Resum

L'objectiu d'aquest projecte és el de realitzar un disseny d'un para-sol de grans dimensions amb obertura i tancament mitjançant un arbre telescòpic, que ha estat encarregat per una empresa externa.

El para-sol en qüestió és de format quadrat de 5 metres de costat. Però ha de ser possible extrapolar la metodologia de disseny a altres formes i mides de para-sol.

Primerament s'ha realitzat una proposta estètica. Quan aquesta ha estat acceptada per el client, s'ha hagut d'integrar l'enginyeria necessària amb les mínimes modificacions possibles del disseny estètic.

Per tal de fer viable la proposta estètica s'han hagut de realitzar varis estudis. Aquests han estat; el càlcul dels perfils de les varetes segons la velocitat del vent que es vol que sigui capaç de suportar el para-sol, el càlcul del mecanisme per a l'obertura i tancament del para-sol (sistema d'engranatges cònics que accionen un vis sens fi), la velocitat d'obertura i tancament del para-sol si aquesta es realitza de forma motoritzada així com la resistència de les peces crítiques del para-sol.

Per realitzar aquests estudis es fan servir programes de CAD i d'elements finits per tractar les dades obtingudes. La normativa utilitzada és la que figura en el document "SE-AE SEGURIDAD ESTRUCTURAL. ACCIONES EN LA EDIFICACIÓN"

A més es vol que el para-sol disposi d'accessoris; com poden ser el ja mencionat motor per l'obertura i el tancament, sistema d'il·luminació o bé panells solars fotovoltaics flexibles integrats a la lona del para-sol. Aquests últims, també seran objecte d'estudi.

Es realitza també un estudi de la viabilitat econòmica del mateix i de les emissions de CO_2 del para-sol quan aquest incorpora il·luminació i va motoritzat.

Es poden observar al final del document imatges de vàries peces del prototip funcional.

Sumari

RESUM 1

SUMARI 3

1. INTRODUCCIÓ 5

1.1. Objectius del projecte 5

1.2. Abast del projecte 5

2. RESOLUCIÓ DEL BRIEFING 6

2.1. Definició de les peces del para-sol 8

2.1.1. Arbre 8

2.1.2. Pinya inferior. 9

2.1.3. Pinya superior. 11

2.1.4. Arbre telescòpic. 12

2.1.5. Braços. 12

2.1.6. Mecanisme 13

3. ESTUDI D'ALTERNATIVES AL MECANISME D'OBERTURA I TANCAMENT 15

3.1. Accionament del mecanisme mitjançant un sistema de politges i una corda. 15

3.2. Accionament mitjançant un sistema de guies. 16

3.3. Accionament mitjançant engranatges cònics. substitució de la pinya inferior per cables a tracció. 18

3.4. Accionament mitjançant engranatges cònics. Pinya inferior fixa. 19

4. DIMENSIONAT DELS PERFILS DELS BRAÇOS DEL PARA-SOL 22

4.1. Càlcul de la força del vent sobre la lona del para-sol. 22

4.1.1. Selecció de c_e. 23

4.1.2. Selecció de c_p 24

4.1.3. Càlcul de les àrees. 29

4.1.4. Càlcul de la força total sobre cada zona de la lona del para-sol. 30

4.1.5. Càlcul de l'acció del vent sobre cada braç. 31

4.2. Definició de perfils 32

4.3. Comprovació del perfils amb ANSYS 39

5. DISSENY FINAL DEL PARA-SOL 40

6. IMPACTE AMBIENTAL- EMISSIONS DE CO_2 DEGUDES ALS ACCESSORIS DEL PARA-SOL 42
6.1. Estimació del consum del para-sol 42
6.2. Estimació de les emissions de CO_2 44
6.3. Integració de panells fotovoltaics flexibles a la lona del para-sol. 46
6.3.1. Estudi de mercat de cel·les fotovoltaiques flexibles 46
6.3.2. Ubicació i mida dels captadors solars 48
6.3.3. Funcionament del para-sol 51

7. PRESSUPOST 53
7.1. Determinació cost unitari 53
7.1.1. Costos de I+D 53
7.1.2. INVERSIÓ EN UTILLATGES: 54
7.1.3. COSTOS DE FABRICACIÓ 55
7.1.4. Costos de muntatge (fàbrica): 57
7.1.5. Costos de Logística: 58
7.2. Càlcul de l'amortització 58
7.3. Càlcul anual del cost unitari total 60
7.4. Càlcul del Benefici Industrial 61
7.5. Estudi de la viabilitat econòmica 62
7.5.1. Costos de fabricació anuals 62
7.5.2. Costs de muntatge anuals 63
7.5.3. Costos de Logística anuals 63
7.5.4. Determinació anual del preu unitari 64
7.5.5. Determinació anual del preu unitari total 65
7.6. Càlcul del VAN. Estimació del PAY-BACK 66
7.7.Conclusions del pressupost. 67

CONCLUSIONS 68

AGRAÏMENTS 69

BIBLIOGRAFIA 70

1. Introducció

1.1. Objectius del projecte

L'objectiu del present projecte és el desenvolupament d'un para-sol de grans dimensions. És un projecte encarregat per una empresa externa i per tant té uns requisits extres de disseny que s'han de complir, apart dels requisits estructurals que un para-sol d'aquestes característiques demana per si mateix.

Aleshores amb aquest projecte el que es vol aconseguir és un para-sol que estèticament convenci al client i que aguanti les sol·licitacions estructurals que li són demandades, que són bàsicament les provocades per l'acció del vent sobre el para-sol.

1.2. Abast del projecte

L'abast el projecte és el disseny de totes les peces del para-sol, tenint en compte el procés de fabricació que aquestes seguiran considerant que es volen fabricar entre 1000 i 1500 unitats anuals, així com el muntatge entre elles. Entre les peces existeixen les que formen part del mecanisme d'obertura i tancament, que evidentment s'han d'estudiar considerant varis factors; el pes que el mecanisme ha d'elevar o descendir, el temps d'elevació i la certesa de que el mecanisme aguanti les sol·licitacions del vent.

També són objecte d'estudi les peces més sol·licitades estructuralment degudes a l'acció del vent que són els braços del para-sol, l'arbre i les pinyes. Es realitzen càlculs de resistència i comprovacions amb ANSYS.

L'estudi dels panells fotovoltaics flexibles s'ha encarregat a una empresa externa, i de bon principi no es considerava part de l'abast del projecte, però com part de la tasca a realitzar ha estat la de seleccionar la millor opció entre les proposades per a integrar al para-sol, s'inclou un petit apartat definint la que es considera és la solució idònia.

2. RESOLUCIÓ DEL BRIEFING

En el present projecte es pretén dissenyar un para-sol de grans dimensions. En aquest apartat, es realitza una descripció del producte i se'n defineixe'n les parts.

Es tracta d'un para-sol fonamentalment d'alumini, on la lona ha de definir, en planta, la forma d'un quadrat de 5 metres de costat. L'empresa que encarrega aquest para-sol demana que tant el procediment de càlcul com la geometria de les peces, siguin extrapolables a altres formes i mides de lona.

A més, és necessari que el para-sol pugui suportar velocitats de vent de fins a 38 km/h. El que implica uns càlculs de resistència que es poden observar a l'annex B; Càlculs dels perfils dels braços.

Degut a aquesta sol·licitació del para-sol, l'empresa vol que aquest no disposi de base, sinó que, el que es pretén, és que el para-sol vagi ancorat al terra amb fonaments.

Es important remarcar, que degut a les dimensions en planta del para-sol, es requereix que l'alçada d'aquest sigui considerable. A més les varetes del para-sol també són de gran llargària. L'empresa que encarrega el producte ha demanat que aquest disposi d'un sistema d'obertura i tancament que permeti que el mobiliari que es troba a sota del para-sol pugui romandre al seu lloc quan el para-sol estigui tancat, sense que el seus braços suposin una molèstia. La solució que s'ha adoptat és la d'integrar un arbre telescòpic, que permet que, al tancar-se el para-sol els braços d'aquest s'elevin. Les diferents alternatives a aquest mecanisme, així com una descripció més exhaustiva del mecanisme escollit es poden observar a l'apartat 3- Anàlisi d'alternatives.

Finalment s'ha demanat que el para-sol pugui disposar d'accessoris, tals com florescents als braços, que l'obertura i el tancament del para-sol puguin estar motoritzats i que el para-sol pugui disposar d'autonomia energètica d'unes 6 hores. Per tal de resoldre aquest últim punt, s'han integrat panells fotovoltaics flexibles a la lona del para-sol.

Així doncs, un cop coneguts els requeriments imposats, es precedeix a realitzar una primera proposta estètica, que es pot observar a la figura 2.1, mostrada a continuació;

Fig. 2.1. Propostes estètiques

Així doncs, un cop el client considera com a bona la proposta estètica, es poden definir les peces del para-sol.

2.1. Definició de les peces del para-sol

A continuació es defineixen les peces més importants del para-sol. Cal dir que al estar format de més d'una trentena de peces no es defineixen totes ja que n'hi ha, com els embellidors, que manquen d'importància estructural i que es poden observar a l'annex I - Plànols. A continuació es pot observar la figura 2.2 on es mostren les parts del para-sol que es defineixen en aquest apartat.

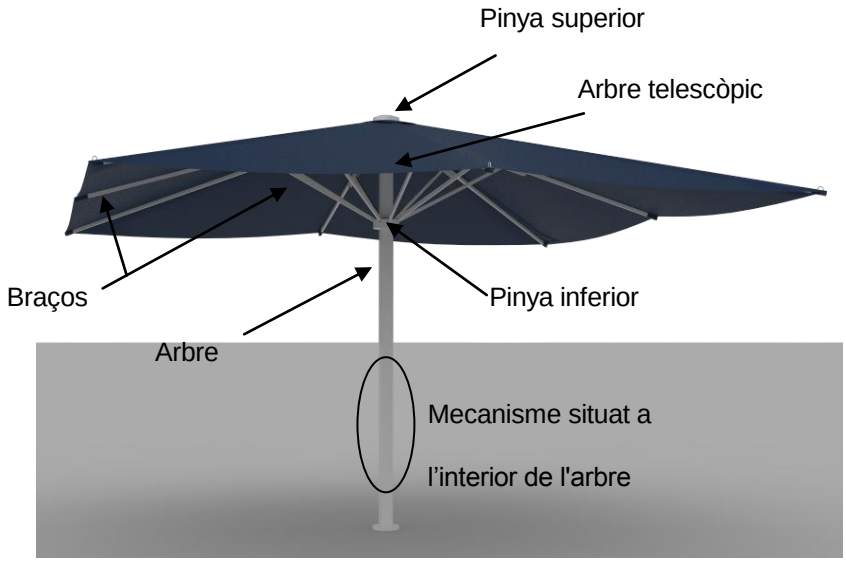


Fig.2.2. Peces d'estudi del para-sol

2.1.1. Arbre

En primer lloc, es pot observar el pilar del para-sol. S'anomena arbre. Aquest ha de ser d'alumini. Ja que ha de ser d'aquest material i ja que és una peça de secció constant i complexa, es fabrica extrusionant alumini així doncs, el gruix de la peça ha de ser sempre el mateix. Per tal de definir la secció de l'arbre s'han de tenir en compte varies coses. En primer lloc l'empresa que fa l'encàrrec es vol diferenciar de la competència definint un arbre quadrat de 100 mm de secció. Aquest ha de disposar d'una secció resistent. És per això que s'inscriu una circumferència a la secció. També s'ha de reservar un espai per poder passar el cablejat i, per últim, ha de definir els punts de fixació per les diferents peces que

s'hi hauran de clavar, per exemple les pinyes. Així doncs, per tot el que s'acaba de mencionar es defineix la següent secció de l'arbre que s'extrusiona fins a 3000mm. Aquesta es posa de manifest a la figura 2.3.

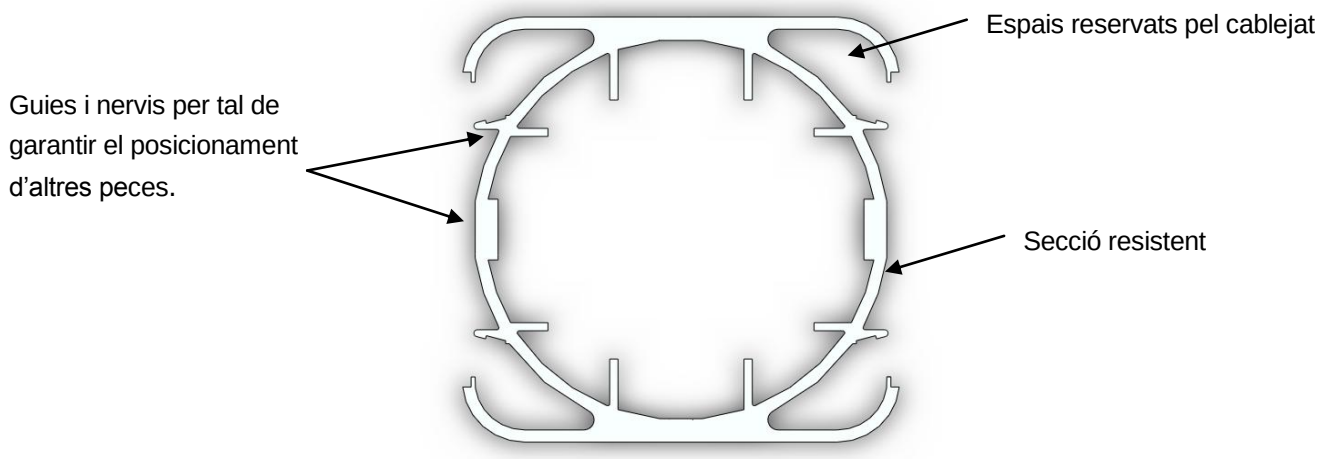


Fig. 2.3.Secció de l'arbre.

Per tal d'observar els càlculs de resistència de l'arbre, veure annex D, Comprovació de la resistència de l'arbre.

2.1.2. Pinya inferior.

La pinya inferior es troba a una alçada de l'arbre de 2460mm. La funció d'aquesta peça és la de subministrar les articulacions inferiors als conjunts del braços. La pinya es reblona a l'arbre i disposa de forats per a passar el cablejat. És una peça que es fabrica injectant alumini a pressió. S'utilitza aquesta tècnica ja que és una peça robusta de la que es preveu una producció alta . Les peces, quan surten de motllo estan pràcticament acabades, les toleràncies de fabricació són estretes i és un procés automatitzat. S'observen a continuació les figures 2.4 i 2.5 que mostren una vista isomètrica de la pinya inferior i una vista en secció de la pinya unida als braços i a l'arbre del para-sol respectivament. També es pot veure en aquesta imatge l'embellidor de la pinya inferior.

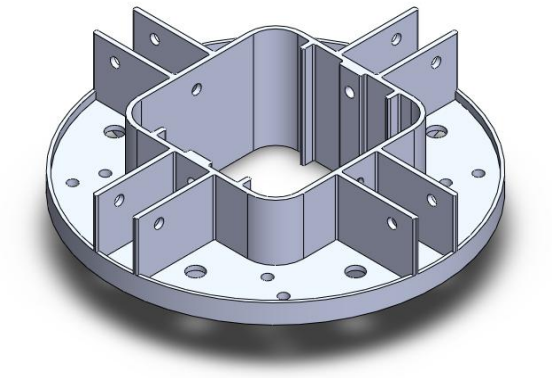


Fig. 2.4.Vista isomètrica de la pinya inferior

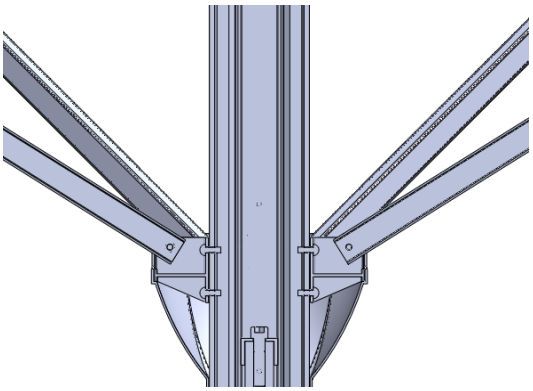


Fig. 2.5.Vista en secció de la pinya i les seves unions.

