

Disseny d'un reflector amb seguidor solar per il·luminació natural

Margalida Rosselló Canals, Dr. Víctor Martínez Moll

P.F.C. d'Enginyeria Tècnica Industrial, Especialitat en Electrònica Industrial

margalida.rossello.c@gmail.com

Resum- Aquest article presenta el disseny i l'estudi energètic d'un reflector per il·luminació natural. El seu funcionament es basa en els Scheffler Reflector. Aquests són seguidors solars que treballen sobre un eix de moviment automàtic amb ajust manual de la curvatura i la inclinació al llarg de l'any. Amb això s'aconsegueix reduir el consum elèctric del sistema i el cost de la inversió inicial. Ha estat necessari el disseny d'uns miralls reflectors secundaris i finals per distribuir la llum a la sala objecte. A partir d'aquest disseny s'ha realitzat un estudi d'energia en implantar-ho en una oficina de 45m². Per poder realitzar-ho, el departament de física de l' U.I.B. ha proporcionat les dades d'un clima típic anual a Mallorca. Els resultats obtinguts mostren un grau de cobertura mínima del 14% en implantar aquest sistema, podent aconseguir el 52% si aquest es combina amb un sistema d'il·luminació artificial amb control progressiu.

I. INTRODUCCIÓ

Nombrosos estudis afirmen que la llum natural té una gran quantitat de beneficis per a la salut de les persones: millora la concentració i la lectura, augmenta la sensació de benestar i confort... A més, la bona qualitat de la llum natural enfront de la llum artificial es deu al fet que les ones solars comprenen totes les longituds d'ona visibles, mentre que les de llum artificial són més intenses en un interval de l'espectre. Aquest fet provoca cansament ocular i aberracions cromàtiques en l'entorn. A part de tenir una lluminositat més concentrada i menys uniforme.

Les tecnologies d'aprofitament de llum natural, existents al nostre mercat, dirigeixen els rajos solars des de la coberta de l'edifici fins a la sala a il·luminar. Aquests sistemes capten la llum mitjançant reflectors i la condueixen per l'interior del tub fins a arribar al difusor, que distribueix la llum a l'habitació.

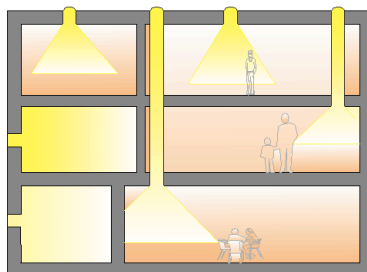


Fig. 1 Esquema de conductes d'il·luminació natural

La instal·lació d'aquests sistemes requereix un canvi arquitectònic a l'edifici. El principal inconvenient que presenten recau en la utilització d'un conducte per a cada punt de llum, ocupant l'espai pertinent per a cadascun.

El reflector que es proposa, juntament amb el sistema de distribució de llum (similar a un periscopi), s'adapta a cada escenari, sense ocupar més que un mínim espai a l'interior on estaran els reflectors finals.

II. DISSENY DEL REFLECTOR

El reflector principal està format per 6 elements: el mirall reflector (A), l'estructura de subjecció (B), l'eix de rotació (C), l'eix de declinació (D), el peu suport (E) i el sistema de control i transmissió (F).

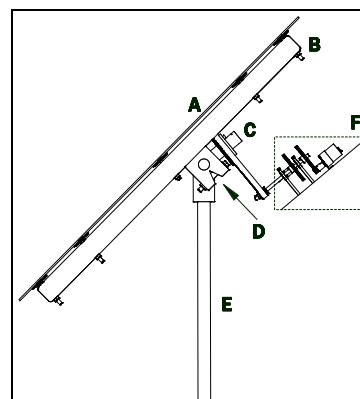


Fig. 2 Vista del perfil del Reflector Principal

A. Funcionament:

El reflector principal està constituït sobre dos eixos de moviment: l'eix de rotació (segueix el traçat diari del Sol) i l'eix de declinació (s'ajusta a la declinació de cada època de l'any). Aquest seguidor solar únicament consta d'un eix automàtic (eix de rotació) i l'eix de declinació s'ajusta setmanalment de manera manual, mitjançant la tècnica usada en els reflectors Scheffler.

El reflector Scheffler és un mirall de forma parabòlica que dirigeix els rajos solars a un focus immòbil, allunyat del reflector. El seu disseny va ser ideat per cuinar a l'interior de l'habitatge. El funcionament d'aquests es basa en els seguidors solars d'un sol eix. El mecanisme de seguiment solar només té

un grau de llibertat automàtic, que gira seguint el traçat diari del Sol. Perquè la reflexió sigui efectiva durant tot l'any, el reflector ha d'ajustar-se al canvi de pla del Sol. La trajectòria aparent que realitza el Sol, durant les diferents èpoques de l'any, defineix una sèrie de plans perpendiculars a l'eix de rotació terrestre. El concentrador Scheffler adopta, manualment, una nova curvatura per pertànyer al nou pla el·líptic.

