i si vola molt per sobre les veurà totes blanques.

-Si vola una mica per sota veurà 3 llums vermelles i una blanca i si vola molt per sota les veurà totes vermelles.

APAPI: Consisteix en una barra de 2 elements col·locada al costat esquerre de la pista i a l'altura de *l'aiming point*.

El funcionament és idèntic al de les llums PAPI però al haver-hi només dues llums només et diu si vas alt, baix o correcte.

Tan les llums PAPI com les APAPI es veuen des de 5 milles nàutiques de dia i des de 20 milles nàutiques de nit.



Exemple de les llums PAPI
Font: faa.gov

Aplicació: L'aeroport en qüestió utilitzarà les llums PAPI com a sistema visual indicador del pendent en l'aproximació ja que és el més utilitzat i un dels millors.

13.2.4.Sistemes d'il·luminació de pista

Llums d'eix de pista: És recomanable instal·lar llums d'eix de pista en pistes de Categoria I, en pistes on les llums de vora estan separades a més de 50m o en pistes amb aeronaus que tenen una velocitat d'aproximació superior als 250km/h.

És obligatori en totes les pistes on es duen a terme aproximacions de precisió de categoria II o III.

S'instal·laran a l'eix de la pista amb una equidistància de 15m o 30m.



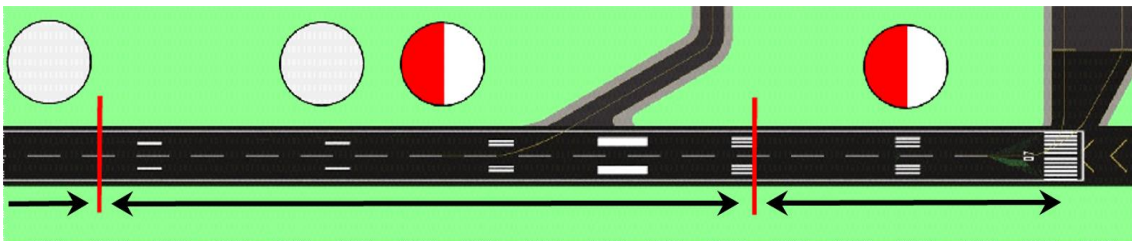
Llum d'eix bidireccional
blanc-vermell
Font:
cooperindustries.com



Aquestes llums seran blanques des del llindar fins a 900m abans de l'extrem de la pista, alternades de color vermell i blanc des dels 900m als 300m de l'extrem de la pista, i de color vermell els últims 300m.

S'ha de tenir en compte que totes seran bidireccionals¹¹ ja que s'han de veure pels dos sentits de la pista. Ens trobarem amb llums bidireccionals d'eix de pista de color blanc-blanc i blanc-vermell.

Aplicació: Al llarg de l'eix de la pista i amb una equidistància de 30m hi hauran llums de pista disposades de la manera que marca el reglament.



A la dreta llums bidireccionals durant 300m, al mig llums uni- i bidireccionals durant els segons 600m i a l'esquerra llums unidireccionals blanques fins els mateixos punts simètrics.

Font: Autor

Llums de vora de pista: Aquest tipus de llums s'utilitza en pistes amb operacions nocturnes o en pistes per aproximacions de precisió.

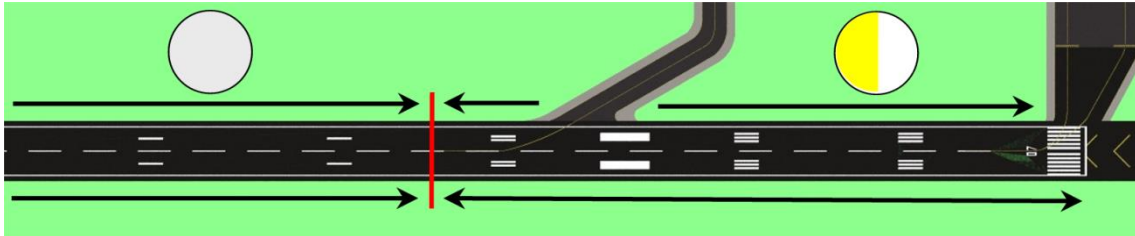
S'emplaçaran al llarg de la pista en dues files paral·leles i equidistants de l'eix de la pista a una distància exterior de 3m. S'espaiaran entre una i altra de manera uniforme a distàncies no superiors a 60m (vol instrumental) o 100m (vol visual).

Les llums seran de color blanc excepte en els últims 600m que seran grogues, per tant seran bidireccionals de color blanc-blanc o blanc-groc.

¹¹ Sistemes lumínics que emeten la llum en dos sentits diferents.



Aplicació: Les llums de vora de pista del projecte d'aeroport aniran situades a 3m dels marges de la pista i a una equidistància de 60m



A la dreta llums bidireccionals durant 600m i a l'esquerra llums unidireccionals blanques fins els mateixos punts simètrics de la pista.

Font: Autor

Llums del llindar de pista: Seran obligatòries a totes les pistes equipades amb llum de vora.

Quan el llindar coincideixi amb l'extrem de pista s'hauran de situar sobre una línia perpendicular a l'eix de la pista a una distància d'entre 0,6m i 3m d'aquest.

Si el llindar està desplaçat respecte l'extrem de la pista, les llums del llindar coincidiran amb aquest fent una línia perpendicular a l'eix de la pista.

A les pistes d'aproximació visual o de no precisió s'instal·laran almenys 6 llums de llindar, en canvi, a les pistes Cat. I, II i III es col·locaran separades 3m les unes de les altres.

Les llums seran verdes i unidireccionals¹².

Aplicació: Les llums de llindar de pista estaran col·locades cada 7,5m formant una barra total de 6 llums.

Llums d'extrem de pista: S'instal·laran llums d'extrem de pista en tota pista equipada amb llums de vora de pista.

Es situaran el més a prop possible dels extrems, perpendicularment a l'eix de la pista.

Es recomana que aquest sistema consti d'almenys 6 llums, espaiades uniformement o situades simètricament en dos grups amb un espai entre elles no superior a la meitat de

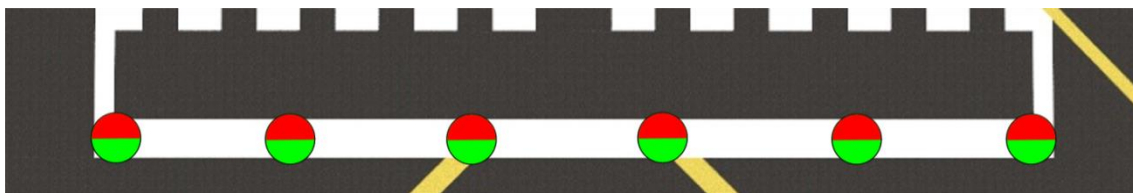
¹² Sistemes lumínics que emeten la llum només en un sentit.



la distància que hi ha entre les llums de vora. Per les pistes Cat. III l'espaiat entre llum i llum no podrà ser superior a 6m.

Aquestes llums seran vermelles i unidireccionals, excepte quan coincideixin amb les del llindar que hauran de ser bidireccionals de color vermell-verd.

Aplicació: Les llums d'extrem de pista coincidiran totalment amb les llums de llindar de pista, per tant n'hi hauran 6 tal com és recomanat.



En verd podem veure les llums del llindar de pista i en vermell les llums d'extrem. Finalment seran totes bidireccionals ja que com hem dit abans coincideixen totalment.

