

# ANNEX 1: CÀLCULS INSTAL·LACIÓ ELÈCTRICA

En aquest apartat es desenvoluparan els mètodes de càlcul, fórmules i tot el que es relaciona amb el dimensionament de la instal·lació elèctrica en baixa tensió de la nau industrial objecte de l'estudi, completant l'apartat de la memòria tècnica explicativa.

## A1.1. Càlcul de la intensitat

### Línies Monofàsiques

Per al càlcul de les línies monofàsiques s'han utilitzat les següents fórmules:

$$P = U \cdot I \cdot \cos \varphi \qquad I = \frac{P}{U \times \cos \varphi} \qquad (1)$$

- P = Potència que consumeix la línia en W.
- U = Tensió en V.
- I = Intensitat en A.
- Cos fi = Factor de potencia.

### Línies Trifàsiques

Per al càlcul de les línies trifàsiques s'han utilitzat les següents fórmules:

$$P = \sqrt{3} \cdot U \cdot I \cdot \cos \varphi \qquad I = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot U \times \cos \varphi} \qquad (2)$$

- P = Potència que consumeix la línia en W.
- U = Tensió en V.
- I = Intensitat en A.
- Cos fi = Factor de potencia.

Línies en les que existeixen làmpades de descàrrega o Downlight's

En aquestes circuits la càrrega mínima prevista en VA serà de:

$$S = 1,8 \cdot P \quad (3)$$

- S = Potència aparent en VA.
- P = Potència consumida per l'element en W.

La intensitat que tenim que preveure per al càlcul en línies monofàsiques serà de:

$$I = \frac{1,8 \cdot P}{U} \quad (4)$$

- U = Tensió en V.
- P = Potència en W.
- I = Intensitat en A.

Mentre que en línies trifàsiques serà de:

$$I = \frac{1,8 \cdot P}{\sqrt{3} \cdot U} \quad (5)$$

- U = Tensió en V.
- P = Potència en W.
- I = Intensitat en A.

## A1.2. Relació de potencia instal·lada

### Xarxa de distribució

La potència total instal·lada es la següent:

Descripció	Potencia Kw
Il·luminació	15,30
Força	158,92
Total	174,22

**Taula 1.** Relació potencia xarxa de distribució.

### Derivació individual

Línea	Descripció	P nominal	Coef Sim	P càlcul (W)	Intensitat (A)
D.I	D. INDIV	174218,2	0,6	104530,92	188,82

**Taula 2.** Relació potències Derivació individual.

### Quadre principal

La potencia instal·lada és la següent:

Línia	Descripció	P nominal	Coef	P càlcul (W)	Intensitat (A)
L1	Star - Winder	17500	1	17500	31,61
L2	Trilateral	10500	1	10500	18,97
L3	Refredadora	18480	1	18480	33,38
L4	Subquadre Taller	22000	0,7	15400	27,82

	1				
L5	Subquadre Taller 2	25500	0,7	17850	32,24
L6	Subquadre Taller 3	36500	0,7	25550	46,15
L7	Subquadre Taller 4	28200	0,7	19740	35,66
L8	Subquadre Oficines	23766	0,7	16636,2	30,05
L9	Il·lum. Magatzem 1	1200	1,8	2160	11,74
L10	Il·lum. Magatzem 2	1200	1,8	2160	11,74
L11	Il·lum. Magatzem 3	1200	1,8	2160	11,74
L12	Il·lum. Taller 1	1600	1,8	2880	15,65
L13	Il·lum. Taller 2	2000	1,8	3600	19,57
L14	Il·lum. Taller 3	1600	1,8	2880	15,65
L15	Il·lum. Taller 4	1600	1,8	2880	15,65
L16	Il·lum. Sota Oficines	1404	1,8	2527,2	13,73
L17	Bomba	1200	1	1200	6,52
L18	Extracció	3750	1	3750	6,77
L19	Extracció	3750	1	3750	6,77
L20	Extracció	3750	1	3750	6,77
L21	Emergències	108	1	108	0,59
L22	C. INCENDIS	400	1	400	2,17
L23	C. TELÈFON	400	1	400	2,17
L24	C. ALARMA	400	1	400	2,17

L25	Presses generals1	4200	0,5	2100	11,41
L26	Presses generals2	4800	0,5	2400	13,04
L27	TERMO	2500	1	2500	13,59

**Taula 3.** Relació potències Quadre Principal.

Subquadre Oficines

La potència instal·lada és la següent:

Línia	Descripció	P nominal	Coef	P càlcul (W)	Intensitat (A)
LCO1	Il·luminació 1	1224	1,8	2203,2	11,97
LCO2	Il·luminació 2	1440	1,8	2592	14,09
LCO3	Il·luminació 3	864	1,8	1555,2	8,45
LCO4	Il·luminació 4	1224	1,8	2203,2	11,97
LCO5	Emergències	194	1	194	1,05
LCO6	Preses generals1	4500	0,6	2700	14,67
LCO7	Preses generals2	4200	0,6	2520	13,70
LCO10	AIRE COND.	5000	1	5000	9,03
LCO11	AIRE COND.	5000	1	5000	9,03

LCO8	Línia SAI 1	1800	1	1800	9,78
LCO9	Línia SAI 2	1800	1	1800	9,78

**Taula 4.** Relació potències Subquadre Oficines.

Subquadre Taller 1

La potència instal·lada és la següent:

Línia	Descripció	P nominal	Coef	P càlcul (W)	Intensitat (A)
LC1.1	Kolbur	15000	1	15000	27,10
LC1.2	Empaquetadora	2000	1	2000	3,61
LC1.3	Paletitzadora	2000	1	2000	3,61
LC1.4	Preses Trifàsica	3000	0,8	2400	4,34

**Taula 5.** Relació potències Subquadre Taller 1.

Subquadre Taller 2

La potència instal·lada és la següent:

Línia	Descripció	P nominal	Coef	P càlcul (W)	Intensitat (A)
LC2.1	Plegadora-Prensa	7500	1	7500	13,55
LC2.2	Plegadora	7500	1	7500	13,55
LC2.3	Plegadora-Prensa	7500	1	7500	13,55
LC2.4	Preses Trifàsica	3000	0,8	2400	4,34

**Taula 6.** Relació potències Subquadre Taller 2.

### Subquadre Taller 3

La potència instal·lada és la següent:

Linia	Descripció	P nominal	Coef	P càlcul (W)	Intensitat (A)
LC3.1	Trilateral	9000	1	9000	16,26
LC3.2	Trilateral	9000	1	9000	16,26
LC3.3	Compactadora	7500	1	7500	13,55
LC3.4	Compressor	8000	1	8000	14,45
LC4.4	Preses Trifàsica	3000	0,8	2400	4,34

**Taula 7.** Relació potències Subquadre Taller 3.

### Subquadre Taller 4

La potència instal·lada és la següent:

Linia	Descripció	P nominal	Coef	P càlcul (W)	Intensitat (A)
LC4.1	Talladora	12000	1	12000	21,68
LC4.2	Talladora	12000	1	12000	21,68
LC4.3	Impremta	1200	1	1200	2,17
LC4.4	Preses Trifàsica	3000	0,8	2400	4,34

**Taula 8.** Relació potències Subquadre Taller 4.

## A1.3. Càlcul de la potència instal·lada

La potència total simultània de la instal·lació és la suma de les potències parcials de cada línia exposades en els quadres de càlcul de la instal·lació. Aquesta potència serà de 174,22 kW.

## A1.4. Factor de simultaneïtat

Tenint en compte que els receptors de la instal·lació no funcionaran tots a la vegada, estimem que el factor de simultaneïtat conjunt de tota la instal·lació sigui de 0,6, el qual es considerarà satisfactori per l'activitat a exercir en aquest tipus d'indústria.

## A1.5. Potència màxima admissible

La potència màxima admissible per la instal·lació serà de 104,53 kW.

## A1.6. Secció dels conductors

Per determinar la secció dels cables utilitzarem el mètode de càlcul de caiguda de tensió.

Per la determinació de la secció de cada línia també es tindrà en compte la intensitat màxima que pot suportar cada conductor d'acord amb la *taula I la d'instrucció ITC-BT-19*.

## A1.7. Caiguda de tensió

Una vegada determinada la secció, calcularem la caiguda de tensió en el tram aplicant les següents fórmules:

Per la distribució monofàsica:

$$e = \frac{2 \cdot P \cdot L}{K \cdot S \cdot U_n} \quad (6)$$

- e = Caiguda de tensió (V)
- S = Secció del cable (mm<sup>2</sup>)



- K = Conductivitat
- L = Longitud del tram (m)
- P = Potència de càlcul (W)
- $U_n$  = Tensió entre fase i neutre (V)

Mentre que per la distribució trifàsica:

$$e = \frac{P \cdot L}{K \cdot S \cdot U_n} \quad (7)$$

- e = Caiguda de tensió (V)
- S = Secció del cable (mm<sup>2</sup>)
- K = Conductivitat
- L = Longitud del tram (m)
- P = Potència de càlcul (W)
- $U_n$  = Tensió entre fase i neutre (V)

Conegut el valor de la caiguda de tensió respecte a la tensió nominal, podem verificar que es compleix:

la caiguda de tensió en la línia de derivació no serà major al 1%.

La caiguda de tensió a les línies interiors tenint en compte la caiguda de tensió en la línia de derivació no podrà ser superior al 3% en l'enllumenat i al 5 % en la força.

## A1.8. Intensitat de curtcircuit

Les intensitats de curtcircuit en cada punt de la instal·lació es determina pel càlcul amb el següent mètode:

1. Es realitza la suma de les resistències i reactàncies situades aigües amunt del punt considerat.

$$R_T = R_1 + R_2 + R_3 + \dots \quad (8)$$

$$X_T = X_1 + X_2 + X_3 + \dots \quad (9)$$

2. Es calcula la intensitat de curtcircuit mitjançant la següent fórmula:

$$I_{cc} = \frac{U_0}{\sqrt{3} \cdot \sqrt{R_T^2 + X_T^2}} \quad (10)$$

- $U_0$  = Tensió entre fases del transformador en buit, costat del secundari o baixa tensió, expressat en V.
- $R_T$  y  $X_T$  = Resistència i reactància total expressades en mili Ohms ( $m\Omega$ ).

(11)

$$R = \frac{L \cdot \rho}{S}$$

- R = Resistència en  $\Omega$ .
- L = Longitud en m.
- S = Secció en mm.
- $\rho$  = Resistivitat: 22,5 (Cu) y 36 (Al).