Cal dir que el para-sol està format per 8 conjunts de braços. La pinya disposa de 4 espais per a articular els braços i 4 conjunts de forats. En aquests forats es reblonen unes peces en forma de U on aniran els altres 4 conjunts de braços. Es realitza d'aquesta manera ja que així es pot utilitzar el mateix motllo si es vol fabricar un para-sol on els seus braços es trobin en un angle diferent de 45º, per exemple, para-sols rectangulars. Tan sols s'han de canviar les posicions dels forats previstos per reblonar les Us. Es pot aclarir aquest fet observant la figura 2.6 que es mostra a continuació.

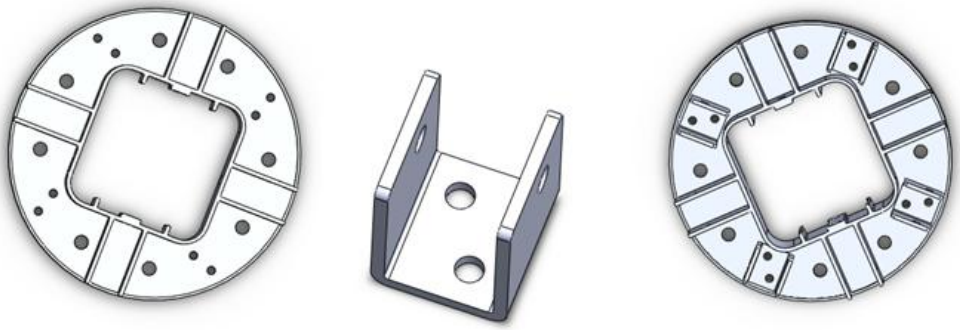


Fig. 2.6. Pinya inferior. Perfil en U. Muntatge de pinya inferior i perfil en U.

2.1.3. Pinya superior.

La funció de la pinya superior és la de, al igual que la pinya inferior, subministrar les articulacions dels braços, però en aquest cas les articulacions superiors. Aquesta es troba a la part superior del para-sol i unida a l'arbre telescòpic mitjançant reblons. Disposa també de 4 espais per a 4 braços i la resta de braços es reblonen a la posició desitjada mitjançant perfils en U. També es fabrica injectant alumini. La pinya superior té un forat per el cablejat. És el cablejat que ve, si es dona el cas, dels panells fotovoltaics flexibles. A les figures 2.7, 2.8 i 2.9 es pot observar respectivament; uns vista isomètrica de la peça, una vista en secció de la pinya unida als braços i a l'arbre telescòpic i el muntatge de la pinya amb els perfils en U.

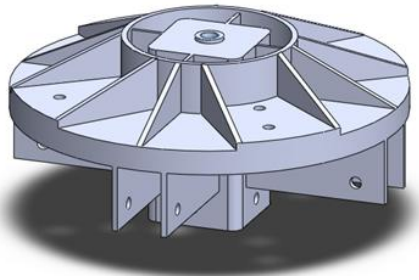


Fig.2.7. Vista isomètrica de la pinya superior

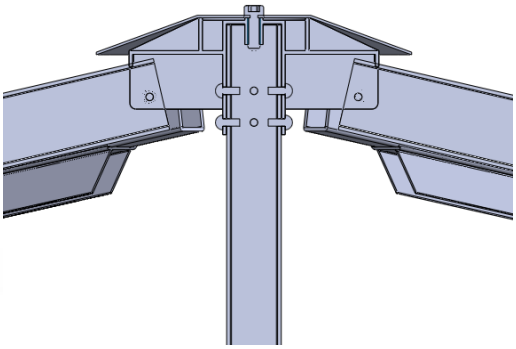


Fig. 2.8. Vista en secció de la pinya superior i unions

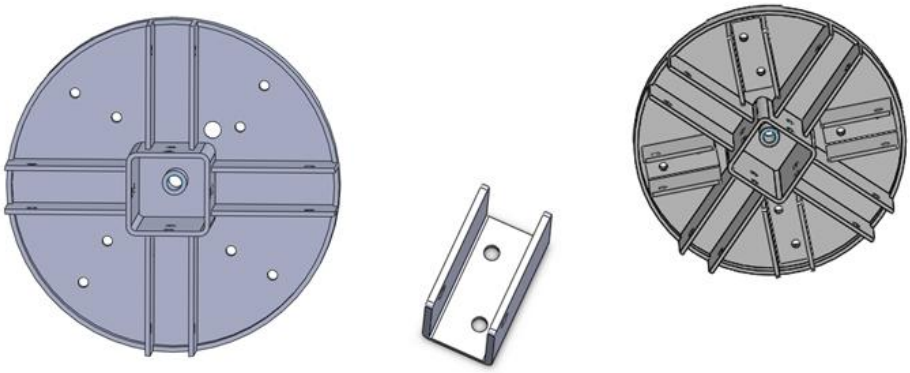


Fig. 2.9. Pinya superior. Perfil en U. Muntatge de pinya superior i perfil en U.

Es poden observar càlculs de resistència de les pinyes a l'annex E, Comprovació de la resistència de les pinyes.

2.1.4. Arbre telescòpic.

Es tracta d'un arbre de forma quadrada, de 45mm de costat i 3 mm de gruix. Aquest també és d'alumini, i la seva funció és la d'elevar i descendir la pinya superior. Quan això passa, el para-sol s'obre i es tanca. Degut a la seva longitud i a que té un secció constant, la tècnica de fabricació emprada ha estat l'extrusió d'alumini.

2.1.5. Braços.

Els braços són els conjunts del para-sol que donen forma a la lona. Són diferents perfils d'extrusió d'alumini. El para-sol disposa de 8 conjunts de braços. N'hi ha de 2 tipus; els braços diagonals i els braços ortogonals que són respectivament els que formen les diagonals i arestes del quadrat que forma la lona. Es pot observar a la figura 2.10.

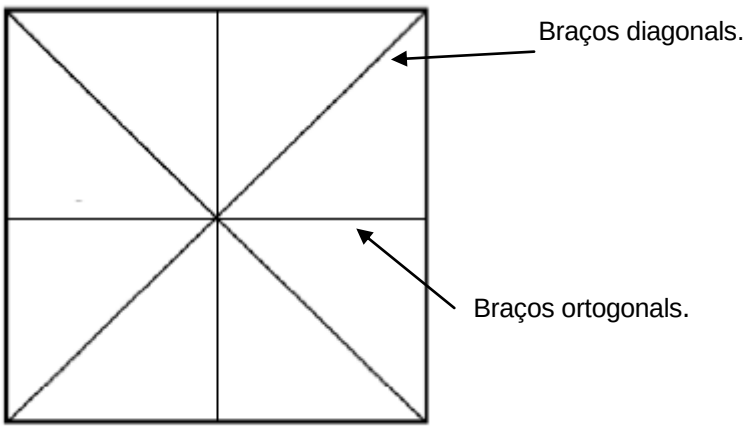


Fig. 2.10. Vista en planta de la lona del para-sol i definició dels tipus de braços.

Cadascún d'aquests conjunts de braços està format per tres varetes. El que s'anomena la vareta llarga, la tirant i la de reforç. Es poden observar a les figures 2.11 i 2.12 que es mostren a continuació.

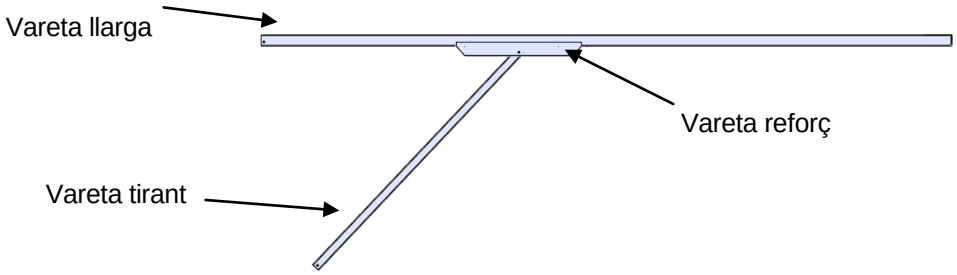


Fig. 2.11. Braç ortogonal

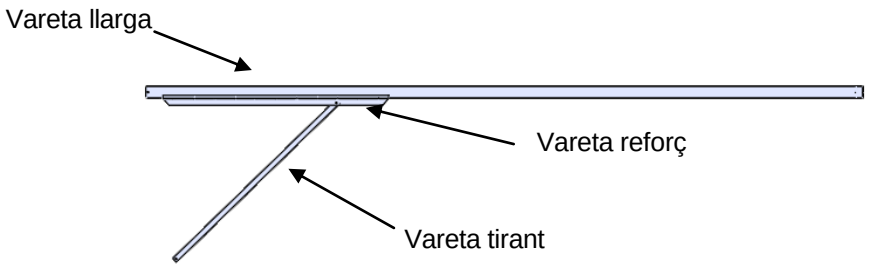


Fig. 2.12. Braç diagonal

Aquest braços es troben sotmesos a fortes sol·licitacions degut a la força de l'acció del vent. Més endavant en aquest document i en l'annex B es pot veure un estudi més acurat d'aquestes forces i la resistència dels perfils.

2.1.6. Mecanisme

S'anomena mecanisme al sistema que fa elevar i descindir al màstil telescòpic. Està format per engranatges cònics (2 o 3 depenent de si hi ha motor o no), un vis sens fi i una femella de POM. A part hi ha unes carcasses que protegeixen els cònics, així com uns rodaments i

un coixinet autolubricat. Es pot observar el conjunt del mecanisme a la figura 2.13. i a la figura 2.14 es pot observar la femella de POM. Aquesta femella és fonamental per tal de que el mecanisme funcioni. Està dissenyada per a posicionar-se entre les guíes del màstil, i degut a la seva forma, s'impedeix la rotació d'aquesta aconseguint així que el telesòpic s'elevi.

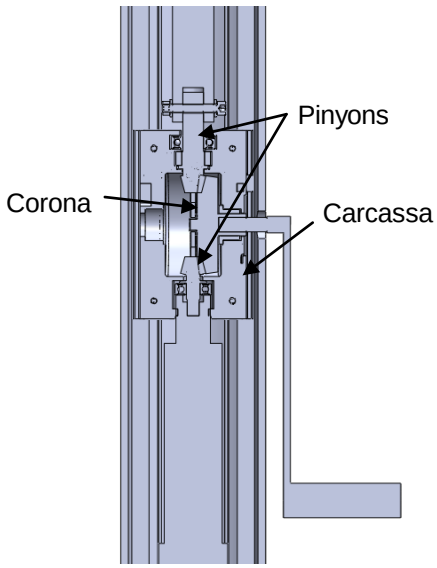


Fig. 2.13. Mecanisme

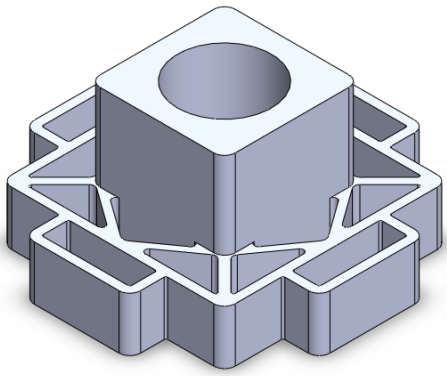


Fig. 2.14. Femella POM

A l'apartat 3, Ànalisi de mecanismes alternatius, es comenta més a fons aquest mecanisme i el perque ha estat l'escollit.

3. ESTUDI D'ALTERNATIVES AL MECANISME D'OBERTURA I TANCAMENT

Com s'ha comentat a l'inici d'aquest document, el para-sol que es dissenya és de grans dimensions. Degut a això ha de tenir un mecanisme d'obertura i tancament que permeti que el mobiliari que es troba al voltant del para-sol, taules cadires, sofàs, etc pugui quedar-se fixa quan el para-sol es tanca. Es per això que es plantegen dues opcions de disseny. O bé l'altura del para-sol és lo suficientment alta per que, quan es tanquin els braços d'aquest no interfereixin amb el mobiliari, o bé es busca un sistema que faci que, quan el para-sol es tanca els braços s'elevin permeten així mantenir in situ el mobiliari abans mencionat.

Es pren com a solució la segona alternativa, ja que en un para-sol amb unes dimensions tan grans, quanta més alçada se li dóna, més susceptible és a l'acció del vent.

Per aquest motiu, es vol que el para-sol disposi d'un segon arbre, que sigui telescòpic.

El present apartat té com a objectiu, l'estudi de les diferents transmissions del moviment d'obertura - tancament per para-sols professionals com el que és objecte d'estudi.

Es desitja també que el mecanisme només sigui perceptible per l'usuari en el seu accionament.

S'estudien doncs varies alternatives que es presenten a continuació;

3.1. Accionament del mecanisme mitjançant un sistema de politges i una corda.

Per tal de que aquest mecanisme funcioni, la pinya inferior s'ha de mantenir en una posició fixa. L'accionament és manual. Es tractaria de separar els braços de l'arbre i seguidament estirar d'una corda fins que el para-sol quedi obert. El moviment que s'ha de fer és rectilini i el sentit de la força seria sempre descendent independentment de si el para-sol es tanca o s'obre.

Aquest sistema, tot i ser efectiu es descarta per varis motius.

En primer lloc per que l'empresa que ha fet l'encàrrec del para-sol vol que existeixi una gama alta de para-sols que s'accionin amb un motor i amb aquest sistema el motor hauria de ser visible. Fet que es descarta per varis motius com poden ser al vandalisme o la penalització en el disseny que suposaria la carcassa externa que hauria de portar el motor per tal de garantir l'estanquitat d'aquest.

Un altre motiu pel qual es descarta aquest mecanisme és que la corda hauria d'anar lligada com es mostra a la figura 3.1 Aquest sistema de fixació, quan es tinguin vents de fins a 38 km/h, que és el que es vol que suporti el para-sol no es considera segur ja que la traça a fixar la corda de l'operari seria un factor clau. Es considera doncs, massa arriscat.

Fig.3.1. Mecanisme d'accionament mitjançant politges i una corda. Font Internet.

3.2. Accionament mitjançant un sistema de guies.

En aquest cas, tant la pinya superior com la inferior són mòbils. En el moviment d'obertura del para-sol es fa lliscar la pinya inferior per uns guiatges incorporats a l'arbre en sentit ascendent. Simultàniament la pinya superior, que es trobava fixa mitjançant un sistema de clipatge llisca per un altre guia en sentit descendent. El sistema de clipatge es desactiva quan es fa lliscar la pinya inferior. El moviment de tancament del para-sol és tot a l'invers. Es fa lliscar la pinya inferior cap a baix, el que provoca per les articulacions dels braços, que la pinya superior llisqui en sentit ascendent fins a clipar-se en la seva posició superior.

Aquest mecanisme, tot i ser eficient es descarta per varis motius. En primer lloc per que no es pot motoritzar l'accionament i en segon lloc, tot i ser un factor menys important, seria necessari que l'operari que es dediqués a obrir i tancar el para-sol diàriament hauria de ser una persona amb una alçada considerable. No es vol limitar el para-sol a cap tipus d'usuari. A la figura 3.2, mostrada a continuació, es pot observar un para-sol de la competència amb una sistema d'obertura i tancament semblant al que s'ha definit. A la figura 3.3 es mostra com seria l'accionament del mencionat mecanisme.

Fig.3.2- Accionament mitjançant un sistema de guies. Font Internet.

Fig.3.3- Aparença de l'accionament mitjançant un sistema de guies. Font Internet.