Font: Autor

Llums de presa de contacte: Tots dels aeroports Cat. II i III hauran de disposar de llums de presa de contacte.

Consisteixen en dos fileres de barretes transversals situades simètricament als costats de l'eix de la pista. Aquestes barretes estan formades per tres llums blanques i unidireccionals que enfoquen cap al llindar en que es duu a terme l'aproximació.

Les files de llums es situaran longitudinalment des del llindar fins la meitat de la pista si aquesta és menor de 1800m o des del llindar fins a 900m si és superior.

La primera barra la situarem a 30m del llindar i els següents parells aniran situats a 30m o 60m d'aquesta (recomanable els 30m). Cada barreta tindrà el mateix espaiat respecte l'eix de la pista que el del senyal de presa de contacte, mesurarà 3m, 4m o 5m de llargada i estarà formada per 3 llums amb un espaiat entre elles no superior a 1,5m.

Aplicació: L'aeroport del projecte no necessitarà llums de presa de contacte ja que és de Categoria I.

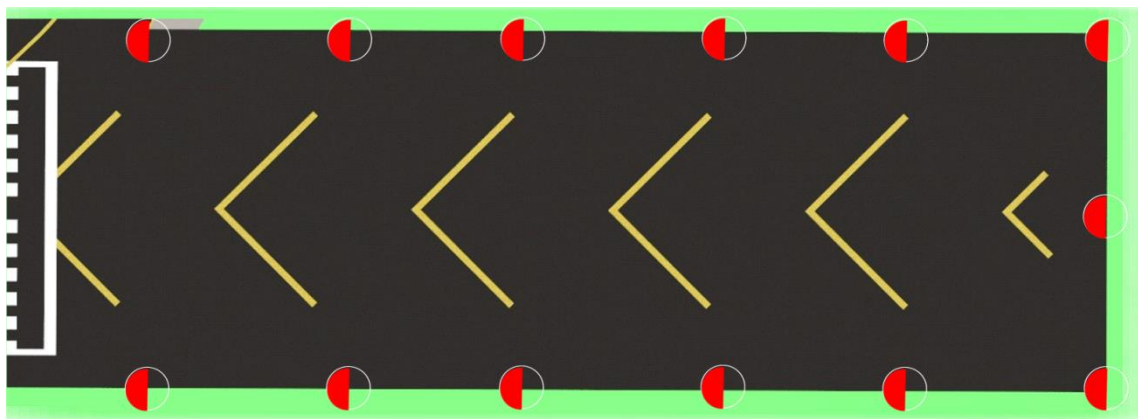
Llums de zona de parada: S'instal·laran aquest tipus de llums a les pistes que tinguin previstes operacions nocturnes



Les llums s'emplaçaran a les vores laterals paral·leles a l'eix. També hi haurà llums de zona de parada perpendiculars a l'eix tan a prop com sigui possible de l'eix amb una distància màxima de 3m respecte l'extrem.

La separació de les llums ha de ser de 30m entre cada una, seran unidireccionals, de color vermell i visibles en la direcció de la pista.

Aplicació: Al tenir dues zones d'espera i a l'utilitzar la pista en horari nocturn haurem de disposar de llums separades 30m les unes de les altres a la zona d'espera. Tindrem 3 llums a l'extrem de les zones d'espera que marcaran el límit de la línia central i els dels dos marges.



A la imatge podem veure la disposició de les llums de zona de parada del projecte d'aeroport.
Font: Autor

13.2.5. Sistemes d'il·luminació dels carrers de rodament

Llums d'eix de carrer de rodament: Es recomana la seva instal·lació en els carrers de rodament destinats a ús nocturn. Haurien d'estar disponibles en totes les instal·lacions de manera que proporcionin una guia contínua entre els punts d'estacionament i la pista, però sobretot en les interseccions difícils entre carrers o en les entrades a pista.

És recomanable que s'emplacin sobre els senyals pintats de l'eix del carrer de rodament. Quan no pugui ser així es podran emplaçar a una distància màxima de 30m d'aquest.

La separació recomanada en entre llum i llum serà de com a màxim 30m als trams rectes.

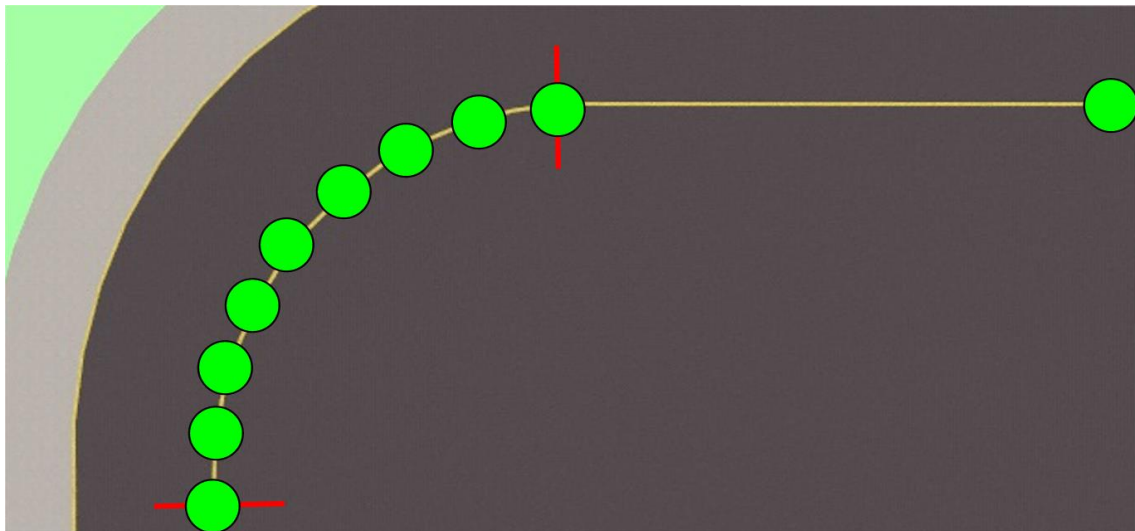


Als trams on hi hagi una separació corba, l'espai no podrà ser major a 7,5m per radis de gir iguals o inferiors a 400m, 15m per radis de gir superiors a 400m i inferiors a 900m, o 30m per radis de gir iguals o superiors a 900m..

Aquestes llums seran de color verd unidireccionals o bidireccionals, depenent de si el carrer només és d'un sentit o n'és de dos.

Cal tenir molt en compte la disposició amb que s'instal·laran a la superfície per tal de que no es puguin confondre amb les llums del llindar de pista.

Aplicació: Gran part dels girs de l'aeroport tenen un radi inferior als 400m per tant les llums d'eix dels carrers de rodament tindran una separació de 7,5m a les corbes i una separació de 30m a les rectes. La seva disposició serà bidireccional.



Un dels girs del aeroport amb les llums d'eix de carrer de rodament a 7,5m i un tram recte.
Font: Autor

Llums de vora del carrer de rodament: S'instal·laran aquest tipus de llums a les vores de les zones d'espera, a les plataformes i a les vores dels carrers de rodament i de la sortida ràpida.