## A1.9. Relació de seccions, caigudes de tensió i intensitat de curtcircuit

### Derivació individual

Línia	Tensió (V)	Secció (mm <sup>2</sup> )	Longitud (m)	AV parcial (%)	Av total (%)	Tipus cond
D.I	400	95	10	0,20	0,20	123006

**Taula 9.** Càlculs d'intensitats de curtcircuit i seccions del conductor de la derivació individual.

Quadre principal

Línia	Tensió (V)	Secció (mm <sup>2</sup> )	Longitud (m)	AV parcial (%)	Av total (%)	Icc (A)
L1	400	10	12	0,23	0,44	10790
L2	400	6	15	0,29	0,50	5179
L3	400	10	14	0,29	0,49	9249
L4	400	10	11	0,27	0,47	11771
L5	400	10	16	0,46	0,66	8092
L6	400	10	10	0,41	0,61	12948
L7	400	10	14	0,44	0,65	9249
L8	400	10	9	0,24	0,44	14387
L9	230	4	18	0,36	0,57	1144,89
L10	230	4	16	0,32	0,53	1288,00
L11	230	4	14	0,28	0,49	1472,00
L12	230	4	10	0,27	0,47	2060,80
L13	230	4	11	0,37	0,58	1873,45
L14	230	4	13	0,35	0,56	1585,23
L15	230	4	15	0,41	0,61	1373,87
L16	230	4	15	0,36	0,56	1373,87
L17	230	2,5	7	0,23	0,43	1840,00
L18	400	2,5	12	0,20	0,41	2697
L19	400	2,5	14	0,23	0,44	2312
L20	400	2,5	16	0,27	0,47	2023
L21	230	1,5	22	0,11	0,31	351,27
L22	230	1,5	12	0,22	0,42	644

L23	230	1,5	15	0,27	0,47	515
L24	230	1,5	8	0,14	0,35	966
L25	230	2,5	13	1,47	1,68	990,77
L26	230	2,5	12	1,56	1,76	1073,33
L27	230	2,5	6	0,41	0,61	2146,67

**Taula 10.** Càlculs d'intensitats de curtcircuit i seccions del conductor del quadre principal.

Subquadre Oficines

Linia	Tensió (V)	Secció (mm <sup>2</sup> )	Longitud (m)	AV parcial (%)	Av total (%)	Icc (A)
LCO1	230	4	17	0,35	0,56	1212,24
LCO2	230	4	16	0,39	0,59	1288,00
LCO3	230	2,5	12	0,28	0,48	1073,33
LCO4	230	2,5	6	0,20	0,40	2146,67
LCO5	230	1,5	9	0,08	0,28	858,67
LCO6	230	4	14	1,06	1,27	1472,00
LCO7	230	4	12	0,85	1,06	1717,33
LCO10	400	1,5	2	0,07	0,28	9711
LCO11	400	1,5	4	0,15	0,35	4855

LCO8	230	2,5	15	0,73	0,93	858,67
LCO9	230	2,5	15	0,73	0,93	858,67

**Taula 11.** Càlculs d'intensitats de curtcircuit i seccions del conductor del subquadre d'oficines.

Subquadre Taller 1

Línia	Tensió (V)	Secció (mm <sup>2</sup> )	Longitud (m)	AV parcial (%)	Av total (%)	Icc (A)
LC1.1	400	6,00	3	0,08	0,29	25895,95
LC1.2	400	2,50	12	0,11	0,31	2697,50
LC1.3	400	2,50	2,5	0,02	0,23	12947,98
LC1.4	400	2,50	1	0,01	0,22	32369,94

**Taula 12.** Càlculs d'intensitats de curtcircuit i seccions del conductor del subquadre taller 1.

Subquadre Taller 2

Línia	Tensió (V)	Secció (mm <sup>2</sup> )	Longitud (m)	AV parcial (%)	Av total (%)	Icc (A)
LC2.1	400	4	7,5	0,16	0,36	6905,5877
LC2.2	400	4	6	0,13	0,33	8631,9846
LC2.3	400	4	7,5	0,16	0,36	6905,5877
LC2.4	400	2,5	1	0,01	0,22	32369,942

**Taula 13.** Càlculs d'intensitats de curtcircuit i seccions del conductor del subquadre taller 2.

Subquadre Taller 3

Línia	Tensió (V)	Secció (mm <sup>2</sup> )	Longitud (m)	AV parcial (%)	Av total (%)	Icc (A)
LC3.1	400	4	3	0,08	0,28	17264
LC3.2	400	4	6	0,15	0,36	8632
LC3.3	400	4	7	0,15	0,35	7399
LC3.4	400	4	7	0,16	0,36	7399
LC4.4	400	2,5	1	0,01	0,22	32370

**Taula 14.** Càlculs d'intensitats de curtcircuit i seccions del conductor del subquadre taller 3.

Subquadre Taller 4

Línia	Tensió (V)	Secció (mm <sup>2</sup> )	Longitud (m)	AV parcial (%)	Av total (%)	Icc (A)
LC4.1	400	6	4	0,09	0,29	19422
LC4.2	400	6	5	0,11	0,32	15538
LC4.3	400	2,5	6	0,03	0,24	5395
LC4.4	400	2,5	1	0,01	0,22	32370

**Taula 15.** Càlculs d'intensitats de curtcircuit i seccions del conductor del subquadre taller 4.

## A1.10. Càlculs de la posta a terra

Càlcul de la resistència de terra amb conductor de coure nu de 35 mm<sup>2</sup>. Enterrat horitzontalment i quatre piques de 2 metres de longitud en vertical.

Càlcul del conductor enterrat:

$$R_c = \frac{2 \cdot \rho}{L} \quad (12)$$

$$R_c = \frac{2 \cdot 300}{12} = 50 \, \Omega$$

Càlcul de les piques:

$$R_p = \frac{\rho}{L} \quad (13)$$

$$R_p = \frac{300}{30} = 10 \, \Omega$$

Càlcul de la resistència total

$$R_T = \frac{1}{\frac{1}{R_c} + \frac{1}{R_p}} \quad (14)$$

$$R_T = \frac{1}{\frac{1}{50} + \frac{1}{10}} = 8,33 \, \Omega$$

- $\rho$ ; Resistivitat del terreny en ( $\Omega \cdot m$ ).
- $L$ ; Longitud de la pica a enterrar (m).
- $R$ ; Resistència del terreny en ( $\Omega$ ).

# **ANNEX 2: CÀLCULS IL·LUMINACIÓ**

En aquest document annex, es pretén explicar el procediment que s'ha seguit per a calcular la il·luminació de la nau industrial. Principalment, per a realitzar el la il·luminació de la nau s'ha utilitzat el programa *Dialux*, el qual et permet fer simulacions reals d'una zona en concreta per saber el nombre de lluminàries i la ubicació d'aquestes, per a complir la normativa.

La normativa que s'ha seguit és la normativa europea EN-12464-1 del novembre de 2002, en la qual apareixen els valors mínims de luminància que s'han de complir per a cada zona.

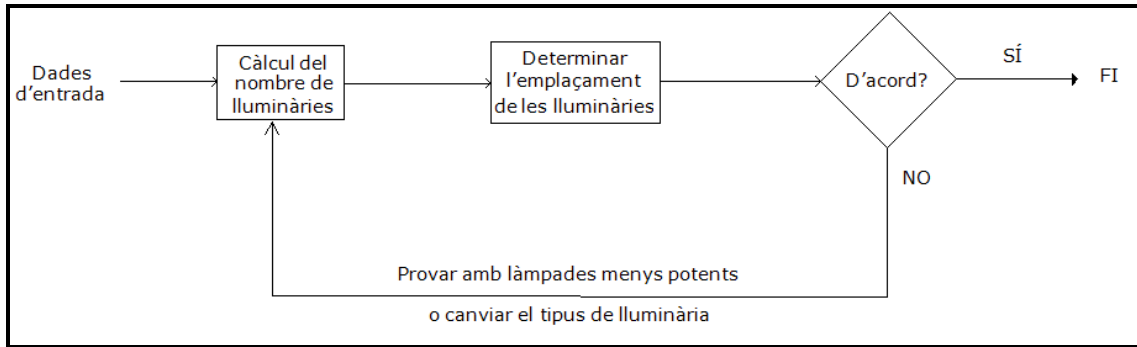
Per tant, per a realitzar la instal·lació d'il·luminació s'han tingut en compte tres procediments, el mètode de lúmens, la simulació del programa Dialux i el compliment de la normativa.

## **A2.1. Mètode dels lúmens**

L'objectiu principal d'aquest mètode és el de calcular el valor mig en servei de la il·luminància en un local il·luminat amb enllumenat general. És molt pràctic i fàcil d'utilitzar i, per això, s'utilitza molt en il·luminació.

El procés a seguir es podria resumir en el següent diagrama de blocs:





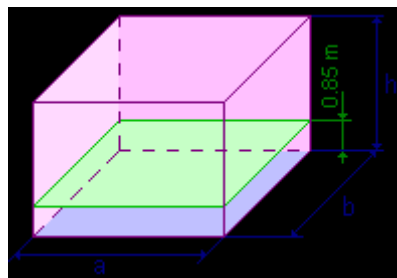
**Figura 1.** Procés del mètode dels lúmens representat en diagrama de blocs.

### A2.1.1. Dades d'entrada

Per a la utilització del mètode dels lúmens, es parteix de les següents dades d'entrada:

- Dimensions del local

S'han de determinar les dimensions del local objecte de l'estudi i l'altura del pla de treball (distància entre el terra i la superfície de treball). Normalment, l'altura del pla de treball està comprès entre 0,85 i 1 metre.



**Figura 2.** Dimensions del local.

- Nivell d'il·luminància mitjana mantinguda

S'ha de tenir constància del nivell d'il·luminància mitjana mantinguda (Em). Aquest valor depèn del tipus d'activitat a realitzar en el local i es pot trobar tabulat a la normativa europea EN-12464-1 del novembre de 2002.

- Làmpada

S'ha d'escollir el tipus de làmpada (incandescent, fluorescent, etc.) més adequada d'acord amb el tipus d'activitat a realitzar.

- L·luminària

S'ha d'escollir el tipus d'enllumenat que millor s'adapti a les necessitats del local en qüestió i les lluminàries més adients

- Altura de suspensió

S'ha de determinar l'altura de suspensió de les lluminàries segons el sistema d'il·luminació escollit.

## A2.2. Classificació segons l'activitat o tasques

A continuació es nombren els valors mitjos de il·luminància mantinguda recomanada per treballs d'interior segons la normativa europea *EN-12464-1*.

Recordem, que aquests valors són mínims, és a dir, que com a mínim la il·luminància mitjà ha de complir aquests valors:

- Passadissos i àrees de circulació 100 lux.
- Vestuaris, sales de lavabo, banys, serveis 200 lux.
- Sales de descans 100 lux.
- Zones de treball per a indústria d'enquadernació 500 lux.
- Emmagatzematge 350 lux.
- Despatxos, sala de juntes i reunions 500 lux.
- Mostrador recepció 300 lux.
- Halls entrada 100 lux.

Aquests valors provenen de la Norma Europea, *EN-12464-1 "Il·luminació de llocs de treball"*.

Aquesta norma especifica els requisits per sistemes d'il·luminació per la major part de llocs de treball en interiors i les seves àrees associades en termes de quantitat i qualitat d'il·luminació.

## A2.3. Resultats

En aquest apartat es mostraran els resultats obtinguts amb l'eina Dialux.

Amb aquest programa s'ha simulat cadascuna de les zones de l'establiment industrial per poder fer l'elecció de la instal·lació d'il·luminació.

És molt important saber interpretar els resultats obtinguts per saber si són correctes o es poden millorar, per això a continuació es mostren els diferents plànols d'isolínies amb la distribució de les lluminàries escollides, i el rendering de colors falsos.

Com s'ha dit, interpretar aquestes figures ens ajudarà a saber si els resultats són prou bons.

### *A2.3.1. Zona de treball*

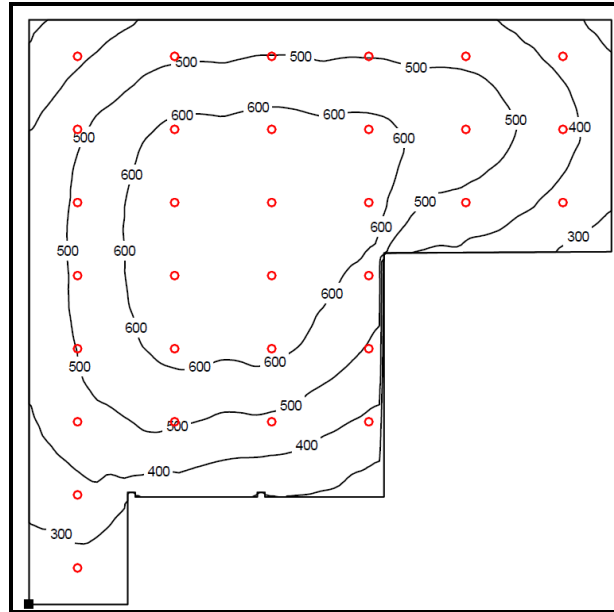
Segons normativa la zona de treball d'una indústria d'enquadernació ha de tenir 500 lux de il·luminància mantinguda.

Recordem que aquesta zona té uns 9 metres d'altura, i per tant, la millor opció és la il·luminació mitjançant campanes industrials suspeses 8 metres d'altura, per poder garantir la il·luminància mantinguda.