3.3. Accionament mitjançant engranatges cònics. substitució de la pinya inferior per cables a tracció.

Aquest tipus de mecanisme s'acciona mitjançant una manovella. Aquesta es pot observar a la figura 3.4 que es mostra a continuació.

Fig. 3.4. Aparença de l'accionament mitjançant engranatges cònics. Font Internet.

La pinya d'aquest sistema és fixa. La manovella fa girar la corona del sistema d'engranatges que transmet el moviment rotatori al pinyó. Aquest transmet el moviment a un vis sens fi que mitjançant una femella que té amb una forma que queda encaixada a l'arbre, i que impedeix la seva rotació, fa que el telescòpic s'elevi o descendeixi. Quan l'arbre telescòpic ascendeix es tensen uns cables que fan que el para-sol s'obri. Aquest moviment es pot veure a la figura 3.5 que es mostra a continuació.

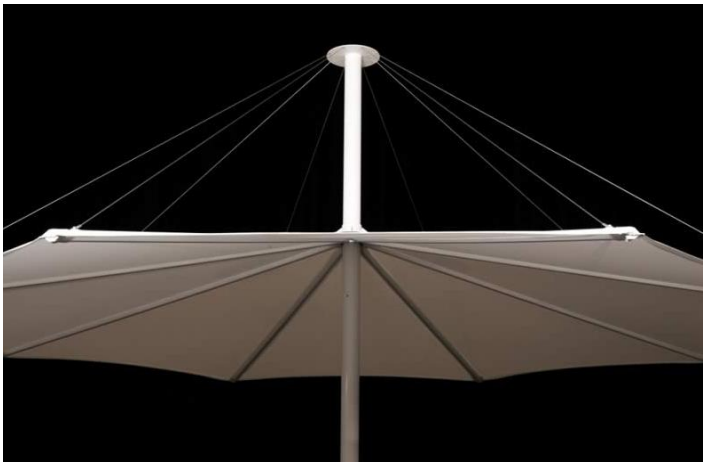


Fig. 3.5. Aparença del para-sol obert amb els cables tensats. Font Internet.

Aquest tipus de sistema d'obertura – tancament es descarta ja que no compleix la principal premissa que és que quan el para-sol es tanqui, els braços d'aquest quedin a una distància del terra lo suficientment gran per que el mobiliari que es trobi a sota no s'hagi de retirar.

3.4. Accionament mitjançant engranatges cònics. Pinya inferior fixa.

El principi de funcionament d'aquest mecanisme és similar a l'anterior, però s'aconsegueix que la distància al terra dels braços quan el para-sol es troba tancat augmenti.

Quan es fa girar la manovella s'acciona el sistema d'engranatges cònics, de la mateixa manera que en el mecanisme anterior. Aquests accionen un vis sens fi que, de la mateixa manera que en el punt anterior eleva o fa baixar un arbre telescòpic. Quan el para-sol es troba tancat la telescòpic està aixecat. La pinya superior és solidaria al telescòpic. D'aquesta manera s'aconsegueix que quan el para-sol està tancat, els braços es troben en una posició més elevada.

Quan el telescòpic baixa, la pinya superior també ho fa. Degut a les articulacions dels braços, el para-sol s'obre.

Aquest és el mecanisme seleccionat ja que compleix tots els requisits que l'empresa que fa l'encàrrec demana. En primer lloc es pot motoritzar. Per tal de fer això s'ha de menester d'un segon pinyó. El motor es col·loca en una posició baixa de l'arbre. Aquest transmet el seu moviment al nou pinyó, aquest a la corona i aquesta al pinyó que ja es tenia anteriorment. El motor doncs, queda amagat dins de l'arbre del para-sol.

També és un bon mecanisme ja que resisteix a l'acció del vent. Aquesta resistència s'assegura dissenyant un vis amb un rendiment aproximat del 20%. S'assegura així que la femella que transmet el moviment del vis al telescòpic queda autorretinguda.

Els càlculs que s'han realitzat per tal de dimensionar els cònics i el vis sens fi es poden veure a l'annex A. A les figures 3.6, 3.7 i 3.8 es mostren un esquema del mecanisme seleccionat, la unió de la femella amb l'arbre i les carcasses que protegeixen els cònics.

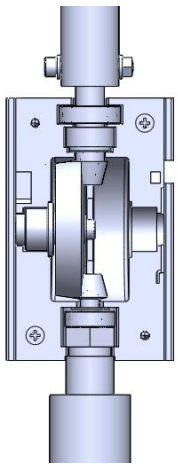


Fig.3.6. S'observen els cònics, carcassa, motor, vis i rodaments.

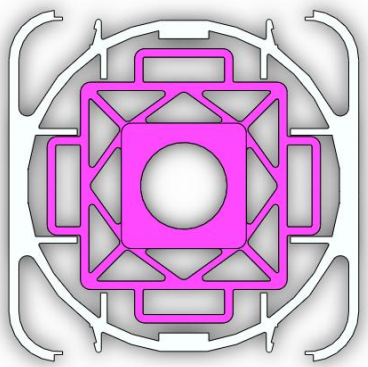


Fig. 3.7. Unió femella - arbre. Impediment del moviment de rotació de la femella.

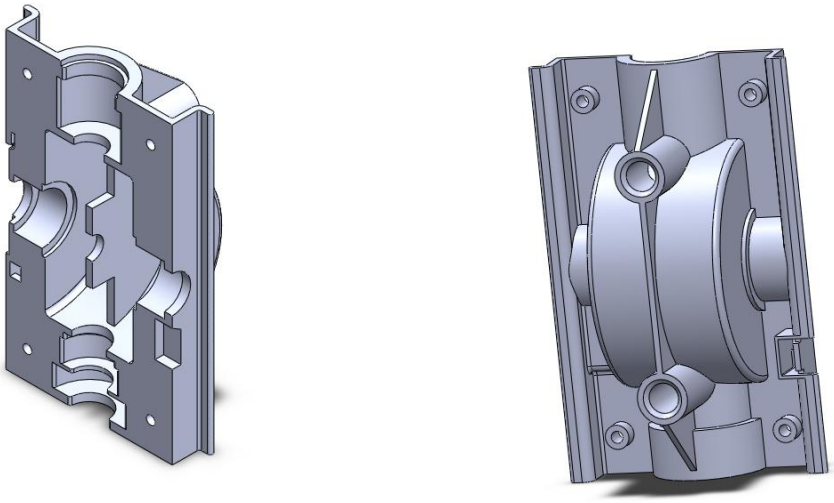


Fig. 3.8. Vista detallada de les carcasses.

A mode de resum es presenta la taula 3.1.

Mecanisme	A Favor	En Contra
Sistema de politges i corda	Funciona. Econòmic	No es pot motoritzar. la traça de lligar la corda de l'operari és un factor important.
Sistema de guies	Funciona	No es pot motoritzar
Engranatges cònics amb cables a tracció	Funciona	No s'eleven els braços
Engranatges cònics. Pinya inferior Fixa	Funciona. Compleix tots els requisits	

Taula 3.1. Resum de les alternatives al mecanisme.

4. DIMENSIONAT DELS PERFILS DELS BRAÇOS DEL PARA-SOL

En el present apartat es fa una selecció dels perfils dels braços del para-sol. Ja que el para-sol té una forma quadrada, es distingeixen 2 tipus de braços diferents: els que formen la diagonal del quadrat i els que formen l'aresta. Evidentment, els que formen les diagonals tenen més longitud que els que formen les arestes, però aquesta longitud no és arrel de dues vegades més gran, ja que l'angle de caiguda dels braços respecte un pla paral·lel a la planta no és el mateix per als dos tipus de braços. Això és degut a que, pel disseny del para-sol s'ha prioritzat que els punts més baixos dels dos tipus de braços es trobin a la mateixa distància del terra.

4.1. Càlcul de la força del vent sobre la lona del para-sol.

Per tal de realitzar la selecció dels perfils dels braços del para-sol, s'utilitza el document "SE-AE SEGURIDAD ESTRUCTURAL. ACCIONES EN LA EDIFICACIÓN" per poder realitzar una avaluació de l'acció del vent sobre la lona d'aquest.

Es realitzen els càlculs segons l'apartat 3.3.3 (Acciones variables - viento) del citat document.

S'ha de tenir en compte que la distribució i el valor de les pressions que exerceix el vent sobre una superfície, en el cas considerat la lona d'un para-sol, depenen de la forma i de les dimensions d'aquesta, de les característiques i de la permeabilitat de la superfície així com de la direcció, intensitat i la freqüència del vent.

L'acció del vent es considera com una força perpendicular a la superfície en cada un dels punts exposats a aquest, i el seu valor, que és el que s'anomena com a pressió estàtica, pot expressar-se com;

$$q_e = q_b \cdot c_e \cdot c_p \qquad \text{(Eq.4.1)}$$

On;

q_b és la pressió dinàmica del vent. De forma simplificada, es pot agafar el valor de 0,5 kN/m^2 per a qualsevol punt del territori espanyol. D'una forma més concreta segueix l'expressió:

$$q_b = 0{,}5 \cdot \delta_{aire} \cdot V_v^2 \qquad \text{(Eq.4.2)}$$

La densitat de l'aire és de 1,25 kg/m^3.

c_e és el que s'anomena coeficient d'exposició. És variable amb l'altura del punt considerat i amb l'aspror de l'entorn. Té en compte els efectes de les turbulències generades pels desnivells i la topografia de l'entorn.

I per últim, c_p és el coeficient eòlic o de pressió . Aquest és el que depèn de la forma i orientació de la superfície respecte el vent. Si el seu valor és negatiu indica que l'acció del vent serà de succió.

4.1.1. Selecció de c_e.

El coeficient d'exposició s'escull seguint la taula 3.3 del document SE-AE tal com es posa de manifest a la figura 4.1 que es representa a continuació.

Tabla 3.3 Valores del coeficiente de exposición c_e

	Grado de aspereza del entorno	Altura del punto considerado (m)							
		3	6	9	12	15	18	24	30
I	Borde del mar o de un lago, con una superficie de agua en la dirección del viento de al menos 5 km de longitud	2,2	2,5	2,7	2,9	3,0	3,1	3,3	3,5
II	Terreno rural llano sin obstáculos ni arbolado de importancia	2,1	2,5	2,7	2,9	3,0	3,1	3,3	3,5
III	Zona rural accidentada o llana con algunos obstáculos aislados, como árboles o construcciones pequeñas	1,6	2,0	2,3	2,5	2,6	2,7	2,9	3,1
IV	Zona urbana en general, industrial o forestal	1,3	1,4	1,7	1,9	2,1	2,2	2,4	2,6
V	Centro de negocio de grandes ciudades, con profusión de edificios en altura	1,2	1,2	1,2	1,4	1,5	1,6	1,9	2,0

Fig.4.1. Valors del coeficient d'exposició c_e segons el document SE-AE. Font CTE.

S'escull com a valor del coeficient d'exposició el 2.2, ja que el para-sol pot trobar-se ubicat en zones on el grau d'aspror correspon als citats en I i l'alçada del punt considerat és de 3m, ja que el para-sol obert té aproximadament aquesta alçada.

4.1.2. Selecció de c_p

En la normativa utilitzada, es defineixen diferents tipus d'estructures i, amb elles, una sèrie de valors de c_p per a cadascuna d'aquestes i dividits per zones. En primer lloc, i abans de realitzar els càlculs corresponents, s'ha de seleccionar el tipus d'estructura a la qual es vol assimilar el para-sol.

Els tipus d'estructures que geomètricament es poden assemblar al para-sol són: les cobertes a quatre aigües, les cobertes a dues aigües i la marquesina a dues aigües, que s' observen a les figures 4.2 i 4.3.

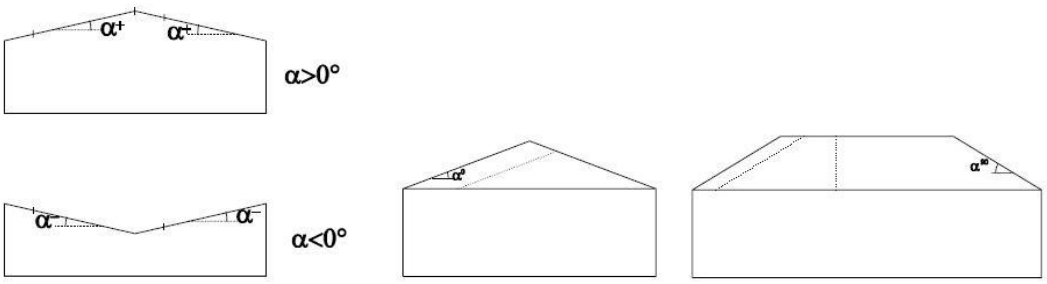


Fig. 4.2. A l'esquerra, vista en alçat d'una coberta a dues aigües. A la dreta, vistes en alçat i vista lateral d'una coberta a quatre aigües.

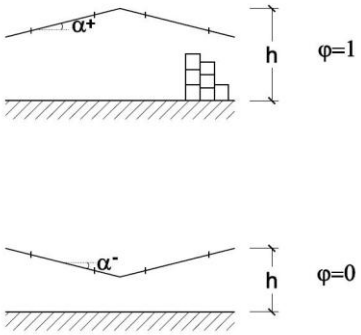


Fig.4.3. Alçat d'una marquesina a dues aigües

Dels tres tipus d'estructures que s'han vist anteriorment, es descarten les dues primeres, ja que aquestes tenen parets laterals, que impedeixen que el vent entri a l'interior i per tant no s'hi consideren els efectes els seus efectes, fet que no és representatiu d'un para-sol.

Així doncs una opció escollida entre les anteriors és l'estructura de marquesina a dues aigües. A la figura 4.4, que es mostra a continuació s'observen més detalladament les característiques geomètriques de l'estructura i les zones on s'aplica un determinat c_p.

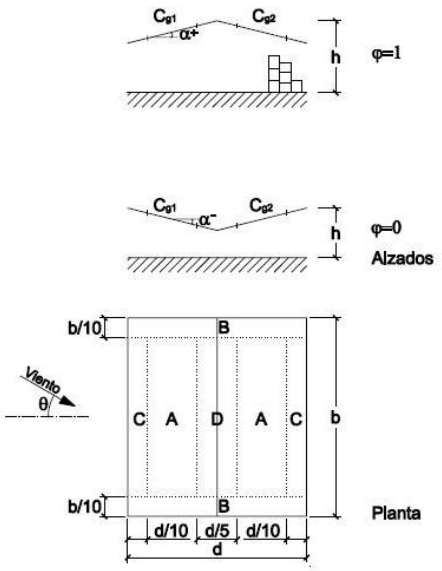


Fig.4.4 Detall de l'estructura de marquesina a dues aigües.

A continuació s'observa la lona del para-sol en planta , amb una suposada direcció de vent aleatòria. Es poden distingir 3 zones on l'acció del vent és diferent tal com es mostra a la figura 4.5.

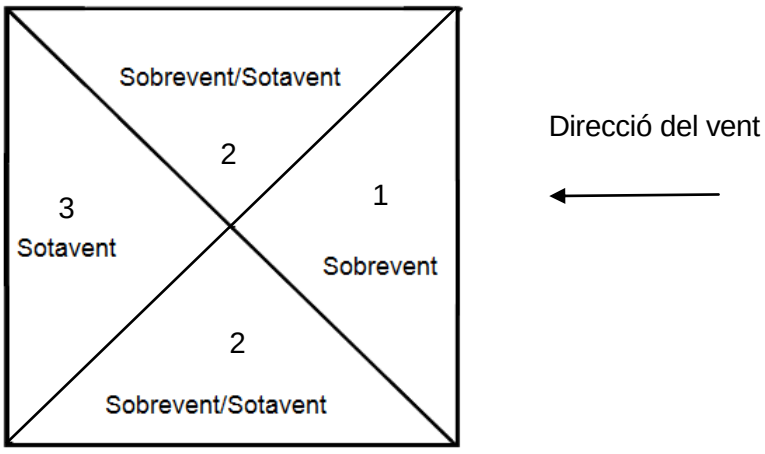


Fig.4.5. Para-sol en planta amb les zones on l'acció del vent és diferent.