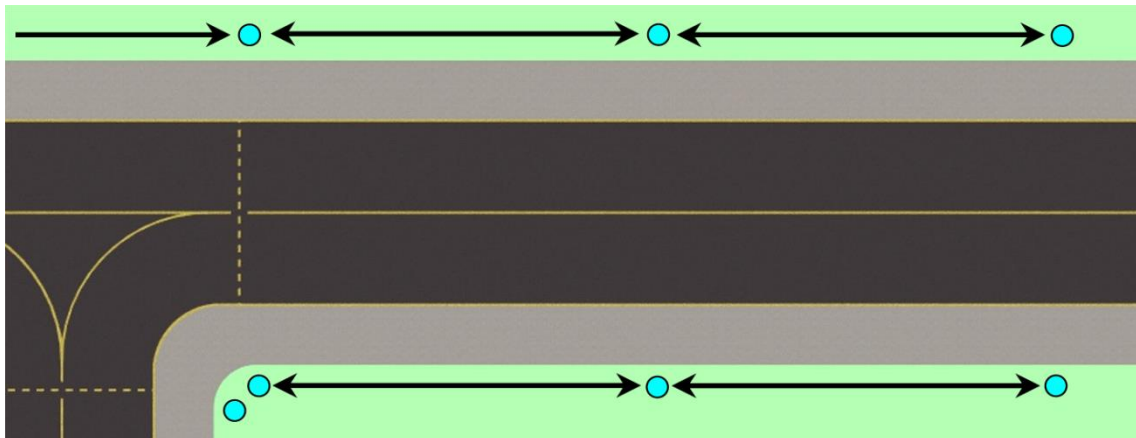
Es recomana que les llums s'instal·lin equidistants a intervals no superiors a 60m als trams rectes, i a intervals inferiors a 60m a les corbes.

Les llums haurien d'anar emplaçades tan a prop com sigui possible dels marges , però mai més lluny de 3m.



Les llums de vora dels carrers de rodament seran visibles des de qualsevol angle i tindran color blau.

Aplicació: El projecte disposarà de llums de vora de carrer de rodament cada 60m als trams rectes. A les corbes dependrà del radi de curvatura, però la separació sempre serà inferior als 60m.

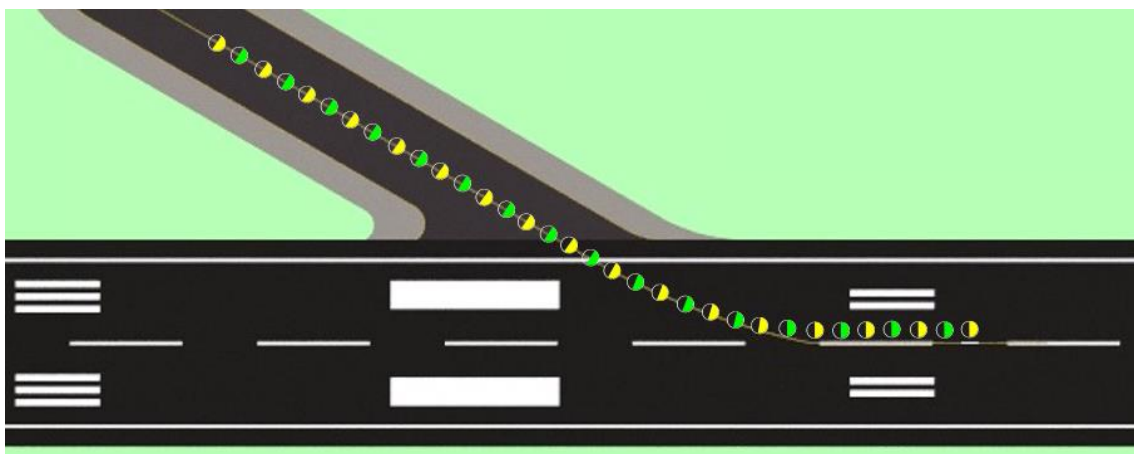


Llums blaves bidireccionals corresponents a les de la vora dels carrers de rodament.
Font: Autor

Llums dels carrers de sortida ràpida: Aquestes llums guiaran el pilot durant la trajectòria del carrer de sortida ràpida.

Seràn de color verd i groc alternativament des del seu començament en un punt paral·lel a l'eix del carrer de rodament fins ben entrat al carrer de rodament.

La seva disposició serà igual a la de les llums de l'eix del carrer de rodament.



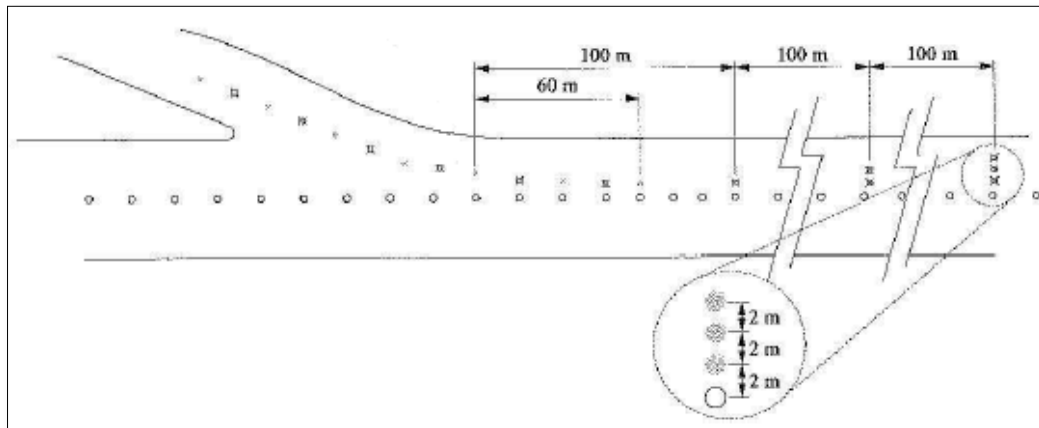
Les llums dels carrers de sortida ràpida unidireccionals amb un espaiat de 7,5m que permetrà a les aeronaus fer la maniobra de sortida de pista a velocitats elevades.

Font: Autor



Llums indicadores dels carrers de sortida ràpida (RETIL): La seva instal·lació és recomanable en pistes d'utilització nocturna i la seva funció és indicar als pilots la posició dels carrers de sortida ràpida.

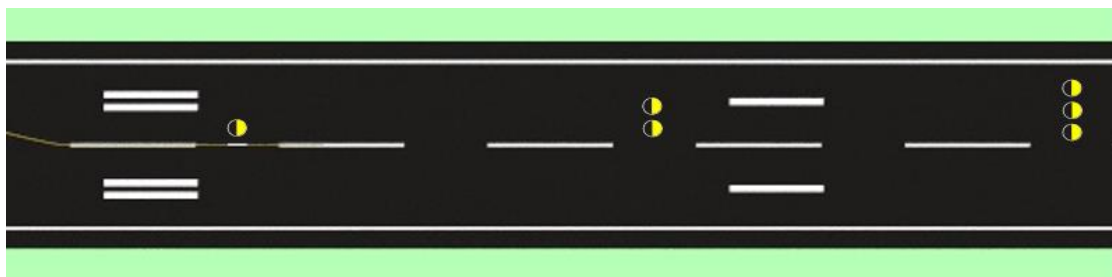
Són llums unidireccionals grogues col·locades al costat de l'eix de la pista on hi ha el carrer de sortida ràpida. La seva disposició a la pista és com la del següent dibuix:



Configuració de les llums RETIL a la pista.

Font: Aeroports

Aplicació: Tal com podem veure en la imatge anterior haurem de posar llums RETIL en tres punts diferents amb una separació de 100m entre cada grup.



La col·locació de les llums RETIL a la pista.