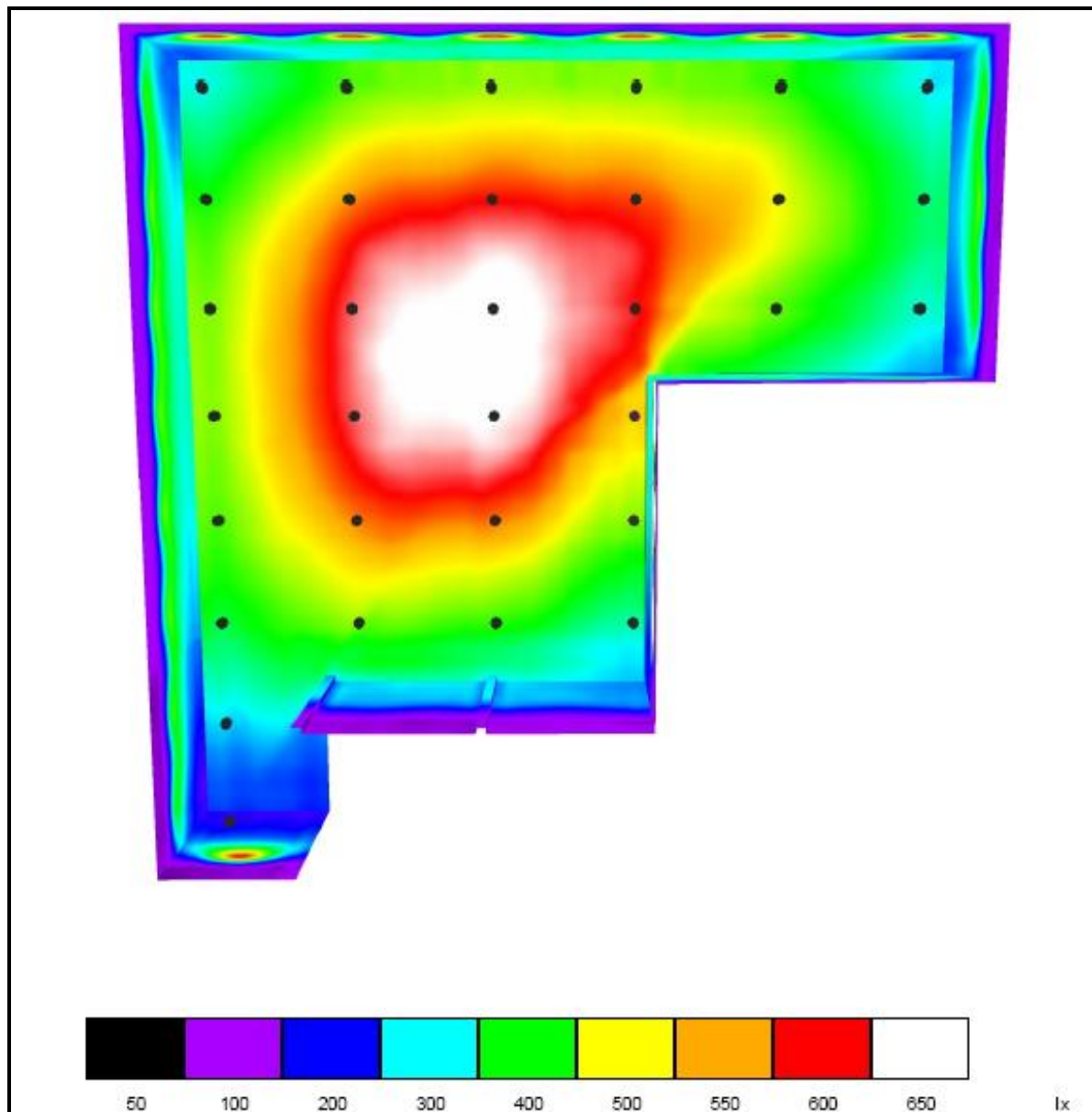
### Resultats

Finalment, s'ha arribat al resultat de que s'hauran d'implantar 32 campanes industrials suspeses a 8 metres d'altura equipades amb làmpades d'halogenurs metàl·lics de 400 W.

La il·luminància mantinguda serà de 502 lux, per tant compleix normativa.



**Figura 3.** Imatge de les isolínies del pla útil de la zona de treball amb la distribució de les lluminàries.



**Figura 4.** Imatge del rendering dels colors falsos de les il·luminàncies al pla útil.

### A2.3.2. Zona de magatzem

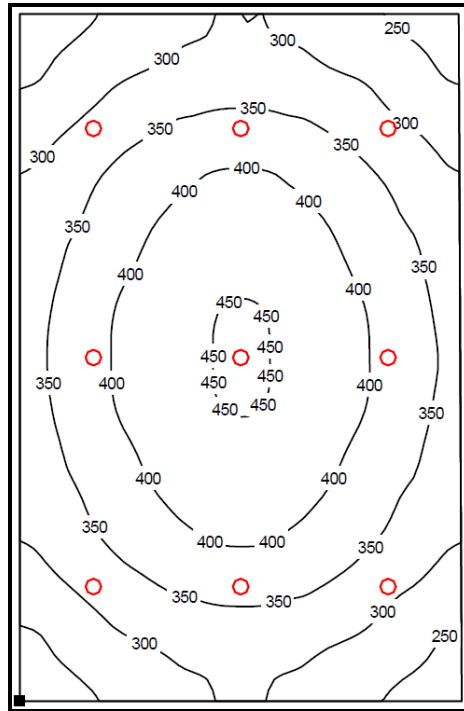
Segons normativa la zona de magatzem ha de tenir 350 lux d'il·luminància mantinguda.

Aquest cas és similar a l'anterior, ja que té uns 9 metres d'altura, i per tant, la millor opció és la il·luminació mitjançant campanes industrials suspeses 8 metres d'altura, per poder garantir la il·luminància mantinguda.

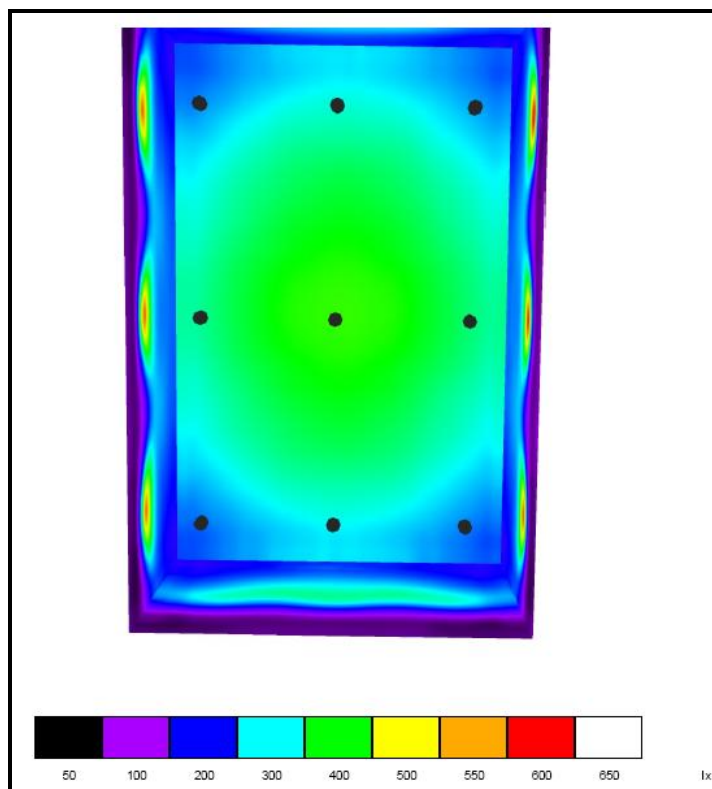
### Resultats

S'ha obtingut com a resultat que s'ha d'implantar un total de 9 campanes industrials suspeses a 8 metres d'altura equipades amb làmpades de 400W.

S'aconsegueix una il·luminància mantinguda de 352 lux, suficient per complir normativa.



**Figura 5.** Imatge de les isolínies del pla útil del magatzem amb la distribució de les lluminàries.



**Figura 6.** Imatge del rendering dels colors falsos de les il·luminàncies al pla útil.

### A2.3.3. Vestuaris

Per a fer l'estudi dels dos vestuaris, s'ha de tenir en compte que es tracta d'una il·luminació d'interior amb una altura dels locals de 2,5 m.

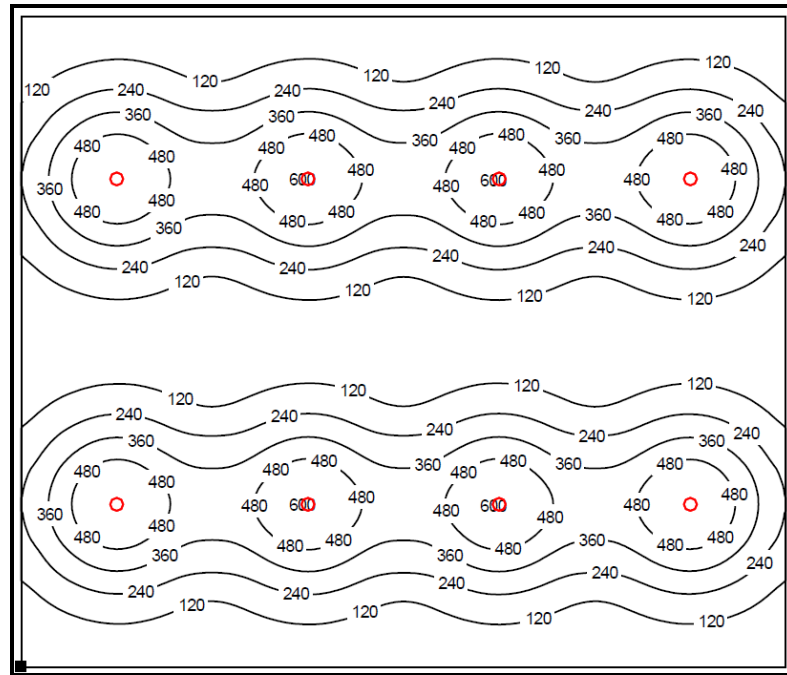
Segons normativa per a vestuaris, sales de lavabo, banys i serveis ha de complir una il·luminància mantinguda de 200 lux.

Al tractar-se els vestuaris, de zones humides, les lluminàries han de tenir un tipus de protecció *IP 44* .

#### Resultats

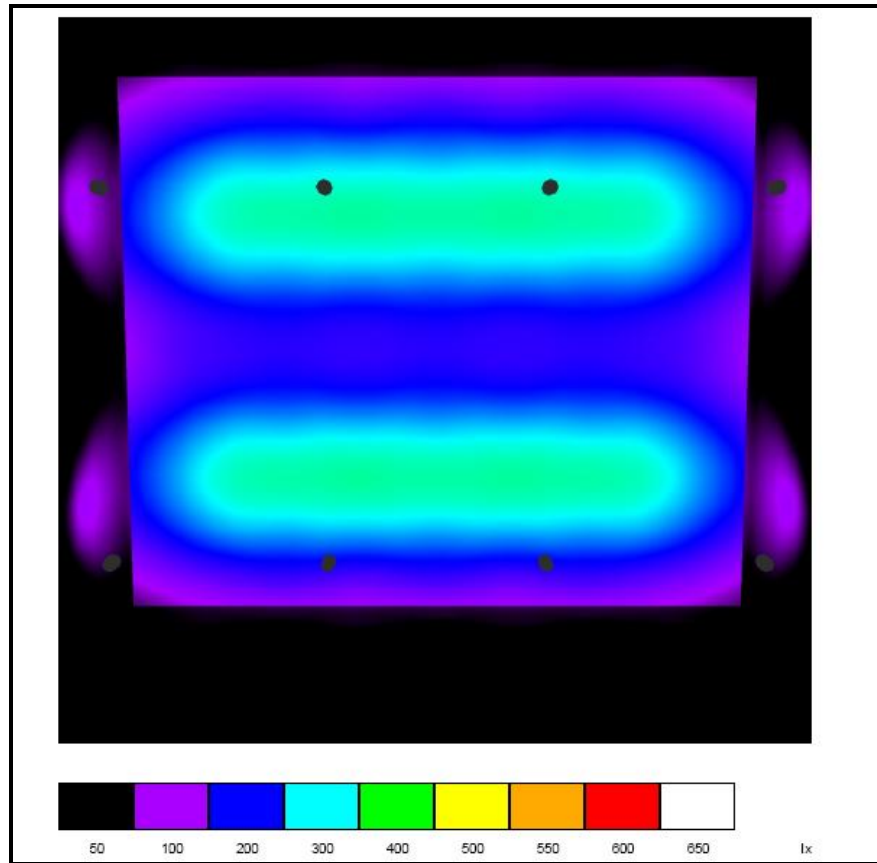
Els resultats obtinguts amb *Dialux* indiquen que en un dels vestuaris es col·locaran 8 lluminàries empotrables tipus *Downlight* i a l'altre 6 lluminàries del mateix tipus, amb grau de protecció tipus *IP 44* que s'adapta perfectament als problemes d'humitat que poden existir als vestuaris.