Tal i com es pot veure, és necessari disposar d'un model d'estructura que es pugui dividir en 4 parts geomètricament iguals. Es dedueix doncs, que cal una modificació de l'estructura de marquesina a dues aigües per poder-se assimilar l'estructura al para-sol.

És per aquest motiu que es fa una combinació de dues marquesines a dues aigües, una a 90º de l'altra. Resulta un símil al para-sol molt més acurat, tal i com posa de manifest la figura 4.6 on s'observen també com queden distribuïts els diferents valors de c_p en funció de les zones on l'acció del vent és diferent. Els c_p són diferents per a cada una de les zones 1, 2 i 3 vistes a la figura 4.5 i a més, dins de cada zona també són diferents per a cada àrea A, B, C i D mostrades a continuació.

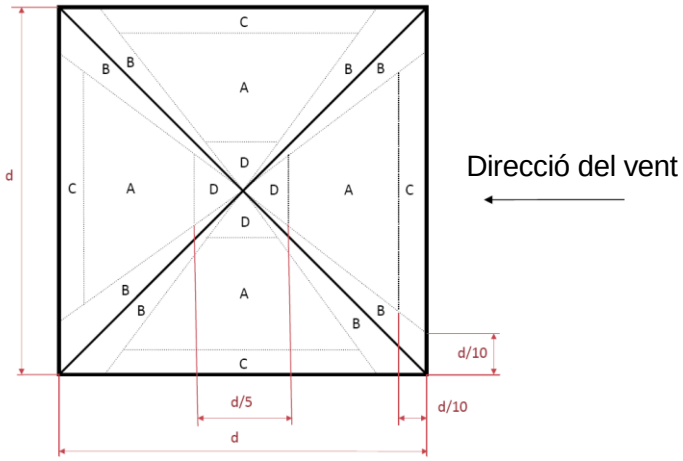


Fig.4.6. Estructura final d'estudi

Així doncs, els c_p de cada zona d'estudi queden definits segons la figura 4.7, mostrada a continuació, que correspon a la taula D.9 del document SE-AE. S'observa que depenen del pendent de la coberta, que es correspon a l'angle de caiguda dels braços del para-sol, del factor d'obstrucció i de l'efecte del vent sobre la zona (1,2,i 3).

Pendiente de la cubierta α	Efecto del viento hacia	Factor de obstrucción φ	Coeficientes de presión $c_{p,10}$ Zona (según figura) A	B	C	D
-20º	Abajo	0 ≤ φ ≤ 1	0,8	1,6	0,6	1,7
	Arriba	0	-0,9	-1,3	-1,6	-0,6
	Arriba	1	-1,5	-2,4	-2,4	-0,6
-15º	Abajo	0 ≤ φ ≤ 1	0,6	1,5	0,7	1,4
	Arriba	0	-0,8	-1,3	-1,6	-0,6
	Arriba	1	-1,6	-2,7	-2,6	-0,6
-10º	Abajo	0 ≤φ ≤ 1	0,6	1,4	0,8	1,1
	Arriba	0	-0,8	-1,3	-1,5	-0,6
	Arriba	1	-1,6	-2,7	-2,6	-0,6
-5º	Abajo	0 ≤ φ ≤ 1	0,5	1,5	0,8	0,8
	Arriba	0	-0,7	-1,3	-1,6	-0,6
	Arriba	1	-1,5	-2,4	-2,4	-0,6
5º	Abajo	0 ≤ φ ≤ 1	0,6	1,8	1,3	0,4
	Arriba	0	-0,6	-1,4	-1,4	-1,1
	Arriba	1	-1,3	-2,0	-1,8	-1,5
10º	Abajo	0 ≤ φ ≤ 1	0,7	1,8	1,4	0,4
	Arriba	0	-0,7	-1,5	-1,4	-1,4
	Arriba	1	-1,3	-2,0	-1,8	-1,8
15º	Abajo	0 ≤ φ ≤ 1	0,9	1,9	1,4	0,4
	Arriba	0	-0,9	-1,7	-1,4	-1,8
	Arriba	1	-1,3	-2,2	-1,6	-2,1
20º	Abajo	0 ≤ φ ≤ 1	1,1	1,9	1,5	0,4
	Arriba	0	-1,2	-1,8	-1,4	-2,0
	Arriba	1	-1,4	-2,2	-1,6	-2,1
25º	Abajo	0 ≤ φ ≤ 1	1,2	1,9	1,6	0,5
	Arriba	0	-1,4	-1,9	-1,4	-2,0
	Arriba	1	-1,4	-2,0	-1,5	-2,0
30º	Abajo	0 ≤ φ ≤ 1	1,3	1,9	1,6	0,7
	Arriba	0	-1,4	-1,9	-1,4	-2,0
	Arriba	1	-1,4	-1,8	-1,4	-2,0

Fig.4.7.Valors de cp segons el document SE-AE de les marquesines a dues aigües. Font CTE.

De la taula anterior cal que sigui comentat que el grau d'obstrucció del flux del vent per sota d'una marquesina es caracteritza mitjançant el factor d'obstrucció, que es defineix com la relació entre l'àrea obstruïda i l' àrea de la secció total sota la marquesina. Ambdues àrees es consideren en un pla perpendicular a la direcció del vent.

Com s'ha dit anteriorment, al para-sol d'estudi es poden definir dos angles de caiguda dels braços: els dels braços diagonals que és de 9,6º i els dels braços ortogonals que és de 13,5º. Ja que la superfície d'estudi és la lona, i, a efectes de càlculs,es considera una superfície plana es tracta com si tota la superfície es trobés a 13,5º. S'observa que a la figura 4.7 aquest angle no es contempla i, que la relació de coeficients entre els diferents angles no és lineal. S'ha de decidir doncs, si s'escullen els valors per a 10º o per a 15º. Ja que els valors per a 15º són més restrictius, s'agafen aquests.

Així doncs, els paràmetres per zones queden definits de la següent manera, tal com es mostra a les taules 4.1, 4.2 i 4.3:

Zona 1 (Sobrevent), efecte del vent cap a baix

Àrea	A	B	C	D
Valor	0,9	1,9	1,4	0,4

Taula 4.1. Valors de c_p per la zona de sobrevent diferenciats per àrees.

Zona 2 (Sobrevent - sotavent) efecte del vent cap a dalt, però degut a les corrents d'aire dins el para-sol s'agafa un valor mig entre cap a dalt i valor mig de cap a baix. S'obtenen els valors mostrats a la taula 4.2.

Àrea	A	B	C	D
Valor	-0,1	-0,025	-0,05	-0,775
Obtenció	$\frac{0,9+\frac{-0,9+(-1,3)}{2}}{2}$	$\frac{1,9+\frac{-1,7+(-2,2)}{2}}{2}$	$\frac{1,4+\frac{-1,4+(-1,6)}{2}}{2}$	$\frac{0,4+\frac{-1,8+(-2,1)}{2}}{2}$

Taula 4.2. Valors de c_p per la zona de sobrevent - sotavent diferenciats per àrees.

Zona 3 (Sotavent), efecte del vent cap a dalt i f $\cong$ 0,7 ja que geomètricament el para-sol s'assimila més a grau d'obstrucció cap a dalt i els valors són més restrictius. Resultats mostrats a la taula 4.3.

Àrea	A	B	C	D
Valor	-1,18	-2,05	-1,54	-2,01
Obtenció	$-0,9\cdot 0,3+(-1,3)\cdot 0,7$	$-1,7\cdot 0,3+(-2,2)\cdot 0,7$	$-1,4\cdot 0,3+(-1,6)\cdot 0,7$	$-1,8\cdot 0,3+(-2,1)\cdot 0,7$

Taula 4. 3. Valors de c_p per la zona de sotavent diferenciats per àrees.

4.1.3. Càlcul de les àrees.

Un cop s'han obtingut els coeficients per a cada zona i àrea es procedeix al càlcul d'aquestes últimes, ja que s'ha de recordar, que amb les formulacions vistes anteriorment (Eq 4.1 i Eq. 4.2), s'obtenen valors de pressió i que, per tant, s'han de multiplicar per les seves respectives àrees per tal d'obtenir una força. Anteriorment, a la figura 4.6 s'ha pogut observar que cadascuna de les zones es divideix per àrees. A continuació, a la figura 4.8 s'observa més en detall aquesta distribució.

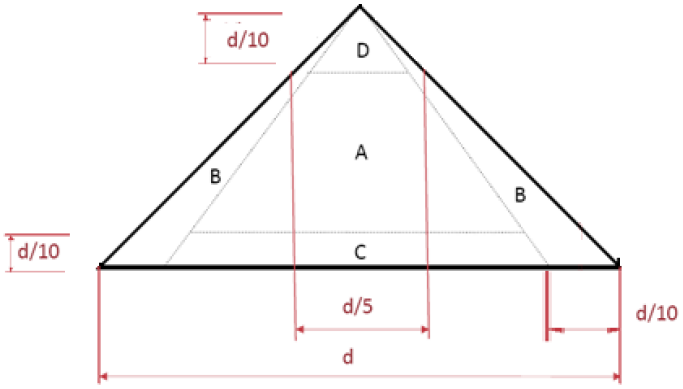


Fig. 4.8. Divisió en àrees de cadascuna de les zones

Per al càlcul de la pressió del s'han de conèixer els valors de les àrees A,B,C i D. Per les dimensions del para-sol es coneix que d=5m i l'alçada de cada zona és de 2,5 m.

La metodologia de càlcul d'aquestes àrees es mostra a l'annex B, Càlculs dels perfils dels braços. A la taula 4.4 es mostren els resultats obtinguts.

Àrea	Superfície (m^2)
A	3
B	1,25
C	1,8
D	0,2
Total	6,25

Taula. 4.4. Àrees de cada zona d'un para-sol 5x5 m^2.

4.1.4. Càlcul de la força total sobre cada zona de la lona del para-sol

Es calcula de la mateixa manera l'acció del vent a cadascuna de les zones però canviant els valors dels coeficients c_e i c_p . En el present projecte, es calcula l'acció del vent a les zones 1 i 3, que corresponen a les zones de sobrevent i sotavent del para-sol. Es treballa amb aquestes ja que són les més crítiques. Es pot deduir aquest fet observant els diferents coeficients per zones. Els d'aquestes zones són els més alts.

Per tal de realitzar aquest càlcul s'ha de definir la velocitat màxima de vent que es vol que el para-sol suporti. Es pren la decisió utilitzant l'escala de Beaufort, que és una mesura empírica per la intensitat del vent, basada principalment en l'estat del mar, les onades i la força del vent. Aquesta es pot consultar a l'annex G. S'observa que a una velocitat del vent superior a 38km/h no es considera còmode estar assegut a sota un para-sol i per tant la velocitat que ha de suportar és aquesta. Així doncs, aplicant les equacions 4.1 i 4.2 vistes anteriorment s'obtenen els resultats expressats a les taules 4.5 i 4.6. Aquests són per a la zona de sobrevent i la de sotavent respectivament. La metodologia de càlcul es pot veure a l'annex B.

Zona de Sobrevent (zona 1)

Àrea	Pressió Dinàmica (q_b) (N/m^2)	Superfície (m^2)	c_e	c_p	Pressió estàtica (q_e) (N/m^2)	Força (N)
A	69,64	3	2,2	0,9	137,88	413,65
B	69,64	1,25	2,2	1,9	291,08	363,85
C	69,64	1,8	2,2	1,4	214,48	386,07
D	69,64	0,2	2,2	0,4	61,28	12,26
Total		6,25				1175,83

Taula. 4.5.Pressió i força del vent a sobrevent

Zona de Sotavent (zona 3)

Àrea	Pressió dinàmica (q_b) (N/m^2)	Superfície (m^2)	c_e	c_p	Pressió estàtica (q_e) (N/m^2)	Força (N)
A	69,64	3	2,2	-1.18	-180,78	-542.33
B	69,64	1,25	2,2	-2,05	-314,06	-392,58
C	69,64	1,8	2,2	-1,54	-235,93	-424.68
D	69,64	0,2	2,2	-2,01	-307,94	-61,59
Total		6,25				-1421,18

Taula. 4.6.Pressió i força del vent a sobrevent

Aquest valors de força total mostrats a les taules anteriors són la resultant de l'acció que rep la lona deguda al vent. Amb aquests valors obtinguts, s'ha de buscar quina proporció de la força total actua sobre cada braç, per així poder-lo dimensionar correctament.

4.1.5. Càlcul de l'acció del vent sobre cada braç.

Aquest estudi es realitza amb els valors obtinguts a la zona 3, que com es pot observar, és la zona més penalitzada per l'acció del vent. El procediment seguit es pot veure a l'annex B. Es conclou doncs, que el braç central, que és el que forma l'aresta del para-sol, rep el 47,5% de la força, mentre que els altres dos reben, cadascun un 26,5% d'aquesta. Així doncs, en el cas més crític, el braç 1 absorbeix 675N, mentre que cadascun dels braços 2, 373,06N.

Un cop es coneixen els valors de les forces sobre els braços es necessita conèixer el punt d'aplicació d'aquestes. Per tal de conèixer aquest punt,es realitza un estudi amb un procediment anàleg a l'anterior (mostrat a l'annex B) però considerant la proporció de cada àrea que afecta a cada braç. Aquest estudi ens dóna ja els valors per a poder realitzar els

càlculs dels perfils. A la taula 4.7 es poden observar les següents dades a mode de resum; la força del vent que actua sobre cada zona i braç, així com el punt d'aplicació d'aquesta respecte l'arbre del para-sol i el moment flector deguda a aquesta força.

Braç	Zona	F vent (N)	Punt d'aplicació respecte l'arbre (m)	Moment (N·m)
1	Sobrevent	532,91	1,63	869,30
1	Sotavent	-675,04	1,52	-1029,77
2	Sobrevent	321,46	2,13	684,92
2	Sotavent	-373,07	2,07	-771,20

Taula. 4.7.Pressió i força del vent a sobrevent

Es pot observar com els valors més crítics en els 2 tipus de braços es troben a la zona de sotavent. Com ja es comentava des del principi de l'apartat. Es pot veure també el punt d'aplicació de la força a cada braç i el moment flector màxim que es produeix. Amb aquestes dades de moment flector es seleccionen els perfils dels braços.

4.2. Definició de perfils

Seguidament, i conegudes les sol·licitacions a les que estan sotmesos els braços, es pot procedir a seleccionar el perfil que s'utilitzarà.

Es defineixen els següents possibles perfils,que són els més utilitzats en aquests tipus d'estructures.

1. Perfil rectangular
2. Perfil en I
3. Perfil en U
4. Perfil en T

El perfil en L, tot i ser un perfil utilitzat en aquests tipus d'estructures es descarta ja que és necessari que el perfil sigui simètric, per tal d'articular les varetes entre sí i per integrar la lluminària.

En primer lloc, es calcula la inèrcia dels diferents perfils, la secció (pel càlcul de la massa) i finalment el moment resistent per calcular les tensions degudes a la flexió per diferents mides de cada perfil.

Amb els valors obtinguts es calcula la tensió màxima que pot admetre cada perfil i es compara amb la que pot admetre l'alumini. Es necessari un perfil amb una bona relació entre massa i tensions admissibles.

No es consideren els esforços tallants, degut a que no són representatius comparativament amb els esforços deguts a la flexió. Per tant es pot assimilar la tensió combinada a la tensió deguda a la flexió.

El material a utilitzar és un alumini 6063 T5 (Alumini per extrusió), el seu límit elàstic és de 145 MPa, i la seva densitat és de 2,7x10 $^{-6}$ kg/mm^3. (Veure full de característiques a l'annex F. Propietats de l'alumini 6063-T5).