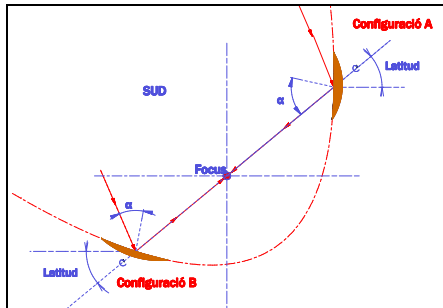


Fig. 3 Configuracions possibles del Scheffler Reflector

La fig. 3 il·lustra les dues configuracions possibles que es poden adoptar per reflectir els rajos solars en un mateix punt.

Per a aplicacions d'il·luminació no és necessari concentrar la llum, per la qual cosa s'utilitza la mecànica de seguiment d'un reflector Scheffler però amb un reflector pla. El flux lumínic reflectit (Φ_r) resulta de:

$$\Phi_r = \Phi \cos \alpha$$

On α és l'angle de reflexió i Φ és el flux lumínic incident. De tal manera que la configuració A aconseguirà majors densitats de flux lumínic a l'hivern, mentre que la configuració B les aconseguirà a l'estiu.

Les característiques físiques que ha de complir el reflector perquè la reflexió sigui efectiva són:

- Els dos eixos de seguiment han de intersectar-se en un punt.
- L'eix de rotació (seguidor solar diari) ha de ser paral·lel a l'eix terrestre, per tant, tindrà un angle d'inclinació igual a la latitud del lloc d'instal·lació.
- Perquè el focus no es desplaci, el plànol del reflector haurà de contenir a l'eix de declinació.

S'han simulat les paràboles de trajectòria del Sol (mitjançant el VariCAD) per estudiar les diferents posicions que ha d'adaptar el mirall, igual que els reflectors Scheffler.

Pel que es refereix a l'altura del peu suport, depèn de la distància a la qual es trobi el reflector principal del focus on s'ha de reflectir.

El reflector principal ha d'estar orientat de Nord a Sud. Per tant, el focus ha d'estar enfront d'aquest, orientat cap al Sud. En molts casos, no és possible que la finestra o obertura de la sala es trobi en aquesta disposició. Per això, s'han dissenyat

reflectors secundaris (Fig. 4). Les dimensions d'aquests difereixen en la distància que es troba entre ells i el reflector principal. Quan els rajos solars incideixen sobre una superfície sofreixen una dispersió que s'ha estimat en 8'33 mrad. Aquest fet força a l'augment de la superfície del mirall reflector secundari. Les dimensions que hauran de tenir els reflectors secundaris a 5m: 1'3m x 1'3m, a 10m: 1'43m x 1'43m i a 15m (1'55m x 1'55m).

Finalment, perquè el feix de llum es distribueixi a l'interior del sala, s'han dissenyat reflectors finals per repartir el flux lumínic reflectit (Fig. 4).

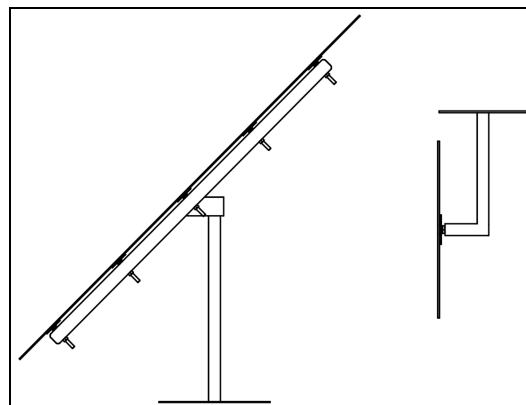


Fig. 4 Vista d'un reflector secundari a 5m (esquerra) i vista d'un reflector final (dreta)

B. Transmissió i control:

El sistema de control realitza el seguiment diari de la trajectòria del Sol en l'horitzó. Aquesta format pels següent elements:

- Una placa Arduino amb un micro controlador ATMEL. La seva funció és la de controlar que el mirall estigui orientat al Sol durant tot el dia.
- Dos finals de carrera que donen límit al traçat màxim del mirall (l'eix de rotació). El recorregut màxim es correspon al dia més llarg de l'any, el solstici d'estiu, i en aquest cas el seu valor és de 242'2°.
- Dues cèl·lules fotovoltaïques, col·locades en triangle, per seguir el recorregut del sol. Entre elles actuen, en manera comparador, per saber si la seva orientació és la correcta.
- Un motor DC amb reductora, que fa girar el mirall.
- Una corretja dentada, dues corrioies dentades i cinc engranatges, que transmeten el moviment del motor a l'eix de rotació i, a la vegada, redueixen la velocitat de sortida del motor 150:1.

III. ESTUDI D'ENERGÈTIC

S'ha realitzat un estudi d'energia per obtenir el grau de cobertura que es pot aconseguir, en il·luminació, amb el reflector. Per a això, s'ha proposat el següent escenari: una

oficina de 45m², amb un horari de treball de 9:00h a 18:00h. i que no pot rebre massa il·luminació natural a causa de la seva situació. En ell, es comparen 2 escenaris amb dos sistemes de regulació: un de progressiu i un altre de tot o res.