Les lluminàncies mantingudes obtingudes són de 245 lux i 261 lux, per tant, compleixen sobradament els requisits mínims de la normativa.

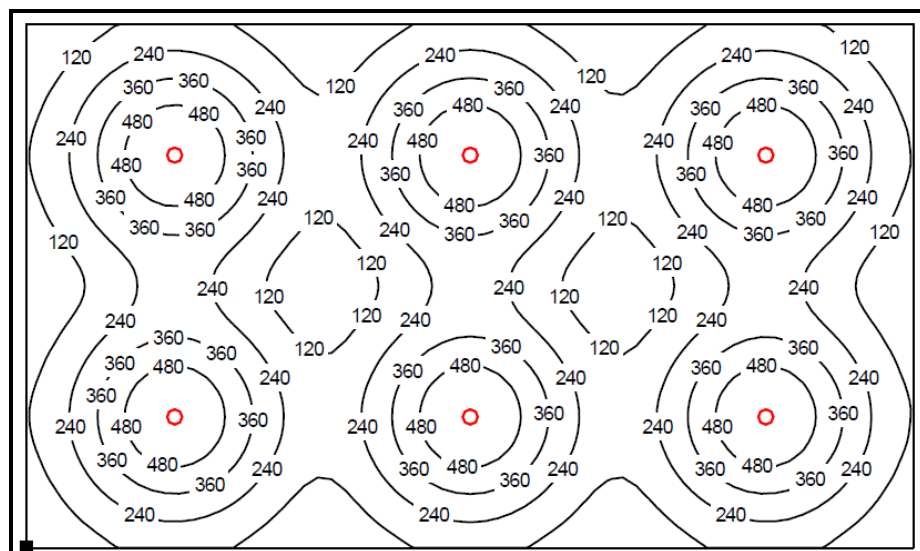


**Figura 7.** Imatge de les isolínies del pla de treball del vestuari 1 i de la distribució de les lluminàries.

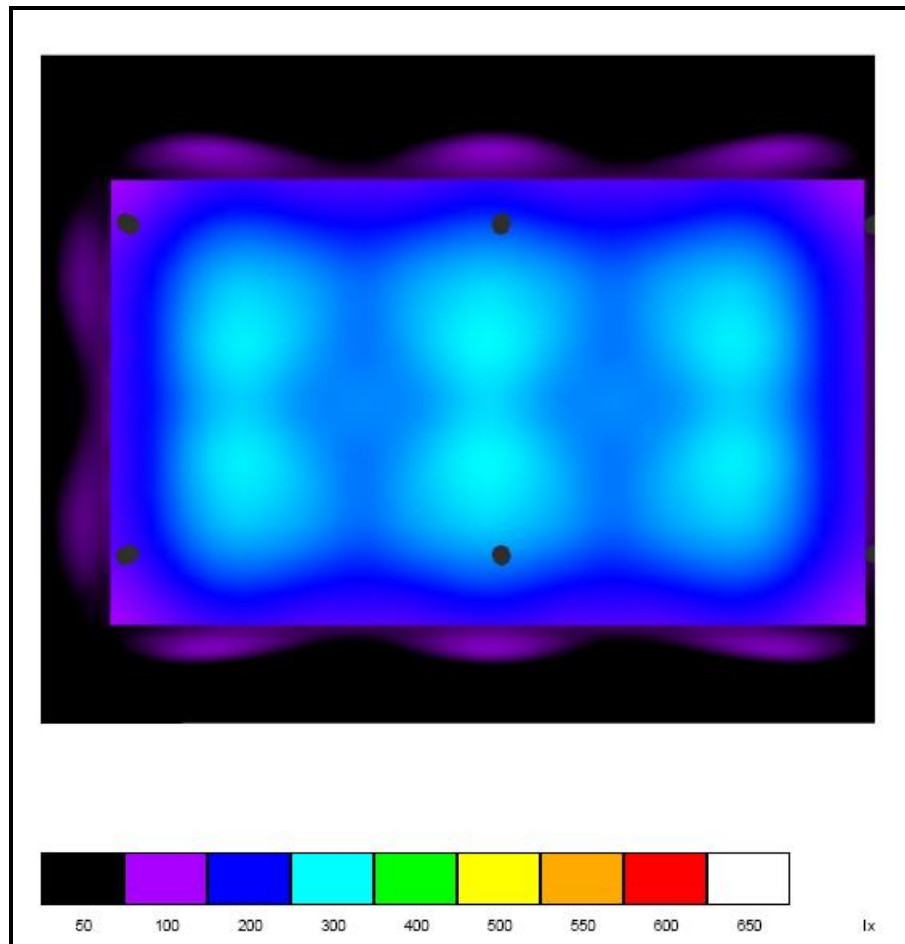




**Figura 8.** Imatge del rendering dels colors falsos de les il·luminàncies al pla útil.



**Figura 9.** Imatge de les isolínies del pla de treball del vestuari 2 amb la distribució de les lluminàncies.



**Figura 10.** Imatge del rendering dels colors falsos de les il·luminàncies al pla útil.

#### *A2.3.4. Sala de descans i hall d'entrada*

Per als halls d'entrada i les sales de descans, és important que les lluminàries a més de tenir la funció d'il·luminar siguin agradables i modernes, ja que són llocs on solen venir visites i important donar una bona imatge.

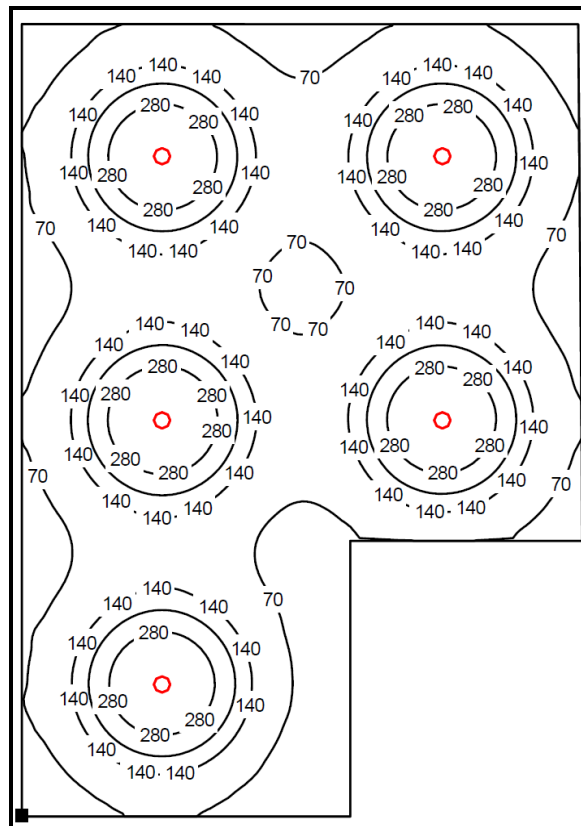
Segons normativa en aquestes dues sales han d'haver 100 lux de il·luminància mantinguda.

En aquest cas també es tracta d'il·luminació interior amb una altura de 2,5 metres.

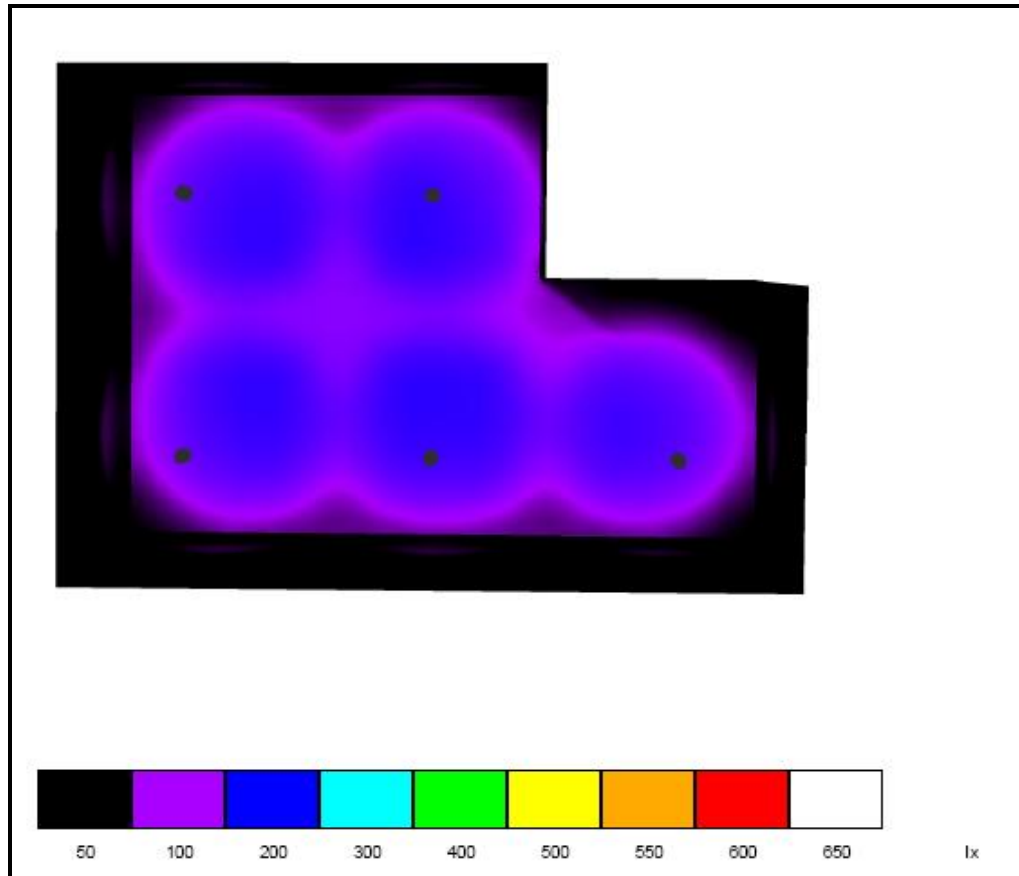
#### Resultats

En el ambdós casos hem escollit lluminàries tipus *downlight* empotrables de la mateixa gamma que en el cas dels vestuaris.

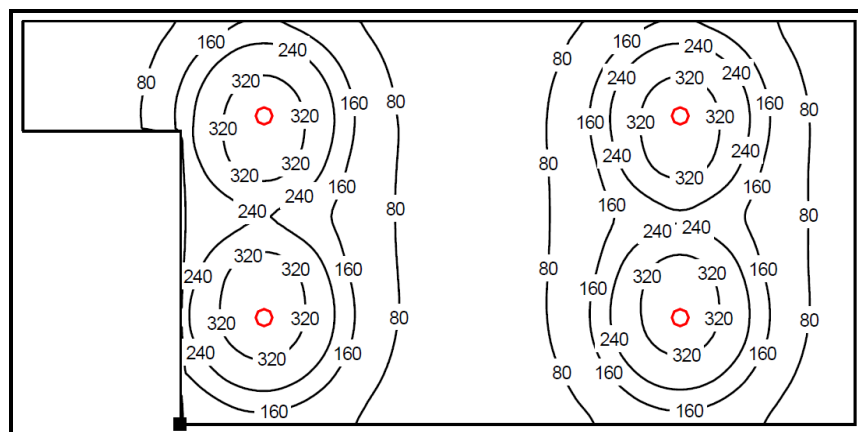
Per a la sala de descans, i segons el programa *Dialux*, s'implantaràn 5 *downlight* per obtenir 141 lux, en canvi, per al Hall d'entrada, es col·locaran 4 *downlight* empotrables per aconseguir 152 lux de il·luminància mantinguda. És evident, que en tots dos casos és compleix la normativa.