- Perfil rectangular

A la figura 4.9, es pot veure la definició del perfil així com la metodologia de càlcul del moment d'inèrcia, moment resistent i secció.

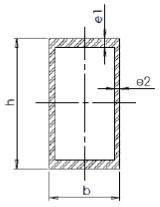
Definició de perfil	Moment de Inèrcia, Moment resistent.
PERFIL RECTANGULAR 	$I = \frac{b \times h^3}{12} - \frac{(b - 2 \times e1) \times (h - 2 \times e2)^3}{12}$ $W = \frac{2 \times I}{h}$
	Secció: $S = b \times h - (b - 2 \times e1) \times (h - 2 \times e2)$

Fig.4.9. Definició del perfil rectangular

- Perfil en I

A la figura 4.10, es pot veure la definició del perfil així com la metodologia de càlcul del moment d'inèrcia, moment resistent i secció.

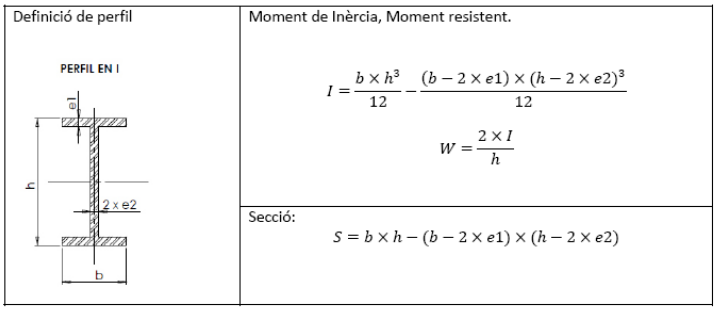


Fig.4.10. Definició del perfil en I

- Perfil en U

A la figura 4.11, es pot veure la definició del perfil així com la metodologia de càlcul del moment d'inèrcia, moment resistent i secció.

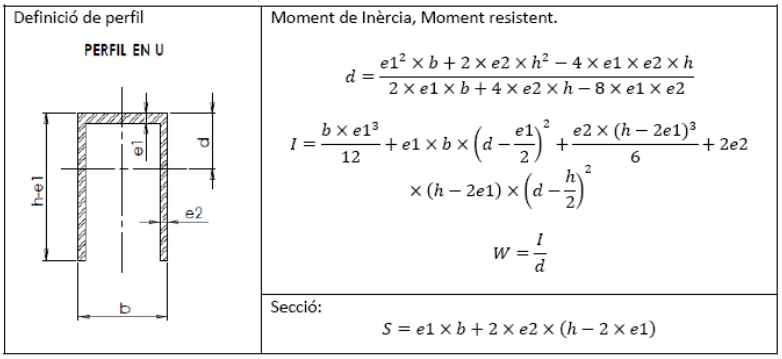


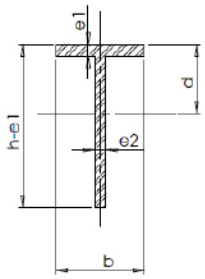
Fig.4.11. Definició del perfil en U

- Perfil en T

A la figura 4.12, es pot veure la definició del perfil així com la metodologia de càlcul del moment d'inèrcia, moment resistent i secció.

Definició de perfil

PERFIL EN T



Moment de Inèrcia, Moment resistent.

$$d = \frac{e1^2 \times b + e2 \times h^2 - 2 \times e1 \times e2 \times h}{2 \times e1 \times b + 2 \times e2 \times h - 4 \times e1 \times e2}$$

$$I = \frac{b \times e1^3}{12} + e1 \times b \times \left(d - \frac{e1}{2}\right)^2 + \frac{e2 \times (h - 2e1)^3}{6} + e2 \times (h - 2e1) \times \left(d - \frac{h}{2}\right)^2$$

$$W = \frac{I}{d}$$

Secció:

$$S = e1 \times b + e2 \times (h - 2 \times e1)$$

Fig.4.12. Definició del perfil en T

Calculant el moment d'inèrcia, el moment resistent i la secció segons el tipus de perfil, el moment flector multiplicant la força màxima que es mostra a la taula 4.7 per la distància al arbre, és a dir, el punt d'aplicació de F i la tensió màxima com a moment flector entre moment resistent s'obtenen, per al braç 1, els següents resultats mostrats a la taula 4.8. i 4.9 i per el braç 2 a la taula 4.10. i 4.11.

Perfil	**H(mm)**	**b (mm)**	**e_1 (mm)**	**e_2 (mm)**	**d (mm)**	**I(mm^4)**	**W(mm^3)**
1	60	28	3	3		215316	7177,2
2	60	28	3	3		215316	7177,2
3	60	28	3	3	24,12	132976,8	5510,31
3	60	40	3,5	3,5	22,26	168105,7	7551,85
4	60	28	3	3	24,13	127399,3	5279,20
4	60	40	3,5	3,5	22,26	156993,8	7052,65
4	50	30	3,5	3,5	18,99	83124,89	4377,97

Taula 4.8. Prestacions dels perfils per al braç 1

Perfil	M(Nmm)	σ (MPa)	S(mm^2)	V(mm^3)	Massa (kg)
1	1029766	143,48	492	1224096	3,31
2	1029766	143,48	492	1224096	3,31
3	1029766	186,88	408	1015104	2,74
3	1029766	136,36	511	1271368	3,43
4	1029766	195,06	246	612048	1,65
4	1029766	146,01	325,5	809844	2,19
4	50	30	3,5	3,5	18,99

Taula 4.9. Prestacions dels perfils per al braç 1

Perfil	H(mm)	b (mm)	e_1 (mm)	e_2 (mm)	d (mm)	I(mm^4)	W(mm^3)
1	60	28	3	3		215316	7177,20
1	50	25	3	3		125542	5021,68
1	55	30	3	2		150635,5	5477,65
2	60	28	3	3		215316	7177,20
2	50	25	3	3		125542	5021,68
2	55	30	3	2		150635,5	5477,65
3	60	28	3	3	24,13	132976,85	5510,31
3	50	25	3	3	19,80	74903,56	3782,84

3	55	30	3	2	19,32	80978,38	4191,82
4	60	28	3	3	24,13	127399,31	5279,19
4	50	25	3	3	19,80	71335,50	3602,64
4	55	30	3	2	19,32	74418,05	3852,23

Taula 4.10. Prestacions dels perfils per al braç 2

Perfil	M(Nmm)	σ (MPa)	S(mm^2)	V(mm^3)	Massa (kg)
3	771200,94	139,95	408	1425960	3,85
3	771200,94	203,87	339	1184805	3,20
3	771200,94	183,98	286	999570	2,70
4	771200,94	146,08	246	612048	1,65
4	771200,94	214,06	207	515016	1,39
4	771200,94	200,19	188	467744	1,26
3	771200,94	139,95	408	1425960	3,85

Taula 4.11. Prestacions dels perfils per al braç 1

Com es pot observar, la millor relació entre la tensió màxima i la massa s'obté en el perfil en T, tot i que no és el perfil seleccionat ja que no és adequat per la funcionalitat del para-sol. Al ser un perfil vertical, a l'hora d'articular els braços obtindríem un descentrament del mecanisme i, a part d'això es volen integrar tant tires de LED com fluorescents LED als braços i aquest perfil no ens ho permetria degut a la seva geometria. És per això que s'escull el perfil rectangular. Així doncs s'escull per al braç 1 un perfil rectangular de 60x28x3x3 mm.

Per al braç dos existeixen dues possibilitats, o bé utilitzar el mateix perfil que per al braç 1, o bé escollir un perfil més petit ja que les sol·licitacions que rep aquest braç són menors que les del braç 1.

Les dimensions del perfil idoni pel braç 2 són les següents; 55x30x3x2mm. L'avantatge d'escollir aquest perfil és que el seu pes és mínim. Tot i que si s'analitza l'opció d'escollir les mateixes dimensions que per el braç 1 es veu que existeixen una seria d'avantatges en front del desavantatge que és l'increment de pes (0,62kg per braç).

Les avantatges d'escollir el mateix perfil que per al braç 1 són les següents.

En primer lloc és que hi haurà menys excedent de material. Els braços es fabricaran utilitzant la tècnica de l'extrusió de l'alumini. Amb aquest procés de fabricació el que s'obté són tires d'alumini d'uns 6000mm útils evidentment amb el mateix perfil tota la tira. Aquesta tira es talla a la mida que l'usuari desitja. El braç 1 té una longitud de 2488mm. Llavors d'una mateix filera d'extrusió es poden treure dos braços 1 i es té un sobrant de 1,024m de material. Si el braç 2, que té una longitud de 3495mm es fa d'unes dimensions diferents al braç 1 hi ha un sobrant de 2,5m d'alumini per a cada braç 2 que es fabrica el que dóna com a resultant 3,5m d'alumini sense utilitzar per a la fabricació de 2 braços 1 i un braç 2. Aquest excedent de material traduït a la fabricació d'un para-sol és de 12m.

En canvi, si el braç 1 i el braç 2 tenen les mateixes dimensions, d'una mateixa filera es pot treure un braç 1 i un braç 2: 2488+3495=5983mm sense pràcticament cap excedent de material.

L'altra avantatge que té sobre dimensionar el braç 2 és que es deforma molt menys que si se li dona la mida justa i necessària. Cal recordar que el braç 2 està menys sol·licitat que el braç 1 però també és més llarg, i , per tant, menys rígid. És evident doncs que la fletxa serà major si se li dóna el perfil adequat.

Així doncs, tant per el braç 1 com per el braç 2 es selecciona una perfil rectangular de 60x28x3x3 mm.

4.3. Comprovació del perfils amb ANSYS

A les figures mostrades a continuació, es poden observar la deformació màxima i les tensions màximes que es donen en els diferents braços en el cas més desfavorable. Aquest és amb la velocitat màxima del vent.

Deformació màxima braç 1;

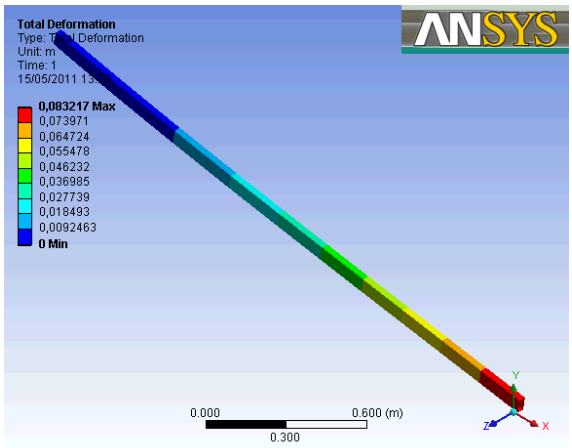


Fig.4.13.Deformació màxima braç 1

Tensions màximes braç 1;

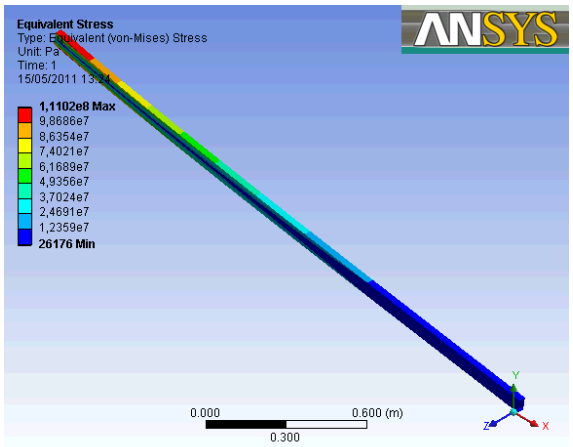


Fig.4.14.Tensions màximes braç 1

Deformació màxima braç 2;

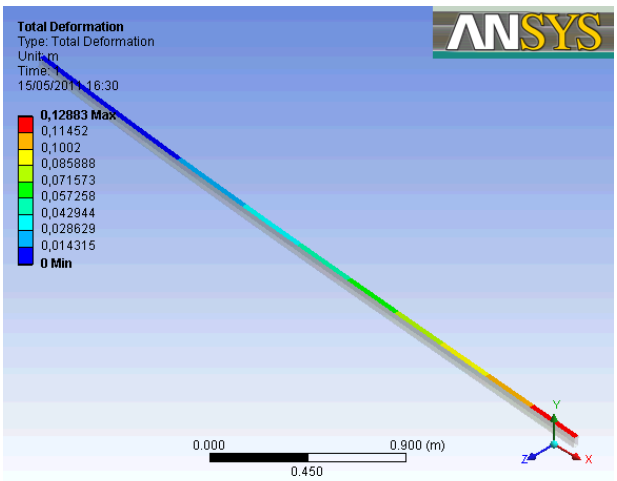


Fig.4.15.Deformació màxima braç 2

Tensions màximes braç 2;

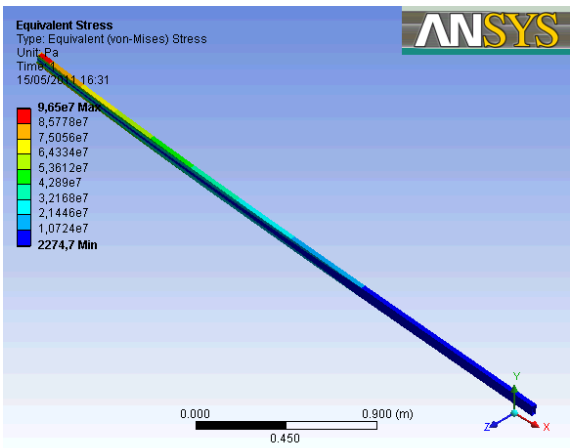


Fig.4.16.Tensions màximes braç 2

Els valors de tensió són totalment admissibles ja que s'ha tractat el cas més desfavorable. El límit elàstic de l'alumini és de 145 MPa. En cap dels dos casos s'arriba a aquest valor.

5. Disseny final del para-sol

A partir dels càlculs del perfil dels braços del para-sol i de l'estudi d'alternatives, s'arriba al disseny final mostrat a la figura 5.1. En aquesta figura es poden observar imatges de les peces finals i s'indica la posició on es troben dins el para-sol.