Font: Autor

Llums de barra de parada: La seva funció és indicar que l'avió ha de parar, per tant han de ser controlades pels serveis de trànsit aeri.

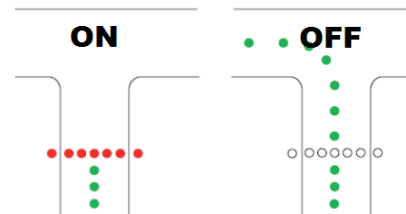


S'instal·laran aquest tipus de llums en punts d'espera i en punts d'espera intermedis situats als carrers de rodament. Tot i que només són obligatòries en pistes on l'abast visual sigui inferior als 350m, és molt recomanable disposar-ne en tot tipus de condicions.

Les llums de barra de parada es col·locaran transversalment a l'eix del carrer de rodament, al punt on es desitgi l'aturada de les aeronaus. La seva separació serà a intervals de 3m. És recomanable afegir una llum elevada a cada extrem de les barres de parada. Aquesta no podrà anar allunyada a més de 3m dels marges.

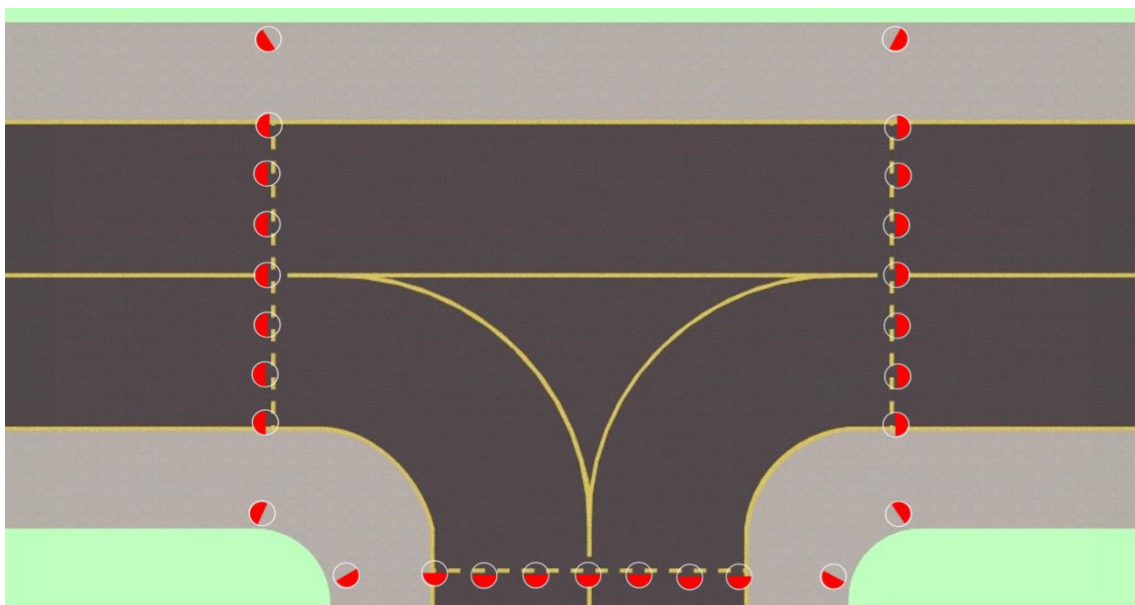
Les llums seran de color vermell i unidireccionals.

Aplicació: Disposarem de llums de barra de parada a cada punt d'espera d'entrada a pista o intermedi. La separació de les llums serà de 3m i hi situarem una llum elevada a cada costat de la barra.



Funcionament de les llums de barra de parada.

Font: Autor



Llums de barra de parada en un encreuament de l'aeroport.
El parell de llums elevades es situa a l'extrem dels marges.

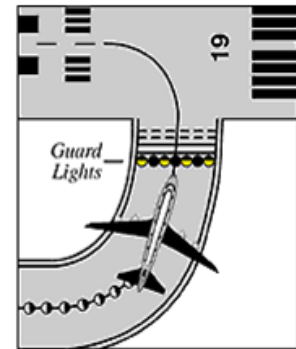
Font: Autor



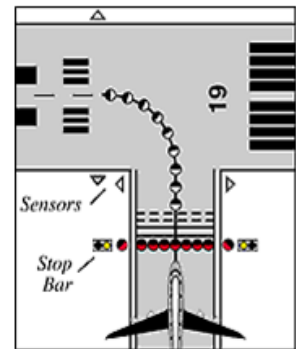
Llums de protecció de pista: Consisteixen en un parell de llums unidireccionals grogues que s'encenen i apaguen alternativament entre 30 i 60 cops per minut.

S'acostumen a instal·lar en pistes on no hi ha llums de barra de parada però es recomana el seu ús en tot tipus de pistes i encara més si el seu trànsit és elevat.

La seva ubicació quan la pista no disposa de llums de barra de parada seria enquestada al terra de la mateixa manera com es posarien les anteriors (configuració A). Si la pista disposa de llums de barra de parada s'acostumen a ubicar als laterals del senyal de punt d'espera (configuració B).



Configuració A.



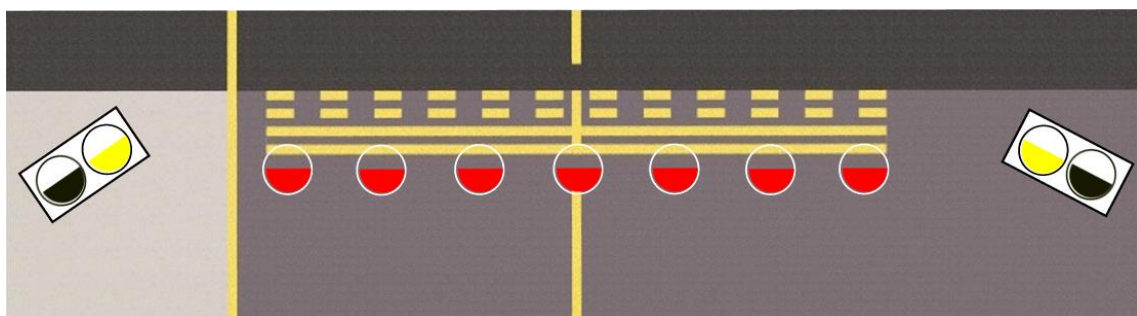
Configuració B.

Font: faa.gov



Llum de protecció de pista.
Font: airportlightingcompany.com

Aplicació: Als dos costats de les zones de parada per entrada a pista situarem aquest parell de llums intermitents.



Llums de protecció de pista al punt d'espera situat a la zona d'espera del projecte d'aeroport.
Font: Autor



13.2.5.Sistemes d'il·luminació de la plataforma

Les plataformes i els llocs d'estacionament que s'utilitzin en horari nocturn s'han d'il·luminar amb projectors de manera que rebin llum des de dues direccions diferents.

S'ha de tenir en compte que la llum no ha d'enlluernar els pilots però ha de donar visibilitat dels obstacles.

Les torres on es muntin els projectors han de ser com a mínim el doble de l'alçada a que estigui el pilot de l'aeronau determinant.

13.3.Rètols de senyalització

13.3.1.Característiques generals

Els rètols de senyalització són ajudes visuals elevades sobre el terreny que tenen l'objectiu de donar instruccions i informacions al pilot.

La seva ubicació ha de ser tan a prop de les pistes i els carrers de rodament com sigui possible. És per això que hauran de ser fràgils i hauran de respectar un marge vertical respecte els motors dels avions.