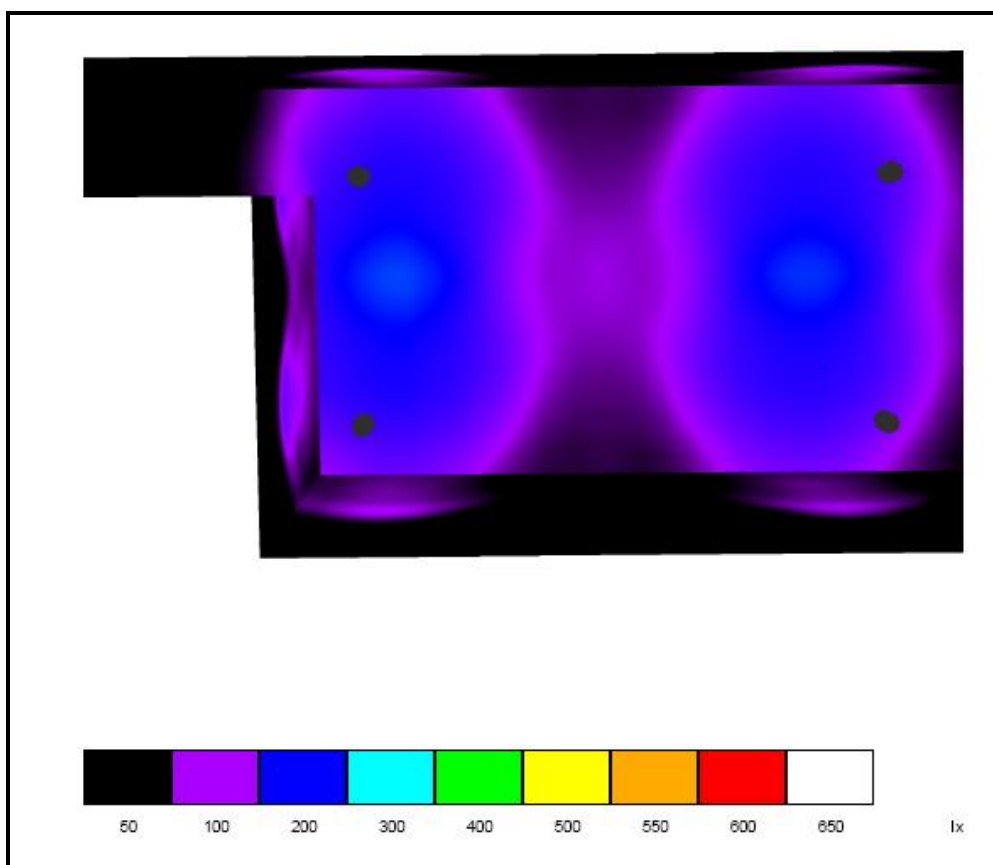
**Figura 11.** Imatge de les isòlines del pla útil de la sala de descans amb la distribució de les lluminàries.



**Figura 12.** Imatge del rendering dels colors falsos de les il·luminàncies al pla útil.



**Figura 13.** Imatge de les isolínies del pla útil del hall d'entrada.



**Figura 14.** Imatge del rendering dels colors falsos de les il·luminàncies al pla útil.

#### A2.3.5. Lavabo homes i dones

Per a il·luminar lavabos la normativa és la mateixa que per als vestuaris, ja que pertany a l'apartat de vestuaris, sales de bany, lavabos i serveis. En aquest cas, la il·luminància mantinguda ha de com a mínim 200 lux.

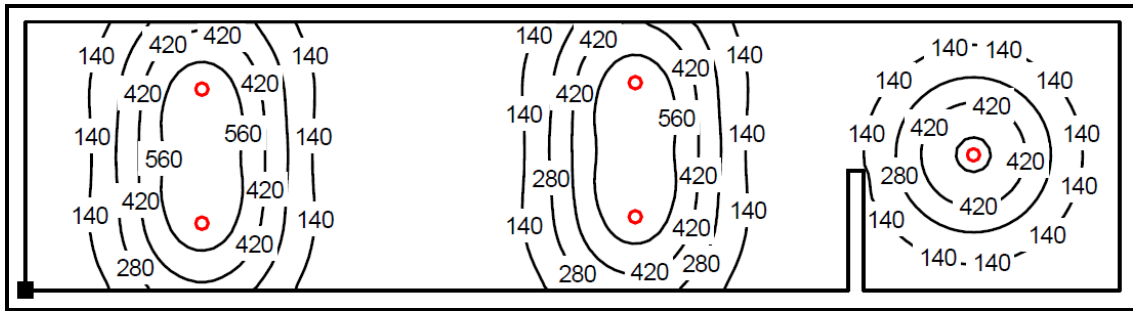
No s'ha d'oblidar que per a lavabos s'han d'utilitzar lluminàries amb protecció *IP 44*.

#### Resultats

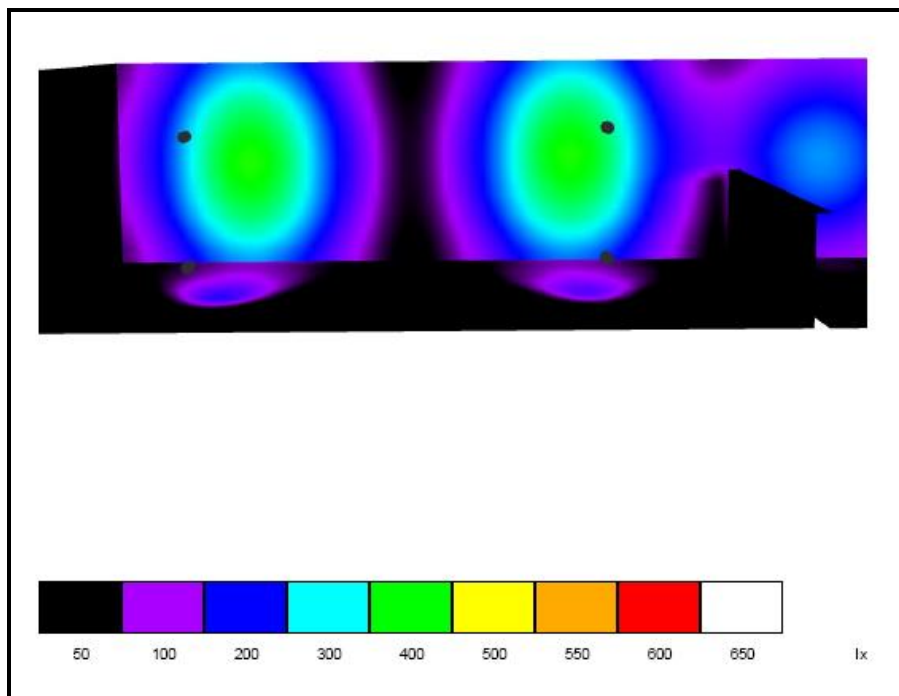
Les mesures dels dos lavabos són les mateixes, així doncs, els resultats són els mateixos.

S'ha optat per utilitzar el mateix tipus de lluminàries *Downlight* empotrables, amb les que s'ha obtingut 226 lux de il·luminància mantinguda.

En total, s'han d'instal·lar 5 lluminàries per lavabo.



**Figura 15.** Imatge de les isolínies del pla útil d'un del lavabos.



**Figura 16.** Imatge del rendering dels colors falsos de les il·luminàncies al pla útil.

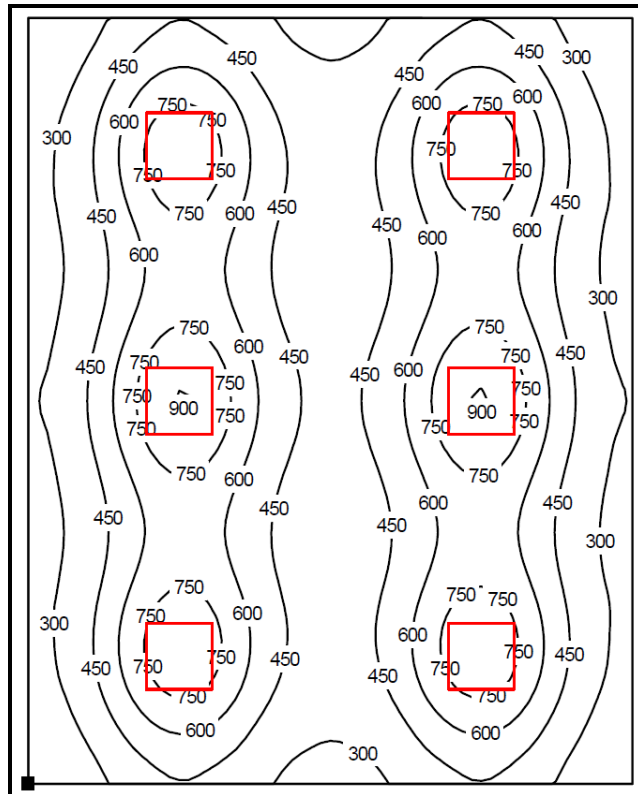
### *A2.3.6. Despatx de direcció, despatx 1 i despatx 2*

En el cas de despatxos, sala de juntes i reunions, la normativa indica que la il·luminància mantinguda és de 500 lux. En aquests casos, es tracta d'il·luminació d'interiors de zones d'oficines, per tant, utilitzarem lluminàries ideades per aquestes zones.

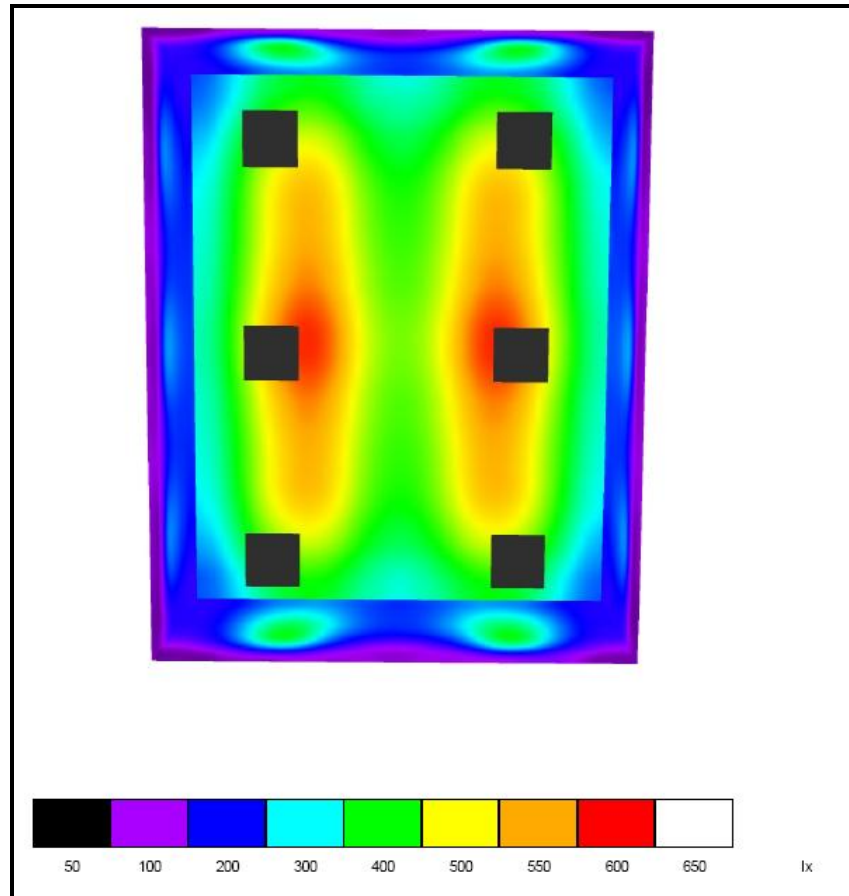
A més, igual que els demás casos, no només buscarem les lluminàries més pràctiques sinó que les que millor rendiment ens donin.