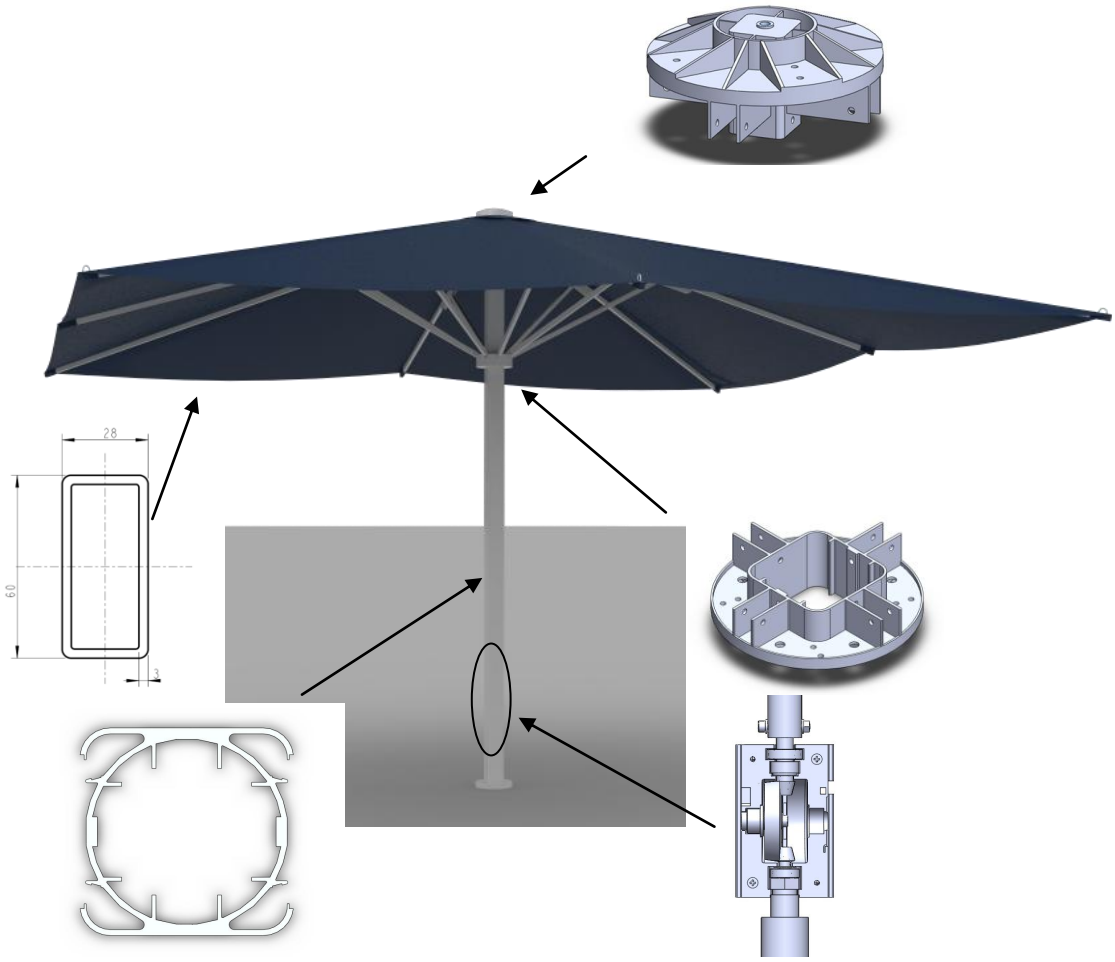


Fig.5.1.Disseny final del para-sol

Les dimensions generals del para-sol es mostren a la figura 5.2

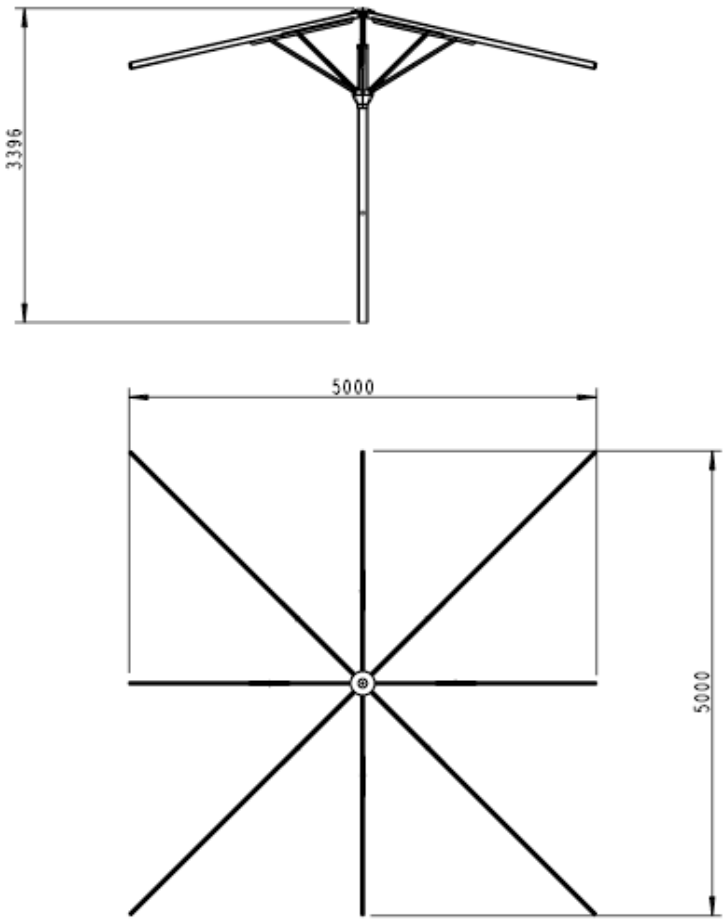


Fig.5.2.Dimensions del para-sol

6. IMPACTE AMBIENTAL- Emissions de CO_2 degudes als accessoris del para-sol

El para-sol, com s'ha comentat en capítols anteriors, pot disposar d'accessoris tals com un motor per l'obertura i el tancament i lluminària. Es vol que la lluminària del para-sol funcioni de la següent manera. S'instal·len 2 tubs LED, que són la lluminària principal. Aquests commuten amb 2 tires de LED, que són la lluminària secundària. El para-sol també disposa 2 des sensors, el LDR i el PIR. Així doncs el sensor LDR detecta durant el dia un nivell de llum per sobre del llindar mínim. Quan s'està per sota d'aquest llindar, s'encén la lluminària del para-sol. Quan es detecta que s'ha de començar a il·luminar el para-sol entren el funcionament els detectors de moviment, que són els sensors PIR. Quan es detecta activitat al voltant del para-sol aquests sensors activen la lluminària principal. Quan no hi ha activitat al voltant s'activa la lluminària secundària.

Evidentment, tot aquests sistema demana d'una electrònica de control.

Tots aquests components mencionats anteriorment evidentment consumeixen energia. Es calcula doncs, quines són les emissions de CO_2. El para-sol, al funcionar amb energia elèctrica, no produeix directament emissions de CO_2 . Aquestes es produeixen amb la generació d'energia utilitzada per el seu funcionament. Evidentment, per a la fabricació del para-sol també s'emet CO_2, però considerant que el producte tindrà una vida d'uns 10 anys, aquestes emissions són menyspreables comparades amb les que es descriuen a continuació.

Així doncs, per tal de calcular les emissions de CO_2 primer s'ha de realitzar una estimació del consum del para-sol.

6.1. Estimació del consum del para-sol

Per tal de reduir els consums, es suposa que no sempre el para-sol es troba ocupat per clients, de forma que la lluminària principal del sistema no està sempre en funcionament i el que es fa és una previsió de quants minuts per hora està aquesta funcionant. Tot i així no està molt clar que aquesta pugui ser una proposició encertada, ja que probablement el para-sol estarà instal·lat en llocs de gran afluència de públic i per tant funcionant sempre a

plena potència, però aquest disseny suposa que hi haurà temps d'inactivitat en que la lluminària principal podrà ser apagada al no haver ningú a prop, substituint-la per tires de LED que proporcionin una il·luminació molt més atenuada amb un consum molt més baix.

Concretament els supòsits a tenir en compte per aquesta opció de disseny són:

- Temps d'ús mig de la lluminària principal (2 tub LED) de 45 minuts per hora.
- Temps d'us mig de la lluminària secundària (2 tires de LED) de 15 minuts per hora.
- Incorporació de sensors a l'electrònica per commutar entre una i altra il·luminació.
- Motor funcionant 15 minuts al dia.

Els tipus de lluminària i de motors venen donats per l'empresa que encarrega el para-sol, ja que són peces de compra que tenen en estoc, degut a la seva integració en altres para-sol de la casa.

Aleshores segons els supòsits presentats, les especificacions del sistema per tal de calcular el consum mig per hora es presenten en la següent taula 6.1:

	Tipus	**Potencia (W)**	**Quantitat**	**Total (W)**
Il·luminació	QuiLED QT-T8-S3-0602-08	8	2	16
Il·luminació	RYBT300-18HW	4.8	2	9.6
Motor	DC 12V	24	1	24
Electrònica	Control	2	1	2
Total		16		51,6

Taula 6.1.Consum del sistema

Per determinar el consum mig per hora, es presenten a continuació unes estimacions per reflectir durant una hora de funcionament un consum mínim que es considera serà l'habitual de funcionament i un altre màxim que es considera que serà la potència màxima consumida quan la lluminària principal estigui sempre funcionant. L'ús del motor es fixa en aquest cas en uns 15 minuts per dia. Es mostren els resultats a la taula 6.2.

Temps de funcionament	7h	5h	1h
Potència Màxima1 **(W)**	168	120	24
Potència habitual funcionament2 **(W)**	156,8	112	22,4

Taula 6.2. Especificacions del sistema

Així doncs en el cas més desfavorable, és a dir, a plena potència el para-sol consumeix 24W.h. Si es considera que existiran el primer any uns mil para-sols, es consumiran 24kW·h.

6.2. Estimació de les emissions de CO_2.

Com s'ha comentat anteriorment, els para-sols en sí no emeten CO_2. Les emissions venen donades amb la generació d'energia elèctrica necessària pel funcionament dels accessoris del para-sol.

En la figura 6.1 mostrada a continuació, es pot observar de quin tipus de central i en quin percentatge procedeix l'energia elèctrica.

[1] Suposant un funcionament a plena potencia de la lluminària (16W), motor del para-sol durant un quart d'hora al dia (6W) i marge per l'electrònica associada necessària.

[2] Suposant el funcionament habitual de la lluminària a plena potència (12W), funcionament de les tires de LED de 15 minuts per hora (2.4W), una utilització del motor del para-sol d'un màxim de 15 minuts al dia (6W) i marge pel consum de l'electrònica necessària associada.

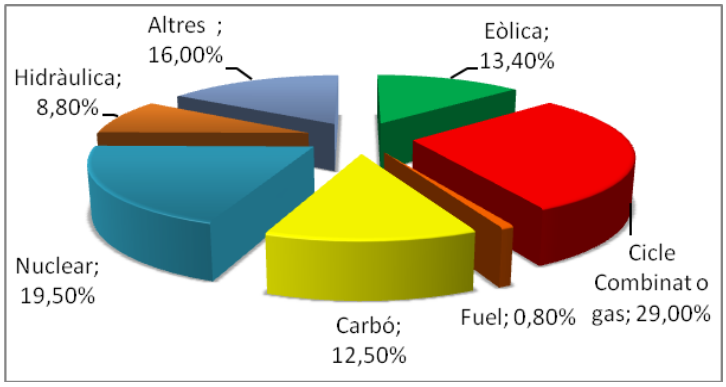


Fig.6.1.Fonts d'energia per l'any 2009. Font WWF.

A partir d' aquest gràfic es coneix que, per al 2009, les emissions de CO_2 per cada kWh son de 0,233 kg. Aquesta dada s'obté realitzant la mitja ponderada de les emissions de CO_2 de las centrals que n'emeten.

Es coneix que existeixen unes pèrdues del 3,51% degudes al transport i la transformació de l'energia.

En conseqüència, és necessari que considerar un consum d'energia elèctrica dels 24kWh més aquestes pèrdues. Es pot observar el càlcul de l'energia que s'ha de considerar a continuació;

$$24kW \cdot h \cdot 1{,}0351 = 24{,}9\text{kW} \cdot \text{h}$$

Per tant, l'energia necessària és de 24,9kW·h per 1000 para-sols i 24,9 Wh per para-sol.

Conegudes les emissions de CO_2 per cada kWh generat para el funcionament de la línea, es poden determinar les quantitats de CO_2 emeses aplicant factors de conversió. Es mostra el càlcul a continuació;

$$\frac{0.233kg\ CO_2}{kWh} \cdot 24{,}9\frac{Wh}{para-sol} \cdot \frac{1kW}{1000W} = 0{,}006\frac{kg\ CO_2}{para-sol}$$

Que, per 1000 para-sols anuals mínims s'obté;

$$\frac{0{,}006kg\ CO_2}{para-sol}\cdot\frac{1000g}{1kg}\cdot 1000\ para-sols = 6.000g\,CO_2$$

Es pot observar que s'emet CO_2. Per tal d'evitar aquestes emissions un dels accessoris que s'integra al para-sol són plaques fotovoltaiques flexibles cosides a la lona del para-sol.

6.3. Integració de panells fotovoltaics flexibles a la lona del para-sol.

Com s'ha vist anteriorment, el para-sol necessita d'una font d'energia per el seu funcionament. Es vol incloure una gamma alta de para-sol en què un dels accessoris siguin panells fotovoltaics flexibles integrats a la lona del para-sol, aconseguint així tres finalitats; la primera autonomia energètica per al para-sol, la segona l'ús d'energies renovables i la tercera aconseguir un disseny més innovador.

6.3.1. Estudi de mercat de cel·les fotovoltaiques flexibles

Per tal de fer l' integració de les cel·les fotovoltaiques amb el tèxtil de la forma més estètica possible, mantenint així amb la mínima afectació les propietats de flexibilitat, lleugeresa i ductilitat del material tèxtil original, es proposa com a tecnologia fotovoltaica a integrar, els tipus de cel·les flexibles, que permeten la captació d'energia solar mantenint al màxim les propietats originals del teixit.

Atenent als requeriments d'il·luminació a l'entorn del para-sol, i d'acord amb les estimacions de consum de l'electrònica i dispositius que aniran connectats i alimentats per la bateria a integrar, s'exposa a la taula 6.3 mostrada a continuació un estudi dels principals fabricants mundials de cel·les flexibles.

Fabricant	Tecnologia	Gruix (mm)	Densitat energètica (W/m2)	Pes (kg/m2)
United Solar Ovonic	Silici amorf	4	59,6	3,42
Xunlight Corporation	Silici amorf	1,3	54,3	2,53
Fuji Electric Systems	Silici amorf	1	55,5	1,01
Power Film	Silici amorf	1,1	33,7	0,77
FlexCell	Silici amorf	2,3	45	1,63
Ascent Solar	CIGS	1,5	77,7	1,86
Global Solar	CIGS	2,5	50,5	1,68
Solarion	CIGS	1,5	94,7	1,33
Konarka	Orgànic	1,5	28,6	1,35
Solar Focus	Silici amorf	1,1	93,3	2,10
Shenzhen Sunco Solar	Silici amorf	1,5	53,3	3,6

Taula 6.3- Plaques solar flexibles

Pel cas d'integració sobre superfícies tèxtils, en el que un substrat flexible serà imprescindible per adequar-lo al contorn i forma del para-sol, les cel·les CIGS o de silici amorf seran les més adequades.

Per l'aplicació d'estudi, la millor opció serà un tipus de cel·la CIGS, amb l'avantatge addicional de que proporcionen una gran eficiència en comparació amb les de silici amorf, apart d'una durabilitat més elevada. Per tant, atenent a les dades de pes i rendiment energètic, els proveïdors més adequats serien Ascent Solar i Solarion, si bé per qüestions de mides (tots els productes de Solarion són de dimensions majors al metre d'amplada), Ascent és el que s'adapta completament a les necessitats del projecte.

A continuació a la taula 6.4 es veuen en detall les característiques dels producte seleccionat per l'aplicació del para-sol fotovoltaic:

Model	W(màx.)	V(màx.)	A(màx.)	Dim (mm)	Kg/m^2	Pes (kg)	W/m^2
WSME-0045	4,5	18,5	0,24	344x170	1,8	0,1	77,7

Taula 6.4. Característiques del producte seleccionat

Tenint en compte el tipus de cel·la seleccionada i el producte del fabricant que millor s'adapta a les necessitats de l'aplicació, es fixarà com a requisit una autonomia mínima desitjada per la bateria d' aproximadament 5 hores.

6.3.2. Ubicació i mida dels captadors solars

Per fer el càlcul d'ubicació i mida dels captadors solars necessaris per proporcionar alimentació elèctrica al sistema, es pren com a punt de partida el consum energètic amb el que es calculen les emissions de CO_2.

Es suposa doncs, un consum mig de 22,4 Wh, amb l'ús de dos tubs LED amb les especificacions vistes anteriorment en aquest document, 2 tires LED i un ús mig de 15 minuts al dia del propi motor del para-sol, a part d'un marge pel consum de l'electrònica associada.

El temps de càrrega de les bateries es suposa inversament proporcional al corrent que es subministra. Es pren com a base que a corrent nominal la durada del cicle de càrrega per assolir la totalitat de la capacitat de la bateria és de 120 minuts.

Pel càlcul de la superfície de captadors solars necessaris pel consum del para-sol es té en comte que l'eficiència del captador solar no serà del 100%, doncs l'orientació de les cel·les no estarà mai simultàniament en direcció ortogonal al sol, que és en la circumstància que major eficiència proporcionen.