A partir de les dades climàtiques obtingudes en un any típic a Mallorca, es procedeix a calcular la quantitat de flux lluminós rebut a l'interior de la sala. Els coeficients a tenir en compte han estat: les dimensions del reflector principal, les pèrdues per reflexió per mirall (5%), la transmissió del cristall dels buits en parets (85%) i l'angle d'incidència dels rajos.

Segons la UNE 12464.1, unes oficines han de tenir 500 lux en il·luminació. El flux lluminós mínim requerit a l'oficina proposada és de 22.500 lúmens.

En el sistema de control TOT o RES, es tindran enceses les lluminàries fins a arribar a un flux lluminós natural de 20.000 lúmens (450 lux). A partir d'aquest valor, la il·luminació solament serà amb llum natural. La fig. 5 mostra el nombre d'hores en què s'utilitza la llum natural, enfront del nombre d'hores en què s'utilitza la il·luminació artificial. Els resultats mostren un 14% d'aportació de llum natural. En aquest cas, durant els mesos d'estiu no es realitza cap aportació solar a causa de la configuració escollida (Fig. 3).

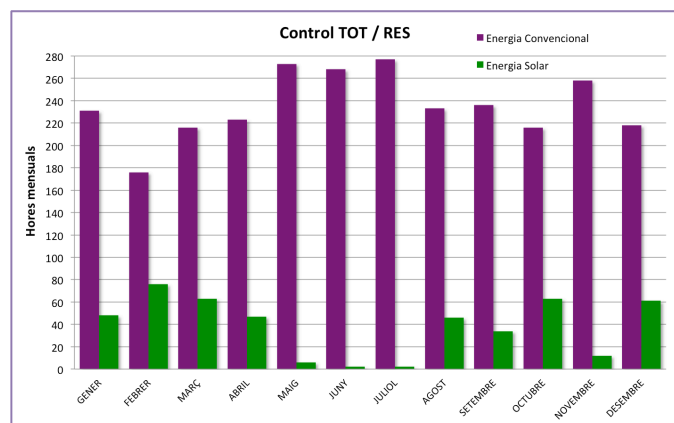


Fig. 5. Resultats Escenari amb control TOT o RES.

A l'escenari de control progressiu, per a cada hora, s'ha obtingut la quantitat d'il·luminació que s'ha d'aportar amb electricitat per tenir un flux lumínic constant de 22.500 lúmens. Els resultats anuals obtinguts (Fig. 6) ens demostren que es pot aconseguir un grau de cobertura d'un 52% amb energia solar.

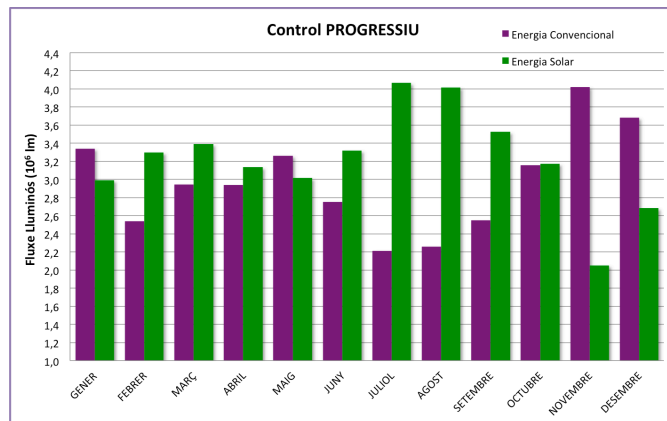


Fig. 6 Resultats escenari amb control Progressiu

IV. CONCLUSIONS

S'ha dissenyat un sistema d'il·luminació natural, que s'adapta a cada escenari d'instal·lació, evitant modificacions en l'estructura arquitectònica de l'edifici. Aquest sistema té un baix cost de fabricació i simplicitat en el muntatge, amb un mínim consum elèctric (la potència necessària per al motor DC). La instal·lació d'aquest sistema contribueix a un important estalvi energètic, i al conseqüent descens econòmic en la factura d'electricitat. A més de fer ús d'una energia renovable, abundant, gratuïta i neta.

AGRAÏMENTS

Al director d'aquest PFC, Dr. Víctor Martínez Moll, per tota l'ajuda i la paciència, més tot el suport, juntament amb el Dr. Ramón Pujol, i la confiança dipositada en presentar aquest projecte al Congrés XV Ibèric i X Iberoamericà d'Energia Solar a Vigo, el Juny passat.

REFERÈNCIES

- [1] www.solare-bruecke.org, Wolfgang Scheffler.
- [2] Duffie, JA, and Beckmann, WA 1974. *Solar Energy of Thermal Processes*.



Margalida Rosselló Canals (Bunyola)
Ha realitzat aquest treball com a P.F.C. d'Enginyeria Tècnica Industrial, especialitat en Electrònica Industrial a la E.P.S. de la Universitat de les Illes Balears.