### Resultats

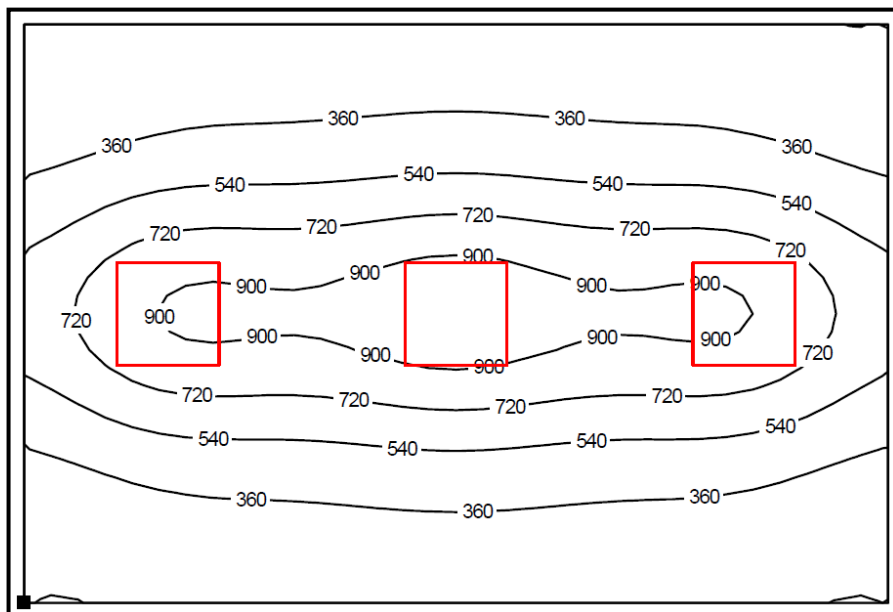
En aquestes tres sales s'han utilitzats pantalles amb quatre tubs fluorescents de 14W cadascuna. Segons l'aplicació *Dialux*, s'hauran d'instal·lar sis pantalles al despatx de direcció amb un resultat de 506 lux, tres pantalles al despatx 1 amb un resultat de 511 lux i sis pantalles amb un resultat de 704 lux. Òbviament, en els tres casos compleix la normativa, ja que els resultats no són inferiors als 500 lux de il·luminància mantinguda que indica la norma.



**Figura 17.** Imatge de les isolínies del pla útil del despatx de direcció i la distribució de les il·luminàries.

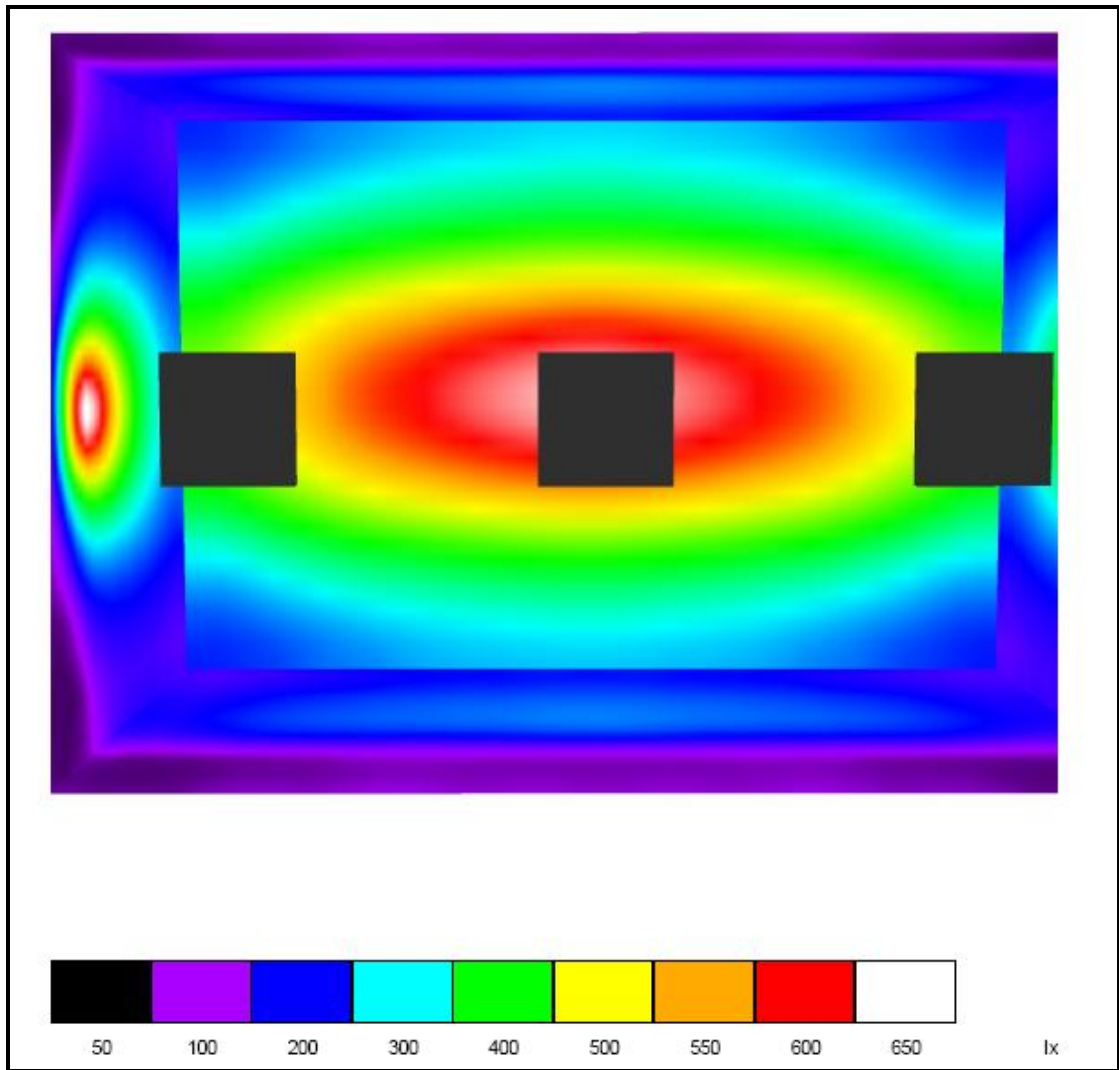


**Figura 18.** Imatge del rendering dels colors falsos de les il·luminàncies al pla útil.

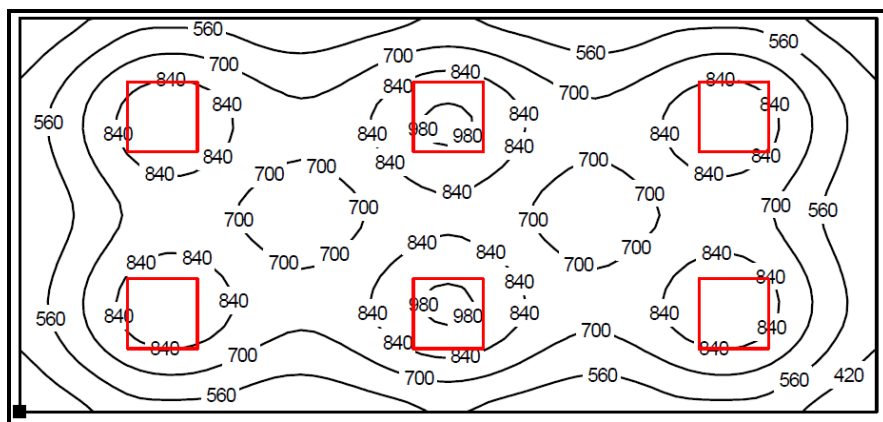


**Figura 19.** Imatge de les isolínies del pla útil del despatx 1 i la distribució de les il·luminàries.

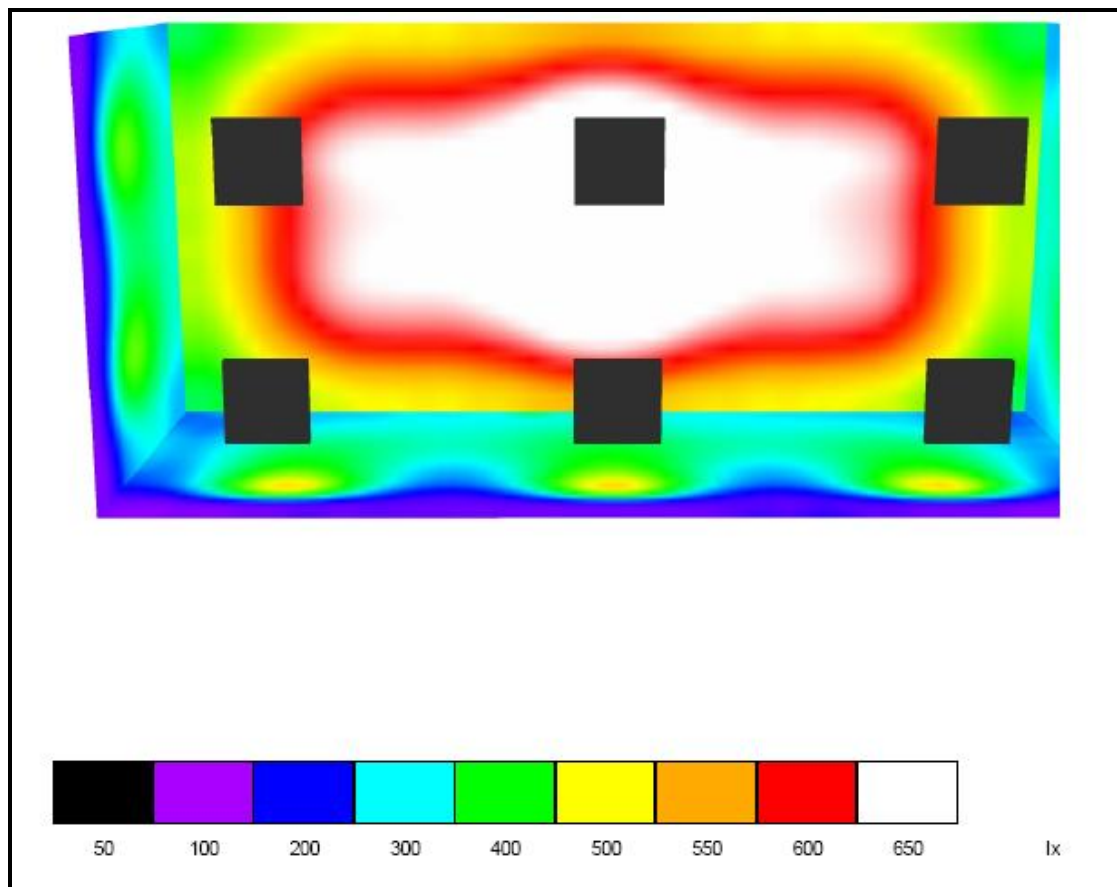




**Figura 20.** Imatge del rendering dels colors falsos de les il·luminàncies al pla útil.



**Figura 21.** Imatge de les isolínies del pla útil del despatx 2 i la distribució de les il·luminàncies.



**Figura 22.** Imatge del rendering dels colors falsos de les il·luminàncies al pla útil.

### *A2.3.7. Recepció i passadís*

A les zones de recepció i passadís és important que les lluminàries a part de tenir la seva funció d'il·luminar tinguin un aspecte contemporani.

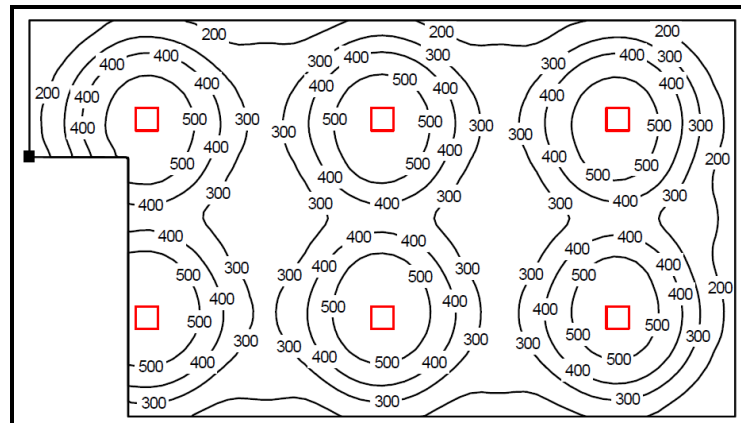
La normativa diu que per a zones de recepció ha d'haver una il·luminància mantinguda de 300 lux i als passadissos de 100 lux.