S'estima que l'eficiència total de la superfície de captació del para-sol en les millors condicions és d'un 80% i d'un 20% quan la llum solar disminueixi. El rendiment global del captador s'estima en un 50% del valor nominal del tipus de cel·la solar seleccionada, és a dir, uns a 39W/m^2. La superfície de cada mòdul d'aquest fabricant és de 290mmx150mm, el que equival a una superfície de 0.0435m^2.

Es selecciona una bateria que de 12V a 8Ah, aconseguint així una autonomia de 5 a 5.5 hores. La superfície fotovoltaica necessària per carregar aquesta bateria a 1C serà de 2.5m2 mentre que a 0,5 C serà de 1.25m^2.

Tal i com s'ha vist en la caracterització del para-sol, la superfície útil total d'aquest s'ha calculat en 25m^2, distribuïts en 8 seccions triangulars de 3.125m^2. Per fer una distribució uniforme de la superfície de captació solar, sobre cada secció s'integren 1/8 de superfície per complir el requisit de càrrega a 1C o 0.5C.

A la taula 6.5 s'especifiquen les superfícies de captació solar a instal·lar en cada secció del para-sol segons la capacitat de càrrega desitjada, així com el seu cost total per la superfície exacta calculada sabent que aquesta té un preu de 468€/m^2:

Capacitat de càrrega	Superfície total requerida (m2)	Superfície per secció (m2)	Cost total (€)
1C	2.5	0.3125	1170
0.5C	1.25	0.15625	585
0.25C	0.625	0.078125	292.5

Taula 6.5- Integració de les cel·les fotovoltaiques en la superfície del para-sol

Per tal de reduir costos en superfície de captació i assumint que un temps de 4 hores de càrrega és raonable, l'opció més adequada seria la que permet una càrrega a 0.5C amb una superfície total de 1.25m^2 i un cost total aproximat de 585€.

La distribució de les cel·les solars per tal de que sigui el més uniforme possible, es fa seguint el patró que es mostra a la figura 6.2 que es pot veure a continuació, amb bandes idèntiques de 0.16m^2 (4 mòduls solars), arrodonint la superfície necessària per secció a l'alta, pel cas de 1C o de 0.32m^2 (8 mòduls solars), arrodonint la superfície necessària per secció a l'alta, pel cas de 0,5C. Segons aquests càlculs, s'adopta com a solució més adequada pel millor equilibri entre cost i eficiència de càrrega la de 0.5C.

Es pot veure a la figura 6.2 com són distribuïts els mòduls solars per cada secció (8 seccions x 4 mòduls/secció = 32 mòduls, cost real de 651 € segons la nova superfície

calculada a l'alça a partir de les mides dels mòduls solars disponibles). En aquesta figura es presenta una distribució uniforme dels mòduls per cada secció per aconseguir una màxima harmonia estètica. Marcats en vermell es veuen els plecs del para-sol que delimiten cadascuna de les seccions, i marcats com a línees discontinues es preveuen possibles plecs addicionals que poden donar-se al tancar el para-sol, on les peces fotovoltaiques tindrien que ser més flexibles per no crear un efecte d'ondulació.

Cada secció fotovoltaica, amb quatre mòduls solars per secció, anirà cosida sobre un teixit rectangular les dimensions del qual seran de 2m de llargada per 0.3m d'amplada. D'acord amb les dimensions de cada mòdul solar, hi haurà capacitat per a 4 d'ells sobre cada secció, estant distribuïts uniformement sobre aquest teixit. Marcats en negre, fent cantonada amb cada secció, es marquen fragments triangulars de la mateixa tela sobre la que es cosiran els mòduls solars, que aniran cosits directament sobre el para-sol per mantenir l' uniformitat, creant un contorn d'aquesta tela amb els mòduls a la totalitat de la superfície.

S'ha de tenir en compte a més l' impermeabilització de les juntures, per tal que quan plogui no es filtri aigua pels petits forats de els costures. Per evitar això, sobre cada costura s'aplicarà una capa d'impermeabilització en forma de aïllant plàstic, de forma que aquestes costures quedin totalment protegides de la intempèrie.

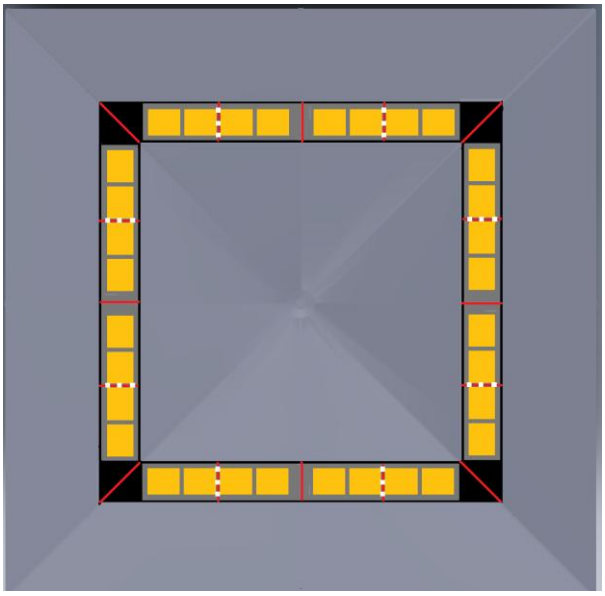


Fig 6.2. Distribució de mòduls solars a la lona del para-sol.

A mode de resum, es mostren les característiques principals de cadascuna de les seccions de teixit fotovoltaic a integrar sobre el propi tèxtil del para-sol:

- Substrat tèxtil de tela sobre el que es cosiran les cel·les fotovoltaiques de 2m x 0.3m.
- Localització d'aquest substrat sobre el para-sol: 0.2m per sobre del perímetre exterior.
- Rectangle amb cel·les fotovoltaiques integrades cosit sobre tèxtil del propi para-sol.
- Peces triangulars del mateix color que substrat per donar un aspecte uniforme sobre aquest contorn en tota la superfície i que encaixin amb els plecs.
- Previsió de que potser es necessiten més plecs dels que es marquen en el para-sol en principi (probablement a les zones marcades amb línies discontinues).
- Costures impermeabilitzades amb aïllant plàstic en la part superior d'aquestes, per tal d'evitar la filtració de l'aigua.

6.3.3. Funcionament del para-sol

Durant el dia, des de la sortida a la posta del sol, els mòduls solars integrats al para-sol, captaran l'energia solar que servirà per carregar les bateries del sistema. L'eficiència de la captació serà major en quant major sigui l'angle d'incidència dels rajos solars sobre la superfície fotovoltaica, essent el màxim quan aquests incideixen de forma ortogonal sobre el conjunt de mòduls solars. A més, es preveu instal·lar un sensor LDR que detecta durant el dia un nivell de llum per sobre del llindar mínim per encendre la lluminària del para-sol encara que hi hagi activitat al voltant d'aquest, així que aquesta lògicament roman apagada mentre la llum diürna està per sobre d'aquest nivell.

Conforme el sol es va posant, l'eficiència de captació solar disminueix fins a ser totalment nul·la. Quan el sol es pon, el sensor LDR detecta que la llum està ja per sota de cert llindar, de forma que permet que el sistema comenci a encendre paulatinament la lluminària principal amb una llum tènue que es va incrementant conforme el nivell de llum diürna continua disminuint fins fer-se totalment fosc i arribar el sistema al seu nivell d'il·luminació d'ambient més tènue habitual , aconseguit mitjançant tires de LED, que permet estalviar en consum de bateries, que es preveu, estaran instal·lades a la base del para-sol i que emmagatzemaran l'energia provinent de les plaques solars. S'instal·laran també uns sensors PIR que detectaran si hi ha o no activitat al voltant del para-sol.

Un cop els primers usuaris del para-sol fotovoltaic comencin a arribar al bar, local, terrassa, etc... on aquest estigui instal·lat i seguin al voltant del seu entorn, l'activitat serà captada pels sensors PIR, que commutaran en aquest moment de l' il·luminació tènue d'ambient formada per les tires de LED a la de funcionament a plena potència dels dos tubs LED, moment a partir del qual el consum del sistema serà el calculat com a màxim.

Mentre els usuaris es vagin movent, en els intervals en els que no es detecti activitat al voltant del para-sol, aquest canviarà al seu mode d'il·luminació atenuada, per tal d'estalviar tot el possible en bateria i incrementar així l'autonomia del sistema, que es calcularà en el pitjor dels cassos d'antre unes 5 i 6 hores, depenent de l'ús que se li doni, el temps de funcionament a màxima potència, i altres consums que es puguin donar com el de l'ús del propi motor que també anirà alimentat per les pròpies bateries.

Un cop a baixa càrrega i arribant el nou dia amb la sortida del sol, l'eficiència de captació de la superfície fotovoltaica anirà augmentant conforme els rajos solars vagin incidint amb més força sobre aquesta, carregant de nou les bateries i repetint aquest cicle.

Per tal de poder calcular la superfície de placa solar, ja sigui rígida o flexible, que s'haurà d'emprar, primer s'hauran de calcular els consums dels components que s'hauran d'alimentar. Aquests seran els LED i el motor. Si el para-sol disposa d'extres com els calefactors o l'aspersor de rosada, aquests no podran ser alimentats amb l'energia provinent de les cel·les fotovoltaiques ja que aquesta tecnologia té les seves limitacions i el consum de tots els components seria excessiu.

Com s'ha comentat anteriorment, el motor que s'utilitzarà al para-sol serà el de 21W.

7. PRESSUPOST

L'objectiu d'aquesta secció és estudiar els costos i ingressos, associats a la fabricació i explotació del para-sol en el seu estat fonamental, és a dir, sense cap mena d'accessori. Aquest anàlisi determina la rendibilitat del projecte i, per tant, la viabilitat econòmica del mateix.

S'han previst les següents partides:

- Costos de disseny i enginyeria: totes aquelles quantitats imputables al procés de conceptualització, desenvolupament i generació de fitxers útils per a la fabricació dels utillatges.

- Cost de materials: dins d'aquest apartat es contemplen els costos dels utillatges i el cost derivat del procés de fabricació de cada peça. Algunes peces són comprades, per la qual cosa al seu preu porten incloses les despeses de serveis generals.

- Cost de muntatge: s'avalua el temps que un operari triga a muntar un conjunt complet.

- Cost de logística: s'inclouen les partides referents a l'embalatge i la distribució.

7.1. Determinació cost unitari

7.1.1. Costos de I+D

- **Costos de disseny**

  Número d'hores = 300 hores.

  Preu/hora = 60 €

Cost total disseny = 18.000 €

- **Costos d'enginyeria**

  Número d'hores = 800 hores.

  Preu/hora = 95€

Cost total enginyeria = 76000€

Cost total de I+D= 94.000€

7.1.2. INVERSIÓ EN UTILLATGES:

Es tracta d'elements de compra, és a dir, la fabricació ha estat subcontractada a una empresa externa, de manera que en el preu s'inclouen les despeses energètiques i de transport.

Peces d'injecció d'alumini

- Cost motlle carcassa = 36.000€
- Cost motlle pinya inferior = 50.000€
- Cost motlle pinya superior = 51.000€

Peces d'injecció de POM

- Cost motlle femella = 8.000€
- Cost motlle tapa el vis = 3.500€

Peces d'injecció d'ABS

- Cost motlle embellidor pinya inferior = 7.000€
- Cost motlle embellidor arbre superior = 5.000€

Peces d'extrusió d'alumini

- Cost filera arbre= 1900 €
- Cost filera embellidor arbre lateral= 900€
- Cost filera vis= 850€
- Cost filera telescopi= 950€
- Cost filera braç llarg=1200€
- Cost filera braç tirant=1120€
- Cost filera braç reforç=1070€

Total inversió en utillatges = 168.490€

7.1.3. COSTOS DE FABRICACIÓ

Tant les peces d'injecció, les d'extrusió o les mecanitzades les realitza una empresa externa, de manera que les peces són un element de compra que s'adquireix com un producte acabat i llest per al seu muntatge. A la següent taula 7.1, s'observa un llistat dels costos de les peces. Si són perfils d'extrusió, a la columna nombre d'unitats indica els metres d'extrusió per el nombre de peces extruides.

Unitat mesura	Concepte	Preu unitari	Nombre d'unitats	Preu total (€)
€/m	Arbre	20,96	3 x 1	62,88
€/m	Embellidor arbre lateral 1	2,49	0,444 x 2	2,21
€/m	Embellidor arbre lateral 2	2,49	2,085 x 2	10,38
€/m	Vis	6,2	1,55 x 1	9,61
€/m	Telescopi	5,43	2 x 1	10,86

€/m	Braç llarg diagonal	5,4	3,495 x 4	75,492
€/m	Braç tirant diagonal	2	1,11 x 4	8,88
€/m	braç reforç diagonal	3	1,1 x 4	13,2
€/m	Braç reforç ortogonal	3	0,45 x 4	5,4
€/m	Braç tirant ortogonal	2	1,072 x 4	8,576
€/m	braç llarg ortogonal	5,4	2.488 x 4	53,74
€	Embellidor pinya inferior	1,16	1	1,16
€	Tapa Vis	0,35	1	0,35
€	Femella	0,54	1	0,54
€	Pinya superior	6	1	6
€	Pinya inferior	4,5	1	4,5
€	Carcassa	3,5	2	7
€	Manovella	2,59	1	2,59
€	lona	135	1	135
€	Corona	12,5	1	12,5
€	Pinyó 1	9,6	1	9,6

€	Perfil U Pinya superior	2	4	8
€	Perfil U Pinya inferior	1,8	4	7,2
€	Tapa pinya superior	6	1	6
€	Embellidor arbre superior	0,38	1	0,38
€	Rodament SKF-6002-2RSH	3,35	1	3,35
€	Coixinet SELFOIL B-16-22-15/28-3	0,808	1	0,808
€	Nilon MOSS-005821600002	0,35	1	0,35
€	Nilon SKIFFY-008713011442	0,28	1	0,28

Taula 7.1. Costos de fabricació de les peces.

Cost total de fabricació= 466,84€

7.1.4. Costos de muntatge (fàbrica):

- Temps de muntatge = 90 minuts.
- Cost hora =25 €

Cost total de muntatge d'un conjunt =37,5€

7.1.5. Costos de Logística:

- *Cost de l' embalatge* = 0,7€/conjunt

- *Distribució* = 23,4€/conjunt

Cost total de logística=24,1€

Es calcula, a continuació el cost unitari d'un conjunt sense tenir en compte l'amortització del procés I + D, ni la dels utillatges de fabricació .

Cost unitari = Σ Costos (Cost unitari components, muntatge, logística)

Cost unitari conjunt = 528,44€

7.2. Càlcul de l'amortització

Amb l'objectiu de recuperar el capital invertit (I+D i utillatges) de forma escalonada però el més ràpid possible, s'amortitzarà de la següent manera:

- 40% el primer any.
- 30% el segon any.
- 15% el tercer any.
- 10% el quart any.
- 5% el cinquè any.

Es preveu una vida del producte de 10 anys. Tot i que s'amortitza a cinc anys ja que, si el producte decau ja s'haurà recuperat tota l'amortització.

Les previsions de ventes es resumeixen, en nombre de conjunts, a la taula 7.2 mostrada a continuació

Any	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Previsió de ventes	1000	1200	1500	1550	1600	1550	1450	1300	1020	940

Taula 7.2. Previsió de ventes en nombre de conjunts

S'adjunta a continuació, a mode d'exemple, el càlcul de l'amortització per al primer any.