Seràn rectangulars amb el costat més llarg com a base i hauran d'incorporar llum si les condicions d'abast visual són menors a 800m o si l'aeroport on són emplaçats és de número de clau 3 o 4 i té operacions nocturnes.

Els rètols podran mostrar informacions obligatòries o de caràcter informatiu.

13.3.2.Rètols amb instruccions obligatòries

Els rètols amb instruccions obligatòries serveixen per identificar el lloc on qualsevol vehicle, ja sigui aeri o terrestre, no pot traspasar excepte si rep una autorització de la torre de control que digui el contrari.

Aquests rètols consisteixen en una inscripció en blanc sobre fons vermell i son similars als de l'annex (*figura 14*).



Hi ha diferents tipus de rètols obligatoris:

Rètols de designació de pista: Aquests rètols complementaran els senyals de punt d'espera de la pista configuració A¹³ i només mostraran quina pista és la que tenim al davant.

Es col·locarà un rètol designador de pista a cada costat del punt d'espera, situat en la direcció amb que s'entra a pista.

Rètols de punts d'espera Cat. I, II o III: Aquests complementaran els senyals de punt d'espera de la pista configuració B¹⁴ i ens mostraran de quina categoria és el punt d'espera on estem estacionats.

Els utilitzarem quan la pista està dissenyada per aproximacions de precisió ILS i ho indicarem amb un senyal igual que l'anterior, però hi afegirem la categoria d'aproximació de la pista.

Rètols de punt d'espera de la pista: Complementaran el senyals de punt d'espera de la pista configuració A i ens mostraran a quin punt d'espera estem estacionats.

S'instal·laran a cada costat del punt d'espera de la pista de manera que es vegin quan l'avió entri en ella.

Rètols de prohibida l'entrada: Tal com diu el seu nom, aquest rètol l'utilitzarem quan no estigui autoritzada l'entrada a la zona posterior on està situat.

S'ubicarà a cada costat del carrer de rodament on no estigui permès entrar. Haurà d'anar orientat segons la perspectiva que té el pilot quan circula.

13.3.3.Rètols de caràcter informatiu

Els rètols d'informació serviran per designar direcció i emplaçament.

Els que indiquin una direcció consistiran en inscripcions en negre sobre fons groc i els que mostrin un emplaçament consistiran en inscripcions grogues sobre fons negre.

¹³⁻¹⁴ Mirar pàgina 73.



S'ubicaran als dos costats del carrer de rodament en el sentit amb que avancen les aeronaus i a unes distàncies específiques segons cada tipus d'aeroport que les podem veure a la taula següent:

Alçada del rètol (en mm)				Distància...	
Número de clau	Indicació	Placa frontal	Instal·lat	...perpendicular des de la vora del carrer de rodament fins a la vora del rètol	...perpendicular des de la vora del paviment de pista fins a la vora del rètol
1 o 2	200	400	700	5-14m	3-10m
1 o 2	300	600	900	5-14m	3-10m
3 o 4	300	600	900	14-21m	8-15m
3 o 4	400	800	1100	14-21m	8-15m

A les interseccions entre carrers de rodament s'ubicaran al costat dels punts d'espera intermedis.

Abreviatures: Molts rètols informatius porten abreviatures de paraules ja que han de ser d'una mida compacta i fàcils de veure i interpretar. Algunes de les abreviatures més freqüents són les següents:

-APRON: Plataforma.

-PARK: Zona d'estacionament d'aeronaus.

-FUEL: Zona de re-abastiment de combustible.

-CRGO: Zona de càrrega.

-HRG: Hangar.

És difícil especificar tots els tipus de rètols informatius que podem trobar ja que n'hi ha molts de diferents i cada aeroport els configura com vol. Per això a la *figura 15* de l'annex podem veure'n uns quants dels més utilitzats.



13.3.4.Rètols d'identificació d'aeròdrom

Es recomana que tot aeroport que no disposi de mètodes d'orientació visual suficients tingui un rètol d'identificació.

Aquest rètol s'ha de poder llegir des de tots els angles des de l'aire i consistirà en el nom de l'aeròdrom. També s'ha de tenir en compte el color del que està fet ja que les lletres han de ser interpretables sobre el fons on es presenta.

13.3.5.Alternatives i complements als rètols

Algunes vegades no serà possible instal·lar rètols obligatoris i d'informació o bé es voldran complementar amb un altre tipus de senyal. En aquest cas es pintaran aquests senyals a la superfície dels carrers de rodament.

Els senyals pintats a la superfície es col·locaran al costat esquerre de l'eix del carrer de rodament.

Un dels senyals d'aquest tipus més utilitzats és el de prohibida l'entrada. Consisteix en un rectangle de 11m x 4m aproximadament on al seu interior hi ha la inscripció "NO ENTRY" pintada en blanc. Aquests es poden situar al centre de l'eix del carrer de rodament.

Altres senyals obligatoris, com el de designació de pista, o informatius, com els de direcció també són habitualment pintats a la superfície.



14. Àrea terminal i edificis terminals

14.1. Àrea terminal

L'àrea terminal és el conjunt d'infraestructures d'un aeroport on les aeronaus no operen.

Aquestes infraestructures es poden classificar de la següent manera:

14.1.1. Zona de tractament i atenció al passatgers

Aquesta zona està constituïda per l'element fonamental de l'àrea terminal, l'edifici terminal.

La seva funció principal és processar els fluxos de passatgers fent d'element intermedi entre el transport terrestre i l'aeri.

Consta de tots els sistemes relacionats amb els passatgers, les tripulacions i les maletes.

14.1.2. Zona d'assistència a les aeronaus

La zona d'assistència consta d'hangars i tallers on es duen a terme les reparacions i el manteniment de les aeronaus. També està formada per magatzems i tallers on es guarden i arreglen els equips de “*handling*”¹⁵.

Aquesta zona no té perquè existir ja que en molts aeroports només es fan petites operacions de manteniment al mateix lloc d'estacionament de l'aeronau.

Normalment els aeroports que tenen hangars de reparació són bases importants de companyies aèries.

14.1.3. Zona de tractament de càrrega

La terminal de càrrega d'un aeroport inclou edificis per la recepció, classificació i expedició de mercaderies, duanes, i instal·lacions per la cuida d'animals i plantes.

¹⁵ Serveis d'assistència terrestre a les aeronaus.



14.1.4.Zona industrial i comercial

També anomenada ciutat aeroportuària. És una zona associada a l'aeroport on s'hi ubiquen empreses i edificacions relacionades amb l'activitat aeroportuària.

Algunes d'aquestes poden ser oficines de companyies aèries, serveis de càterring, de transport, hotels...

14.1.5.Aparcament i accessos

És important tenir unes bones vies per poder accedir a l'àrea terminal. L'adequat disseny es fonamental per tenir un òptim funcionament aeroportuari.

Tanmateix la ubicació i la capacitat del pàrquing és molt important perquè no es generin cues i s'hi pugui accedir amb facilitat.

Alguns aeroports separen les zones d'aparcament segons la duració de l'estacionament en curta, mitjana o llarga estada.

14.1.6.Altres instal·lacions aeroportuàries

Els principals edificis auxiliars són la torre de control, els edificis de salvament/contra incendis, la central elèctrica, els edificis d'administració i el centre meteorològic.

Alguns d'aquests els tractarem en el següent apartat del treball.

14.2.Edificis terminals

14.2.1.Subsistemes

La terminal té diferents subsistemes segons si està a la zona de sortides o d'arribades.