#### Resultat

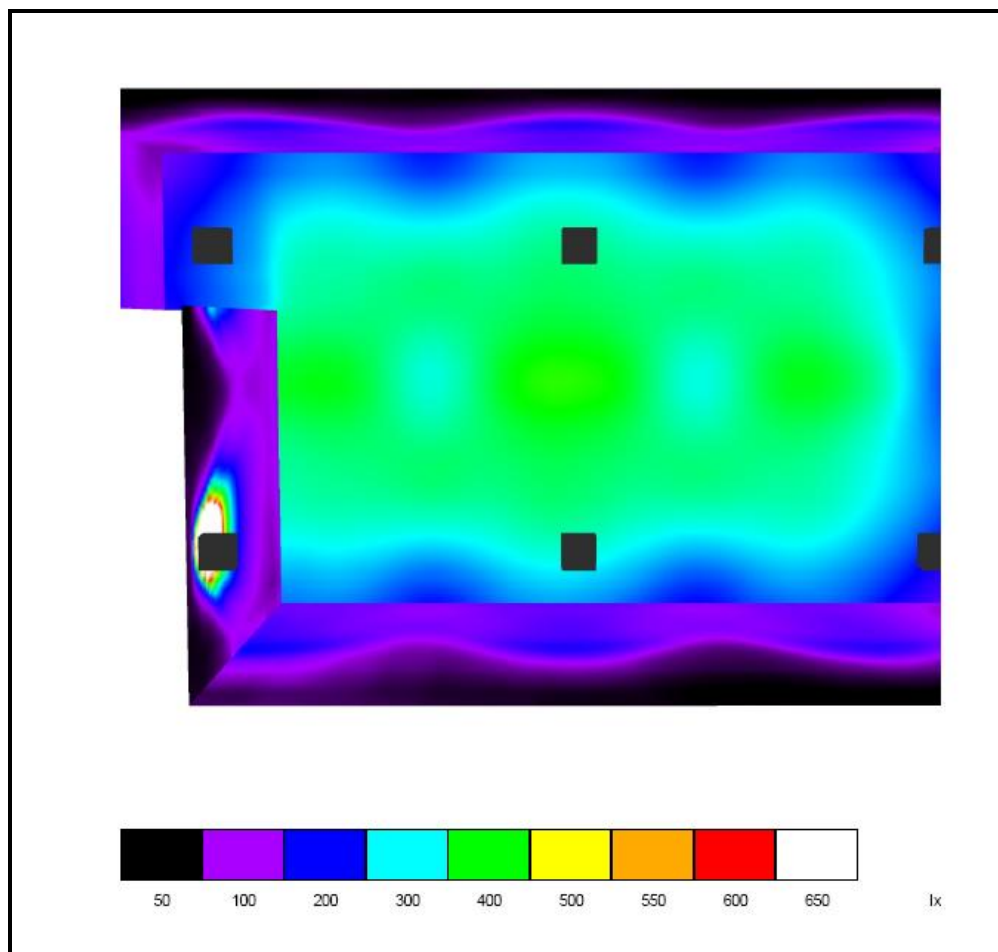
S'han utilitzats diferents models de la família de *downlights* empotables de LEDs utilitzats en altres llocs.

Segons el *Dialux*, s'utilitzaran dos *downlights* de 20 W al passadís amb un resultat de 161 lux, i sis *downlights* de 32 W amb un resultat de 357 lux.

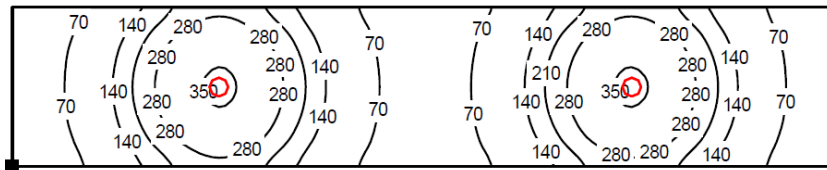
Per tant, en ambdós casos es compleix amb la normativa.



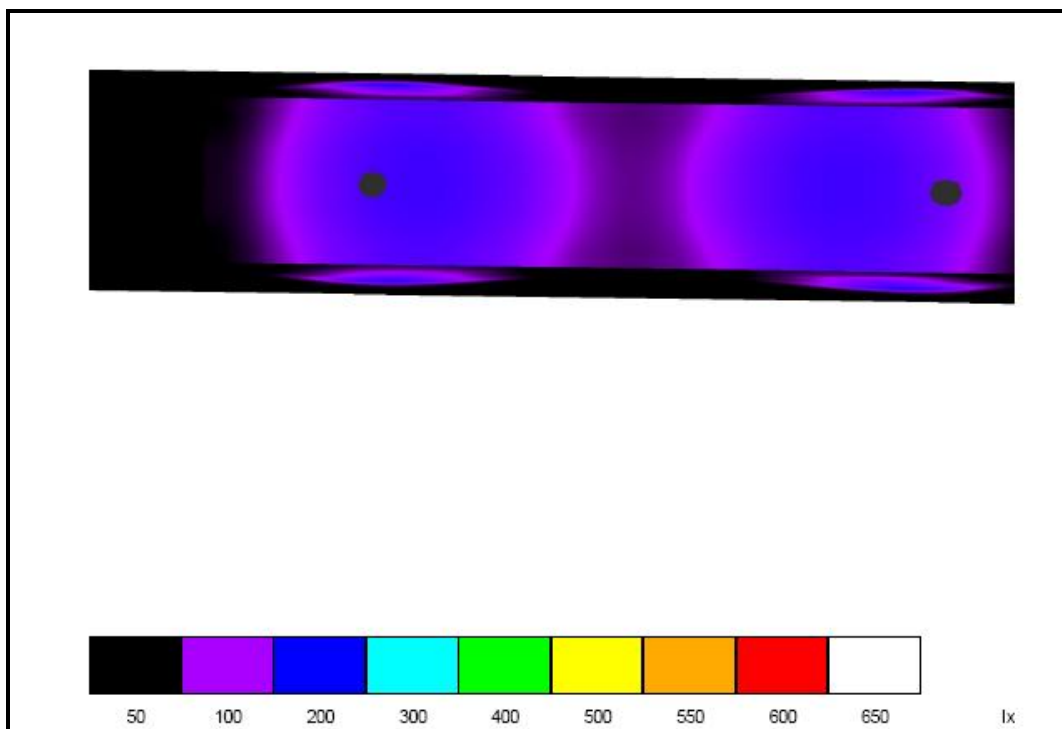
**Figura 23.** Imatge de les isolínies del pla útil de la recepció amb la distribució de les il·luminàries.



**Figura 24.** Imatge del rendering dels colors falsos de les il·luminàncies al pla útil.



**Figura 25.** Imatge de les isolínies del pla útil del passadís i la distribució de les lluminàries.



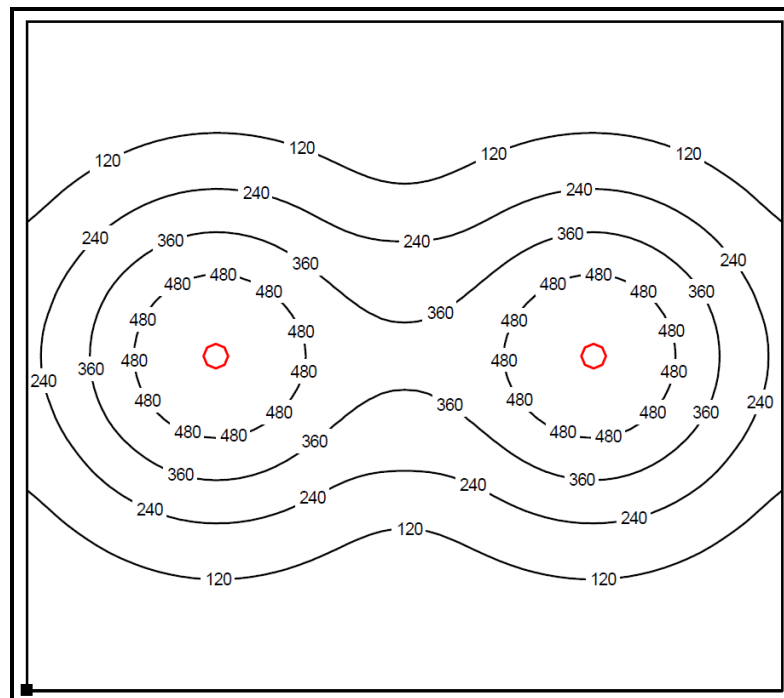
**Figura 26.** Imatge del rendering dels colors falsos de les il·luminàncies al pla útil.

### *A2.3.8. Lavabo homes i dones*

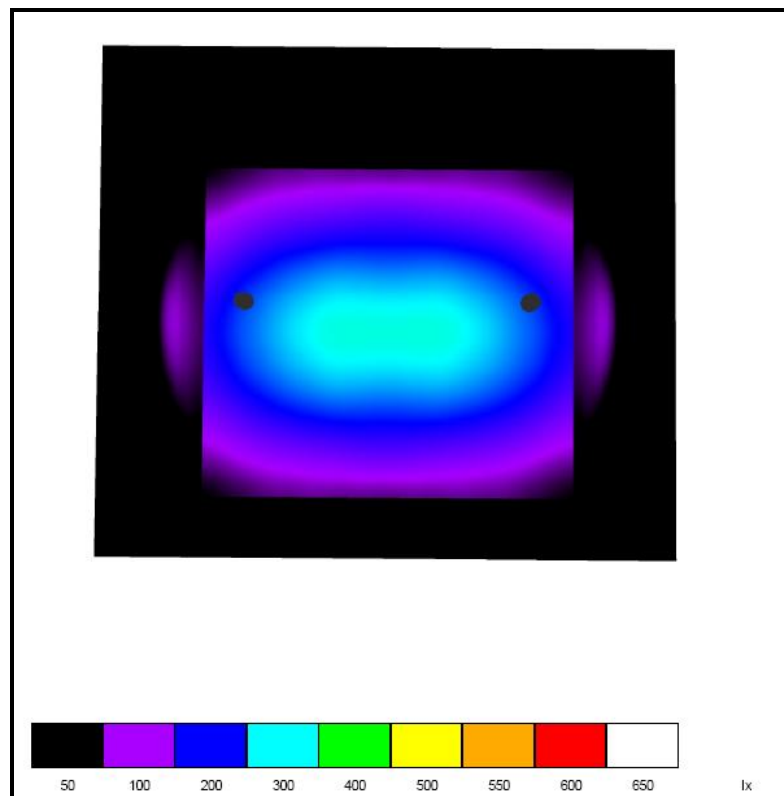
L'estudi lumínic d'aquesta zona és molt similar als lavabos de la planta baixa, ja que es tracta d'una zona amb humitats i s'han d'utilitzar lluminàries amb nivell de protecció *IP 44*.

#### Resultats

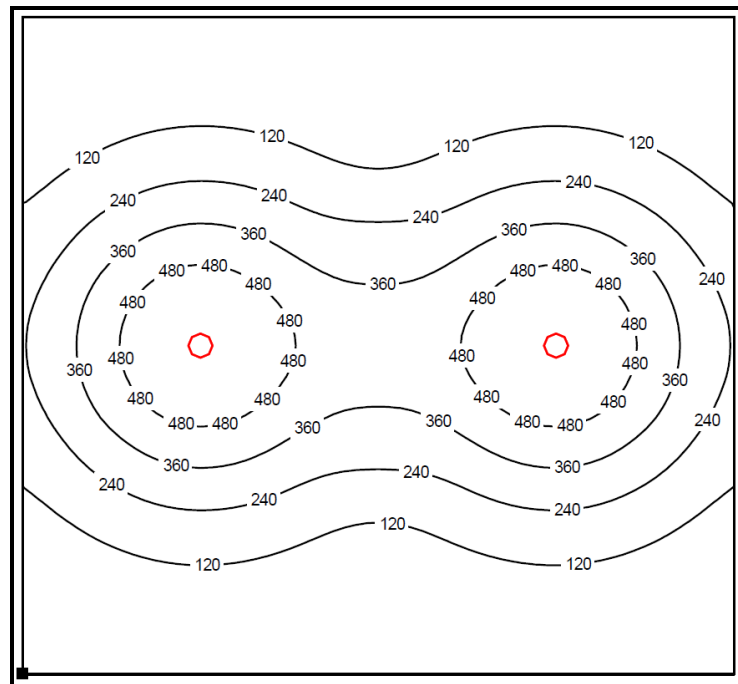
A partir de l'aplicació del *Dialux* s'ha arribat al resultat final de que a cadascun del lavabos s'utilitzaran dos *downlights* empotrables de LEDs amb il·luminàncies mantingudes de 207 i 214 lux, per tant, compleixen amb la norma europea.