Total capital a amortitzar = 263.018,44€
Total capital a amortitzar durant el primer any = 263.018,44· 0,4 =105.207,38€

Capital a amortitzar per conjunt durant el primer any = 105.207,38÷ 1.000 = 105,21€

A la taula 7.3 es mostren les amortitzacions per a tots els anys seguint el procediment de càlcul mostrat anteriorment i a la figura 7.1 es pot veure un gràfic amb les dades de la taula 7.3:

Any	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**
Total a amortitzar (€)	105.207,38	78.905,53	39.452,77	26.301,84	13.150,92
Amortització per conjunt (€)	105,21	65,75	26,30	16,99	8,22

Taula 7.3. Amortització

Fig.7.1. Gràfic de l'amortització

7.3. Càlcul anual del cost unitari total

S'obtenen diferents costos totals calculats seguint la següent fórmula;

Cost total = cost unitari + amortització anual

Així doncs, per a cada any de vida de producte s'obtenen els valors mostrats a la taula 7.4. s'actualitzen als costos amb un IPC anual del 3%.

Any	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**	**10**
Cost unitari (IPC) (€)	528,44	544,29	560,62	577,44	594,76	612,61	630,99	649,92	669,41	689,50
Amortització (€)	105,21	65,75	26,30	16,99	8,22	0	0	0	0	0
Cost unitari total (€)	633,65	610,04	586,92	594,43	602,98	612,61	630,99	649,92	669,41	689,50

Taula 7.4 Cost unitari total

7.4. Càlcul del Benefici Industrial

Per tal de calcular el preu de venta al distribuïdor, s'utilitza la següent fórmula;

$$PVP = P.cost + Benefici$$

$$PVP = P.cost + 0{,}3 \cdot PVP$$

$$0{,}7 \cdot PVP = P.cost$$

$$PVP = \frac{P.cost}{0{,}7}$$

Ja que es considera que obtenir un 30% del PVP de benefici és un marge raonable per aquets tipus de producte.

A continuació, es presenta la taula 7.5, on es mostra el benefici industrial unitari obtingut per any. Aquest es calcula restant-li al preu de venda al cost unitari total mostrat a la taula 7.4. Es poden observar els resultats d'una forma més gràfica a la figura 7.2.

Any	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Cost unitari total (€)	633,65	610,04	586,92	594,43	602,98	612,61	630,99	649,92	669,41	689,50
P.V.P. mínim (€)	905,21	871,50	838,46	849,16	861,41	875,15	901,41	928,45	956,30	984,99
Benefici Industrial (€)	271,56	261,46	251,54	254,73	258,43	262,54	270,42	278,53	286,89	295,49

Taula 7.5. Benefici industrial per any

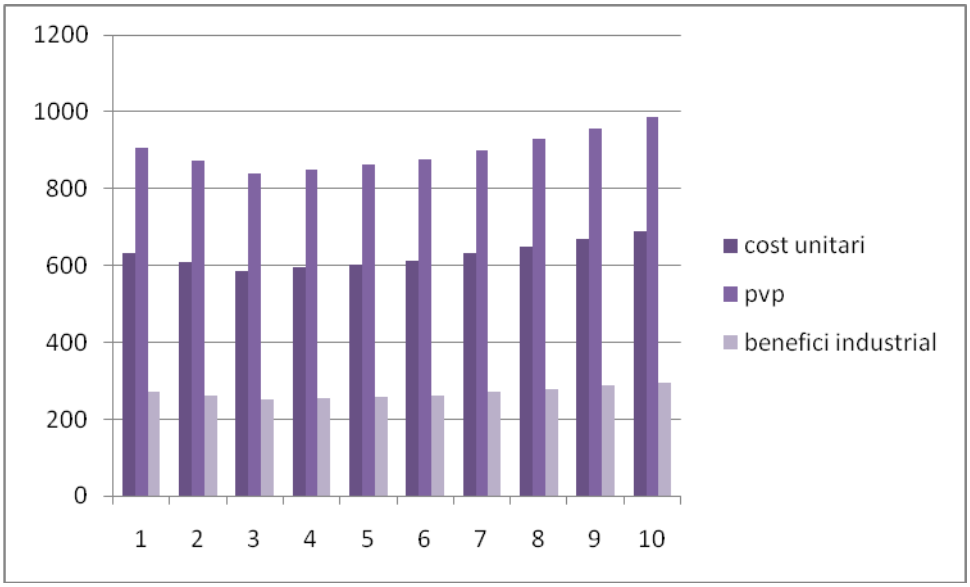


Fig. 7.2. Benefici industrial per any

7.5. Estudi de la viabilitat econòmica

A partir de l'estimació de vendes realitzada al punt 2 d'aquest apartat, es poden preveure els ingressos i les despeses que es tenen al llarg de la vida del producte.

7.5.1. Costos de fabricació anuals

Els costos de fabricació anuals s'obtenen aplicant la següent fórmula per a cada peça.

Cost fabricació anual = cost unitari (sense amortització.) x previsió ventes

Els valors tabulats a la taula 7.6 són la suma dels costos de totes les peces per a cada any.

Any	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**	**10**
Cost nº total peces (€)	466841,22	577015,75	742907,77	790701,51	840694,25	838855,23	808277,60	746402,56	603208,1	572574,51

Taula 7.6. Costos totals de fabricació per any

7.5.2. Costs de muntatge anuals

S'obtenen multiplicant la previsió de ventes de cada any pel cost de muntatge d'un sol conjunt, obtenint els resultats mostrats a la taula 7.7. S'actualitzen els valors amb un IPC anual del 3%.

Any	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Previsió de ventes	1000	1200	1500	1550	1600	1550	1450	1300	1020	940
Cost dun conjunt (€)	37,5	38,62	39,78	40,98	42,21	43,47	44,78	46,12	47,50	48,93
Cost muntatge (€)	37500	46350	59675,62	63514,76	67530,53	67382,81	64926,59	59956,35	48453,96	45993,25

Taula 7.7. Costos totals de muntatge per any

7.5.3. Costos de Logística anuals

- Cost de l' embalatge anual:

S'obté multiplicant el cost de l'embalatge per a una conjunt per la previsió de ventes de cada any. S'actualitzen els valors amb un IPC anual del 3%. es mostren els resultats a la taula 7.8.

	Any1	**Any2**	**Any 3**	**Any 4**	**Any 5**	**Any 6**	**Any 7**	**Any 8**	**Any 9**	**Any 10**
Previsió ventes	1000	1200	1500	1550	1600	1550	1450	1300	1020	940
Cost embalatge d'un conjunt (€)	0,7	0,72	0,74	0,76	0,79	0,81	0,83	0,86	0,89	0,91
Cost total (€)	700	865,2	1113,94	1185,61	1260,57	1257,81	1211,96	1119,18	904,47	858,54

Taula 7.8. Costos totals d'embalatge per any

- Cost de distribució anual

S'obté multiplicant el cost de distribució per a una conjunt per la previsió de ventes de cada any. S'actualitzen els valors amb un IPC anual del 3%. Es mostren els resultats a la taula 7.9.

	Any1	Any2	Any 3	Any 4	Any 5	Any 6	Any 7	Any 8	Any 9	Any 10
Previsió ventes	1000	1200	1500	1550	1600	1550	1450	1300	1020	940
Cost distribució conjunt (€)	23,4	24,10	24,82	25,57	26,34	27,13	27,94	28,78	29,64	30,53
Cost total (€)	23400	28922,4	37237,59	39633,21	42139,05	42046,87	40514,19	37412,76	30235,27	28699,79

Taula 7.9.. Costos totals de distribució per any

Sumant per a cada any el cost d'embalatge i el de distribució s'obté el cost de serveis total. Els resultats es mostren a la taula 7.10.

Any	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Cost total (€)	24100	29787,6	38351,53	40818,82	43399,62	43304,68	41726,16	38521,95	31139,74	29558,33

Taula 7.10. Costos totals de serveis

7.5.4. Determinació anual del preu unitari

Es tracta de sumar tots els costos anteriors sense tenir en compte l'amortització. Seguidament es divideixen entre la previsió de ventes per obtenir el preu unitari. Resultats expressats a la taula 7.11. mostrada a continuació.

Any	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Cost Nº total peces (€)	528441,22	653153,35	840934,93	895035,08	951624,40	949542,72	914930,36	844890,86	682801,80	648126,17
Ventes	1000	1200	1500	1550	1600	1550	1450	1300	1020	940
Cost d'un conjunt (€)	528,44	544,29	560,62	577,44	594,76	612,61	630,99	649,92	669,41	689,50

Taula 7.11. Preu unitari

7.5.5. Determinació anual del preu unitari total

Es tracta de la sumar de tots els costos anteriors però considerant l'amortització. els resultat es mostren a la taula 7.12.

Any	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Previsió ventes	1000	1200	1500	1550	1600	1550	1450	1300	1020	940
Cost total (€)	633.648,60	732.058,88	880.387,70	921336,93	964775,32	949542,72	914930,36	844890,86	682801,798	648126,177
Cost d'un conjunt (€)	633,65	610,05	586,92	594,41	602,98	612,61	630,99	649,92	669,41	689,50

Taula 7.12. Preu unitari total

7.6. Càlcul del VAN. Estimació del PAY-BACK

Es calcula el VAN com;

V.A.N. = Σ(Benefici net anual) – Inversió inicial

Es calcula el benefici net com:

B.N. = Benefici Industrial (B.A.I.I.) – Impostos (35% Bº Industrial)

Així doncs, el benefici net per a cada any es mostra a la taula 7.13.

Any	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**	**10**
Bn industrial (€)	271,56	261,45	251,54	254,74	258,42	262,55	270,42	278,53	286,89	295,50
35% BI (€)	95,05	91,51	88,04	89,16	90,45	91,89	94,65	97,49	100,41	103,42
Bn conjunt (€)	176,52	169,94	163,50	165,58	167,97	170,65	175,77	181,05	186,48	192,07
Bn total (€)	176516,39	203930,69	245250,86	256658,14	268758,84	264515,47	254873,45	235362,45	190209,07	180549,43

Taula 7.13. Benefici net

Procedint al càlcul del valor acumulat net de la forma descrita anteriorment, s'obté;

V.A.N. = 2.013.606,37€

La inversió inicial és de 263.018,44€, es té en compte la inversió en disseny i enginyeria, el cost dels utillatges, els costos de producció per al primer any i els costos de muntatge i de logística també per al primer any.

Així doncs, es pot observar que el benefici net total del primer any és de 176.516,39 € i el deu segon any de 203.903.69 €. Així doncs el payback es troba al torn dels dos anys ja que al primer any encara no s'haurà recuperat la inversió inicial.

7.7.Conclusions del pressupost.

D'aquests valors es dedueix que el projecte és raonablement rendible. El PAY-BACK està a l' entorn dels dos anys de manera que no només es té gran rendibilitat a llarg termini, sinó també gran liquiditat de la inversió i beneficis ràpids.

A mode de resum, cal destacar que, als anys on hi ha més vendes, els costos es veuen incrementats a causa de l'augment dels costos variables (més peces), mentre que els cost fixos es mantenen constants.

El Benefici Industrial augmenta a mesura que passen els anys com a conseqüència que la quantitat a amortitzar és menor i els darrers anys encara més a causa de que ja està tot amortitzat. En canvi, al ser la previsió de vendes menor, el benefici total és més petit a mesura que s'acaba la vida del producte.

Conclusions

El prototipus funcional ha donat uns resultats satisfactoris, per tant, es pot deduir que la metodologia seguida ha estat la correcta.

El prototipus ha donat bons resultats però es considera que el disseny està sobre dimensionat. Això és així, ja que la normativa utilitzada és específica per edificacions, per tant, molt més estricta del que seria necessari per un para-sol. És a dir el para-sol dissenyat probablement aguanta molta més velocitat de vent de la que s'especificarà a la fulla tècnica del mateix.

Es deixarà el para-sol a l'aire lliure durant un període llarg de temps per comprovar que aguanti les sol·licitacions que es demanen. Es mesuraran també les deformacions que pateix.

Si els resultats són els que s'esperen, és a dir, un para-sol sobre dimensionat, es realitzarà un nou prototipus funcional amb una perfils més petits i es tornaràn a provar.

El que es considera un èxit, és la rendibilitat del producte, que com s'ha comentat a l'apartat de viabilitat econòmica, no només es té gran rendibilitat a llarg termini, sinó també gran liquiditat de la inversió i beneficis ràpids.

Aquest projecte ha estat, en l'àmbit personal, la primera presa de contacte amb el món laboral. Ha resultat molt satisfactori que el primer projecte donés bons resultats.

Agraïments

En primer lloc vull agrair a Tandem Company l'oportunitat de realitzar el Projecte Final de Carrera amb ells.

Agrair també al director del meu projecte, Francisco Vera, no només l'ajuda en l'elaboració del projecte sinó la seva disposició durant tot aquest temps.

A Jordi Gavaldà, ponent del projecte, per els seus consells en la part més tècnica del projecte.

A la meva família, en especial als meus pares, per tots els esforços realitzats durant la meva vida acadèmica.

I per últim a tots els meus amics per donar-me suport en els moments complicats.

Bibliografia

[1] Documento Básico SE-AE. *Seguridad Estructural. Acciones en la edificación*. Març 2006.

[2] G.Niemann, *Elementos de màquinas Volumen I,* Primera edició. Novembre 1987.

[3] G.Niemann, *Elementos de màquinas Volumen II,* Primera edició. Novembre 1987.

[4] G.Niemann, *Elementos de màquinas Volumen III,* Primera edició. Novembre 1987

[5] DEPARTAMENTO DE RESISTENCIA DE MATERIALES Y ESTRUCTURAS EN LA INGENIERÍA. *Elasticidad y Resistencia de Materiales: Tablas*. Barcelona: ETSEIB. CPDA., 1992

[6] AYNETO, A.; MARIMON, F.; ROURE, F. *"Resistencia de Materiales (Fascícles 1 a 4, 5, 6 y 8)"* Barcelona, ETSEIB – CPDA, 1999

[7] MARTÍNEZ, JORDI I VECIANA JOAQUIM M. *Càlcul de Màquines. Engranatges. Geometria.* Barcelona: ETSEIB, CPDA, 2009.

[8] FENOLLOSA, JOSEP. *TEM. Unions Cargolades*. Barcelona. Edicions UPC,2000.

[9] RIBA ROMEVA, CARLES. *Disseny de màquines II. Selecció de Motors i Transmissions en el projecte Mecànic*. Serveis Gràfics Copisteria Imatge, Setembre 2009.

[10] NTN. *Rodamientos de bolas y rodillos*. NTN Corporation, 1996.

[11] Web del fabricant de rodaments SKF: *http://www.skf.com.* Consultada entre gener i maig de 2011.

[12] Web de fabricant de coixinets sinteritzats AMES: *http://www.ames.es*. Consultada entre gener i maig de 2011.

[13] Web de fabricant de para-*sols : http://www.caravita.de/*. Consultada entre gener i maig de 2011.

[14] Web de fabricant de para-*sols : http://www.globalparasols.com/*. Consultada entre gener i maig de 2011.

[15] Web de fabricant de para-*sols : http://www.mdt-tex.com/.* Consultada entre gener i maig de 2011.

[16] Web de fabricant de para-*sols : http://www.symo.eu/.* Consultada entre gener i maig de 2011.

[17] Web de finances: http://www.finanzas.com/economia/ipc/espana/. Consultada entre gener i maig de 2011.

[18] Web de finances : http://www.mailxmail.com/curso-plan-marketing-empresas/desarrollo-prevision-ventas-estacionalidad. Consultada entre gener i maig de 2011.

[19] Web de medi ambient: http://www.WWF.es. Consultada entre gener i maig de 2011.

[20] Web de materials: http://www.MATWEB.com. Consultada entre gener i maig de 2011.

[21] A. CHEVALIER. *Dibujo Industrial.* Limusa. Noriega editores, 2002.

[22] Web de productes plàstics: http://www.skiffy.com. Consultada entre gener i maig de 2011.

[23] Web de productes plàstics: http:// www.mossexpress.es. Consultada entre gener i maig de 2011.

[24] http://es.wikipedia.org/wiki/Escala_de_Beaufort. Consultada entre gener i maig de 2011.