Sortides:

- Facturació.
- Classificació d'equipatges.
- Controls de seguretat.



- Control de passaports.
- Portes d'embarcament.

Arribades:

- Control de passaports i duana.
- Recollida d'equipatges.

14.2.2.Tipologia

Per elaborar una disseny estratègic de la terminal hem de tenir en compte diferents factors.

General:

Primer de tot s'ha d'establir quin serà l'usuari principal de l'aeroport (passatgers, mercaderies, etc.).

També cal observar altres factors com la procedència del trànsit (nacional, UE, Sch¹⁶, etc.), les dimensions i les necessitat de les aeronaus usuàries, el volum trànsit diari o la qualitat/servei de l'aeroport.

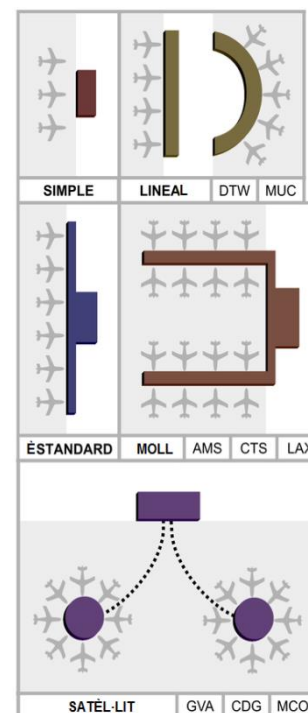
En planta:

Un cop analitzats els fluxos de passatgers de l'aeroport passarem a escollir una tipologia.

El primer pas és decidir si es farà una terminal global o se'n faran diverses i petites.

El segon lloc es escollir la tipologia en planta. Els tres tipus més usuals són:

- Lineal: Quadrada, rectangular, trapezoïdal...
- Amb molls: Augmenten el nombre de posicions de contacte.



Diferents tipologies de terminals.

Font: Wikipedia

¹⁶ Trànsit provinent d'algun dels 26 països que van firmar l'acord de circulació lliure de Schengen.



- Edifici principal amb satèl·lits: Diferents edificis satèl·lits amb comunicació subterrània terrestre o elevada amb l'edifici principal.

En alçat:

És molt pràctic separar els passatgers nacionals dels internacionals i separar els fluxos de sortida dels d'arribada.

En molts casos si aquesta separació s'hagués de fer en una sola planta s'hauria de disposar d'una terminal de grans dimensions. Per això la millor alternativa és construir l'aeroport en diferents nivells.

Algunes de les configuracions alternatives més normals de trobar són:

- Nivell i mig: Una planta que es desdobla en dos.
- Dos nivells: Dues plantes amb comunicació interior senzilla.
- Tres nivells: Separació de sortides, arribades i equipatges.

A partir d'un milió de passatgers anuals és recomanable fer una terminal a nivell i mig o dos nivells per qüestions econòmiques.

14.3.Terminals en aeroports de baix cost

L'aparició dels vols i les companyies de baix cost han revolucionat el món de l'aviació fins a tal punt que s'han creat els aeroports de vols de baix cost.

La terminal d'aquests aeroports trenca l'estructura típica que s'havia vist sempre per tal de reduir costos ja que busca taxes baixes, processos d'operacions ràpids...

Els grans canvis a les terminals són edificis senzills lineals d'una sola planta o de planta i mitja amb escales curtes, embarcament a peu, poc personal i auto-facturació.



Alguns exemples d'aeroports de baix cost són el de London-Stansed, el de Reus, el de Berlin Schönefeld o el de Charleroi.



Imatge d'un avió operat per una companyia de baix cost a l'aeroport de Charleroi.
Font: Charleroi-airport.com

14.4.L'àrea terminal de l'aeroport de Vellore (Aplicació)

En els seus inicis, l'àrea terminal de l'aeroport Vellore constarà de les instal·lacions aeroportuàries bàsiques ja que tot i tenir unes previsions de trànsit molt positives només és de caràcter regional.

En anar veient l'evolució de l'aeroport ja s'aniria consolidant una ciutat aeroportuària o es construïran hangars de reparació si fos necessari.

14.4.1.La terminal

La terminal o zona d'atenció als passatgers serà lineal amb molls en un extrem.

Tindrà dos nivells, un dels quals s'utilitzarà per l'embarcament d'equipatges i per les arribades (planta baixa) i a l'altre hi hauran els controls de seguretat i les sortides (planta +1).

Tindrem 25 mostradors de facturació i set cintes d'entrega d'equipatges. A més a més disposarem de 8 controls de seguretat que agilitzaran el moviment cap a la zona de sortides i les portes d'embarcament.



La terminal tindrà una superfície total aproximada de 54000m².

14.4.2.Ciutat aeroportuària

Amb el pas dels anys i l'evolució favorable de l'aeroport diferents empreses estaran interessades en tenir oficines a prop del nostre aeroport, i també hotels.

A més a més es firmaran convenis amb serveis de càtering o proveïdors de combustible per instal·lar-se en aquesta ciutat aeroportuària i així reduir costos.

14.4.3.Aparcament i accessos

L'aeroport disposarà d'un aparcament exterior amb 216 places i d'un de subterrani a dos nivells formant un número de places total de 1512. Això permetrà estacionar els vehicles privats a pocs metres de l'aeroport.

A més a més també hi haurà terminal bus i zona adaptada per l'estacionament de taxis que fomentaran l'ús del transport públic.

Un enginyer civil o de ponts i camins s'encarregarà de projectar uns accessos que s'adaptin a les necessitats del nostre aeroport.



15. Altres instal·lacions aeroportuàries

Aquestes instal·lacions són aquelles que no formen part de la terminal.

Les principals són la torre de control, els edificis de salvament/contra incendis, la central elèctrica, els edificis d'administració, el centre meteorològic, els hangars...

En aquesta part tractarem de la torre de control i de l'edifici de salvament/contra incendis.

15.1. Torre de control

La torre de control és un element de gran importància en un aeroport ja que controla el trànsit aeri i el moviment de les aeronaus per terra.

Des de la torre de control es donen les autoritzacions perquè les aeronaus es puguin moure.

La torre de control ha de permetre als controladors aeris tenir una bona visibilitat i dur a terme la seva tasca amb unes bones condicions de treball.

La torre de control haurà de disposar de sistemes de comunicació per radio terra-aire, terra-terra i contacte telefònic; un sistema complex de dades meteorològiques i un sistema gràfic de control i seguiment mitjançant diversos recursos.



Torre de control de l'Aeroport del Prat.
Font: arqhys.com

Les dimensions de la torre aniran en funció de la densitat de trànsit que tindrà l'aeroport.

Les diferents superfícies que té una torre són el fanal (zona on els controladors duen a terme la seva funció), l'àrea de descans (amb una sala general, dormitoris, lavabo i taquilles), la zona d'equips i energia (sala amb un taller i un magatzem amb recanvis d'elements) i l'àrea tècnica (comprèn oficines i una biblioteca amb arxius).



En el disseny d'una torre de control s'ha de tenir en compte principalment la seva altura i la seva ubicació, per tal que es disposi d'una bona visió de totes les superfícies des del fanal i que alhora no signifiqui un perill per les aeronaus.

La ubicació de la torre serà una que permeti al controlador veure els extrems de la pista a no més de 5km.

Un altre factor fonamental a tenir en compte és el sol. S'ha d'evitar orientar el fanal cap a ponent i llevant ja que el sol és més baix i pot enlluernar els controladors. Per altra banda i com a conseqüència del mateix motiu s'han de col·locar els vidres amb un angle vertical negatiu de 15° respecte la superfície terrestre.

Aplicació: La torre de control del nostre projecte d'aeroport constarà de la torre amb el fanal i d'un edifici auxiliar a nivell del terra on s'hi ubicarà l'àrea de descans, la zona d'equips i d'energia i l'àrea tècnica.

La seva alçada serà de 20 metres i anirà situada a uns 200 metres de la pista complint els requeriments que eviten la molèstia que pot suposar el sol i els de visió de la pista i la plataforma.

A la *figura 20* de l'annex podem veure les fotos de l'edifici.

15.2.Edificis de salvament/contra incendis

Tot aeroport ha de disposar d'un edifici de salvament i contra incendis. La categoria d'aquest edifici primordial per la seguretat de l'aeroport es designa en funció de la longitud de l'avió o l'amplada del fuselatge (sempre escollirem la dada que ens faci obtindre una categoria més alta).



En la següent taula podem observar les deu categories que pot tenir l'edifici en funció dels dos factors anteriors:

Categoria	Longitud de l'avió (m)	Amplada màxima del fuselatge (m)
1	0 – 9	2
2	9 – 12	2
3	12 -18	3
4	18- 24	4
5	24 – 28	4
6	28 – 39	5
7	30 - 49	5
8	49 – 61	7
9	61 – 76	7
10	76 - 90	8

El nombre mínim de vehicles a disposar és un per les cinc primeres categories, dos per categories 6 i 7 i tres per les tres restants.

Els vehicles han d'estar situats de manera que no tardin més de tres minuts a arribar als extrems de pista i descarregar un 50% de l'element extintor que portin.

Els diferents elements extintors utilitzats són espuma antiincendis, pols química seca, hidrocarburs halogenats i diòxid de carboni.

Els edificis contra incendis estan formats per cotxeres, sales de descans, dormitoris, un menjador, dutxes i lavabos, magatzems i infermeria. En alguns casos disposen d'una petita torre de vigilància.

En grans aeroports és possible que sigui necessari més d'un edifici de salvament i contra incendis.

Aplicació: A partir de les dades de longitud i d'amplada de l'aeronau determinant podem establir que la clau de l'edifici serà 7. Per tant haurà de disposar de dos vehicles contra incendis.

A la *figura 21* de l'annex podem veure les fotos de l'edifici.



16.Fotografies del model en tres dimensions

Després d'una intensa part de modelatge en tres dimensions de l'aeroport hem pogut obtenir les fotografies.

El model està fet utilitzant el programa *Sketchup* (Versió 8) i les fotografies s'han extret mitjançant el programa renderitzador *VRay*.

Una gran part¹⁷ de les fotografies es troben i es poden visualitzar al document annex (*figures 16 a 23*).



¹⁷ Totes les fotografies es poden trobar al CD adjunt a la carpeta amb el nom "Aeroport 3D".



17.Conclusions

Una vegada acabat el disseny de l'aeroport tinc la sensació que si es portés a terme el projecte seria viable. Després de fer tots els estudis mediambientals, demogràfics i econòmics crec que en un futur no llunyà l'Índia tindrà la necessitat d'ampliar la seva xarxa d'aeroports amb un de dimensions i situació estratègica com aquest. Fins i tot estaré molt a l'aguait de tot els canvis que es produeixin en l'àmbit aeroportuari a l'Índia per saber si el meu instint anava per bon camí.

Tot i que ja suposava que seria així, per desenvolupar el cos del projecte he necessitat moltes hores de treball ja que en algun moment les coses s'han tornat difícils fent que hagués de dedicar més temps del normal a entendre la informació.

En un principi la idea era complementar el cos del treball amb un breu disseny en tres dimensions de les estructures bàsiques de l'aeroport. Conforme anava avançant vaig anar ampliant i perfeccionant el dibuix. Aquesta part ha estat molt més entretinguda del que m'esperava, ja que he tingut alguns entrebancs i ho he anat solucionant buscant alternatives i de vegades fent i desfent els dibuixos. I finalment té gairebé la mateixa importància estructural que la resta del treball.

També és important destacar que en un projecte d'una complexitat tant gran com és el disseny i el funcionament d'un aeroport hi intervenen persones provinents de molt camps del saber, des del vessant més tecnològic (enginyers, arquitectes, etc), passant pel científic (geòlegs, tècnics mediambientals, etc) i fins arribar al social (economistes, agents de màrqueting, demògrafs, etc).

Aquest treball m'ha permès aplicar tots els meus coneixements adquirits en els darreres anys d'estudi per anar configurant les diferents parts del mateix, així com haver d'aprendre conceptes nous que necessitava per completar-lo.

Ha estat una tasca molt estimulante i crec que tot el que he après em servirà per la meua preparació tant acadèmica com humana.



18.Bibliografia / Webgrafia

18.1.Llibres

General

GARCÍA CRUZADO, Marcos: AEROPUERTOS. Planificación, Diseño y Medio Ambiente, Garceta.

Previsions de trànsit

DOGANIS, Rigans: FLYING OFF COURSE. Airline economics and marketing, Routledge.

18.2.Pàgines web

General

<http://portaljuridico.lexnova.es/legislacion/JURIDICO/73846/> [Consulta durant tot el treball]

<http://es.scribd.com/doc/48458416/Manual-Aerocivil-Final> [Consulta durant tot el treball]

<http://es.scribd.com/doc/54291867> [Consulta durant tot el treball]

<https://maps.google.es/> [Consulta durant tot el treball]

Aeroports

<http://www.enciclopedia.cat/> [24 juliol 2013]

<http://www.rae.es/rae.html> [24 juliol 2013]

<http://es.wikipedia.org/wiki/Aeropuerto> [24 juliol 2013]



Normativa aeroportuària

<http://www.icao.int/> [25 juliol 2013]

<http://www.civilaviation.gov.in> [25 juliol 2013]

<http://dgca.nic.in/> [25 juliol 2013]

<http://www.aai.aero> [25 juliol 2013]

http://es.wikipedia.org/wiki/Organizaci%C3%B3n_de_Aviaci%C3%B3n_Civil_Internacional [25 juliol 2013]

Pla director

<http://www3.amb.cat/normaurb/URBANISTIKUES/1-3-2-3.pdf> [28 juliol 2013]

http://es.wikipedia.org/wiki/Plan_director [28 juliol 2013]

Afectacions ambientals

<http://www.aena-aeropuertos.es/csee/Satellite/sostenibilidad/es/Page/1237547897996//Medio-ambiente.html> [28 juliol 2013]

Sistema d'aterratge instrumental

<http://instrument.landing-system.com/> [25 agost 2013]

<http://www.cybercol.com/fs/escuela/ils1.html> [25 agost 2013]

<http://www.hispaviacion.es/articulos/ils.html> [25 agost 2013]

http://es.wikipedia.org/wiki/Sistema_de_aterrizaje_instrumental#Categor%C3%ADas_28CAT.29_de_ILS [25 agost 2013]



Emplaçament

<http://www.vellore.tn.nic.in/> [7 agost 2013]

<http://www.nuevatribuna.es/articulo/mundo/son-brics/20130510141412091961.html> [7 agost 2013]

http://es.wikipedia.org/wiki/Desarrollo_econ%C3%B3mico_de_la_India [7 agost 2013]

<http://es.wikipedia.org/wiki/BRICS> [7 agost 2013]

<http://en.wikipedia.org/wiki/Vellore> [7 agost 2013]

<http://en.wikipedia.org/wiki/India> [7 agost 2013]

Aeronau determinant

<http://www.boeing.com/boeing/commercial/airports/737.page> [17 març 2013]

http://www.aai.aero/aai_employees/chapter_2.pdf [17 març 2013]

http://es.wikipedia.org/wiki/Boeing_737 [17 març 2013]

Previsions de trànsit

<http://www.mapcrow.info/> [1 setembre 2013]

<http://analytics.oag.com/home/> [1 setembre 2013]

Meteorologia i orientació de pistes

www.lima.icao.int/MeetProg/download.asp?Name=6b_Diaz [29 març 2013]

<http://www.mapsofindia.com/air-network/> [29 març 2013]

http://es.wikipedia.org/wiki/Aproximaci%C3%B3n_frustrada [29 març 2013]



Dimensionament de pistes

<http://www.welt-atlas.de/datenbank/karten/en/karte-5-171-en.gif> [12 abril 2013]

<http://ivaous.org/academy/index.php/pilot/atp/boeing-737> [12 abril 2013]

<http://www.manualvuelo.com/PBV/PBV11.html> [12 abril 2013]

http://193.146.228.22/ga/jar/aeropuertos/tema3pag1_23.pdf [13 abril 2013]

<http://www.fomento.gob.es/NR/rdonlyres/94906B21-67E2-4ECB-96FC-816FE4783905/68573/Desaprevisible.pdf> [15 abril 2013]

http://www.ivaooargentina.com.ar/archivos/Fichas_de_control/24949709-Distancias-Declaradas-Es-El-Conjunto-de-Distancias.pdf [15 abril 2013]

Àrea de moviment

https://www.mtc.gob.pe/portal/transportes/aereo/regulaciones/docs/rap_rev_original/rap_314/vol_i/RAP_314_cap_3_Vol_1_original.pdf [15 agost 2013]

<http://www.ecured.cu/index.php/Aeródromo> [15 agost 2013]

<http://www.skyscrapercity.com/showthread.php?t=845542&page=25> [15 agost 2013]

<http://avion.microsiervos.com/sabias/sabias-pistas-dependientes.html> [16 agost 2013]

<http://theaeronauticalsociety.blogspot.com.es/> [16 agost 2013]

<http://www.aena.es/csee/Satellite/SeguridadOperacionalNA/es/Page/1228215409304>
[20 agost 2013]

<http://www.atg-ingenieros.com/docs/reglamentos/aeropuertos/Anexo%2014%20Vol.1%20-%20Aerodromos.pdf> [20 agost 2013]

<http://www.gruporender.es/render/deflectores.swf> [21 agost 2013]

<http://www.bdi.aero/assets/downloads/JBD-Brochure.pdf> [21 agost 2013]

http://es.wikipedia.org/wiki/Calle_de_rodaje [15 agost 2013]



Ajudes visuals

<http://www.taringa.net/posts/info/10153003/Luces-Aeronauticas-de-Superficie.html> [9 setembre 2013]

http://www.oocities.org/fbugallosiegel/Ayudas_Visuales_Luminosas/Luces.pdf [9 setembre 2013]

<http://www.adb-airfield.com/manuals.aspx?id=684&LangType=1034> [9 setembre 2013]

http://www.aviaco-va.es/WP/Anexo_14_AD.pdf [9 setembre 2013]

http://noticias.juridicas.com/base_datos/Anterior/r0-rd862-2009.t1.html [10 setembre 2013]

http://www.faa.gov/air_traffic/publications/ATpubs/AIM/aim0203.html#UX88cROBE [10 setembre 2013]

http://www.faa.gov/airports/runway_safety/news/publications/media/QuickReferenceGuideProof8.pdf [10 setembre 2013]

<http://es.scribd.com/doc/48458416/Manual-Aerocivil-Final> [10 setembre 2013]

Àrea terminal

http://www.worldairportawards.com/Awards_2013/lowcost.htm [14 setembre 2013]

Altres instal·lacions aeroportuàries

http://es.wikipedia.org/wiki/Torre_de_control [5 octubre 2013]



Índex

1.Introducció.....	2
Fonaments teòrics pel disseny d'un aeroport	4
2.Aeroports	4
2.1.Què és un aeroport?	4
2.2.Funcions dels aeroports	4
2.3.Tipus d'aeroports.....	4
2.4.Adaptacions dels aeroports	7
3.Normativa aeroportuària.....	9
3.1.L'Organització de l'Aviació Civil Internacional.....	9
3.2.Certificació d'aeroports	11
4.El Pla Director	12
4.1.Funció	12
4.2.Contingut	12
4.3.El Sistema General Aeroportuari.....	13
5.Afectacions ambientals.....	14
5.1.Compatibilitat aeroport - medi ambient	14
5.2.Tipus d'afectacions.....	14
5.3.Avaluació de les afectacions.....	16
5.4.Mesures correctores.....	17
6.Sistema d'aterratge instrumental	18
6.1.Característiques generals	18
6.2.Categories d'aproximació.....	18
6.3.Funcionament	19
L'Aeroport de Vellore	19
7.Emplaçament	19
7.1.Motius d'emplaçament a l'Índia.....	20
7.2.Motius d'emplaçament a Vellore	22
8.Aeronau determinant	26
8.1.Boeing 737.....	26
8.2.Boeing 737-800NG	26
9.Previsions de trànsit.....	28



9.1. Metodologia.....	28
9.2. Els models gravitacionals	29
9.3. Previsions de trànsit a Vellore	30
10a. Meteorologia i orientació de pistes: Part teòrica	36
10.1. Factors que intervenen en l'elecció de l'emplaçament i l'orientació de pistes	36
10.2. Planificació aeroportuària respecte la meteorologia.....	37
10.3. Nombre i orientació de pistes segons el vent	38
10.4. Denominació de pistes.....	40
10b. Meteorologia i orientació de pistes: Aplicació	40
11a. Dimensionament de pistes: Part teòrica.....	43
11.1. Estudi de les dimensions de pistes.....	43
11.2. Factors correctors	47
11b. Dimensionament de pistes: Aplicació	48
11.3. Aeronau determinant	48
11.4. Pendent longitudinal	49
11.5. Altitud de l'emplaçament	51
11.6. Temperatura ambient.....	51
11.7. Estat de la superfície de la pista.....	52
12. Àrea de moviment	53
12.1. Clau de referència de l'aeroport	53
12.2. Disseny de pistes	54
12.3. Disseny dels carrers de rodament	59
12.4. Disseny de les plataformes d'estacionament	64
13. Ajudes visuals.....	69
13.1. Senyalització pintada.....	69
13.2. Llums aeronàutiques.....	75
13.3. Rètols de senyalització	88
14. Àrea terminal i edificis terminals	92
14.1. Àrea terminal	92
14.2. Edificis terminals.....	93
14.3. Terminals en aeroports de baix cost	95
14.4. L'àrea terminal de l'aeroport de Vellore (Aplicació).....	96



15. Altres instal·lacions aeroportuàries	98
15.1. Torre de control	98
15.2. Edificis de salvament/contra incendis	99
16. Fotografies del model en tres dimensions	101
17. Conclusions	102
18. Bibliografia / Webgrafia	103
18.1. Llibres	103
18.2. Pàgines web	103