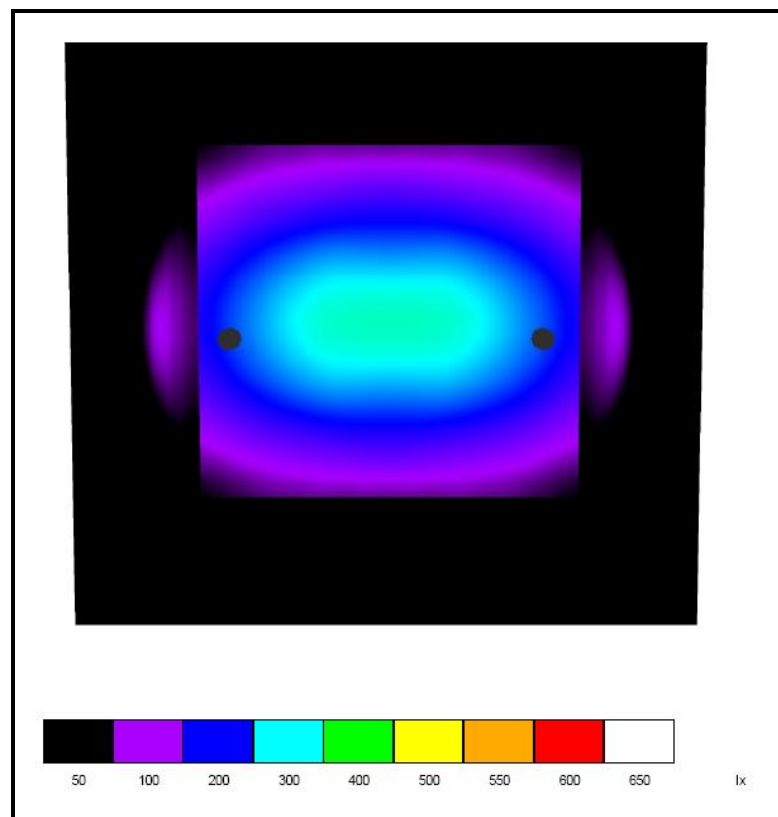
**Figura 27.** Imatge de les isolínies del pla útil del lavabo homes i la distribució de les lluminàries.



**Figura 28.** Imatge del rendering dels colors falsos de les il·luminàncies al pla útil.



**Figura 29.** Imatge de les isolínies del pla útil del lavabo dones i la distribució de les lluminàries.



**Figura 30.** Imatge del rendering dels colors falsos de les il·luminàncies al pla útil.

### A2.3.9. Sala de juntes, sala d'oficines1 i sala d'oficines 2

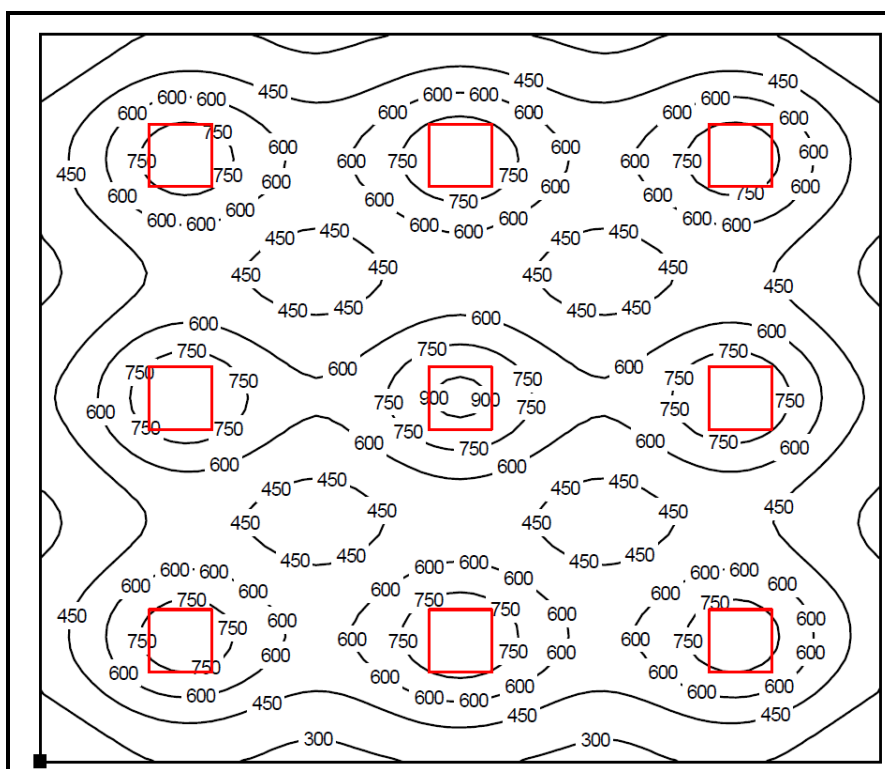
Per aquestes tres estàncies la normativa indica que la il·luminància mantinguda ha de ser de 500 lux. Així doncs, buscarem la millor opció per il·luminar aquest espai interior amb lluminàries indicades per l'enllumenat d'oficines.

#### Resultats

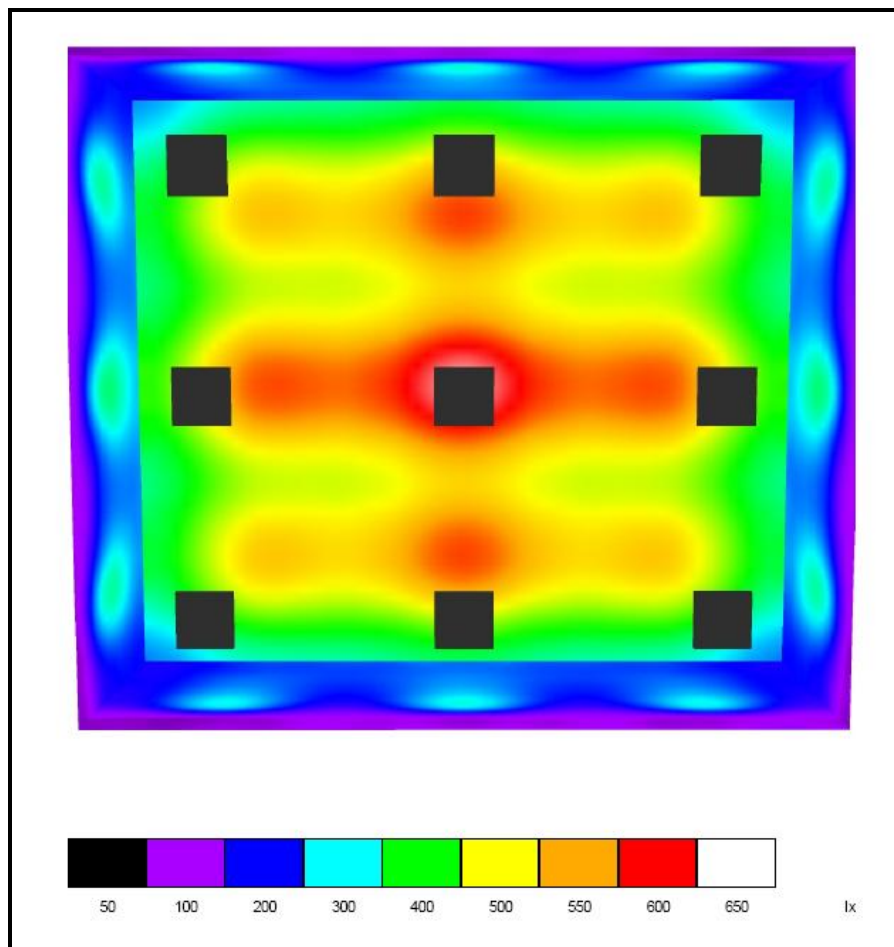
Utilitzant l'eina *Dialux*, hem arribat a la conclusió de que s'instal·laran pantalles amb tubs fluorescents igual que en la zona d'oficines de la primera planta.

Per a la Sala de juntes s'implantaràn nou pantalles amb un resultat final de 535 lux, a la Sala d'oficines 1 s'instal·laràn sis pantalles amb una il·luminància mantinguda de 584 lux, i finalment, es col·locaran 4 pantalles a la Sala d'oficines 2 amb un resultat de 590 lux.

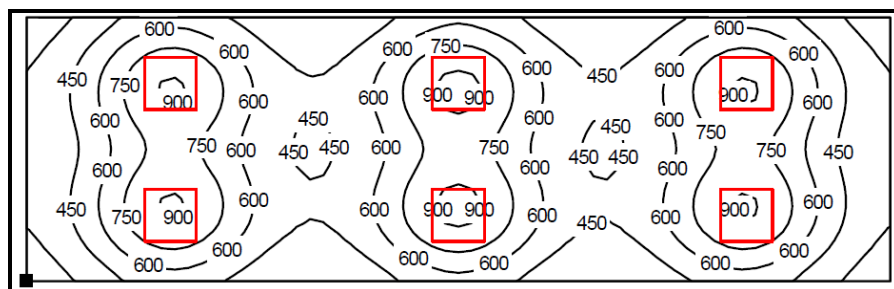
Per tant, en tots tres casos, es compleix la normativa, ja que la il·luminància mantinguda és superior a 500 lux.



**Figura 31.** Imatge de les isolínies del pla útil de la sala de juntes i la distribució de les lluminàries.

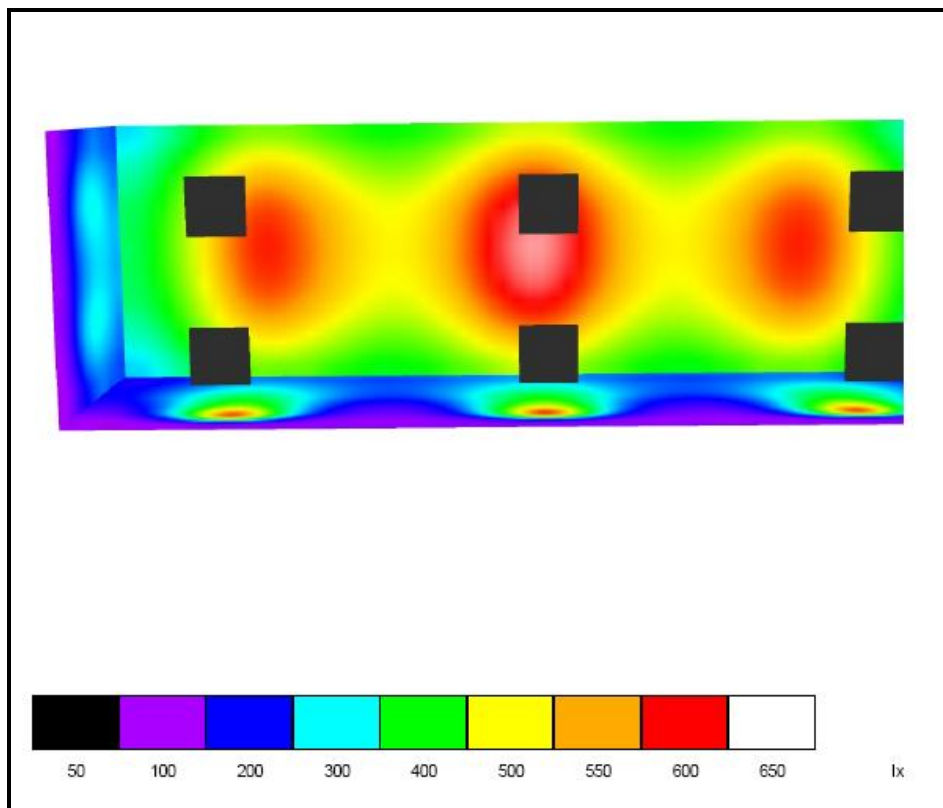


**Figura 32.** Imatge del rendering dels colors falsos de les il·luminàncies al pla útil.

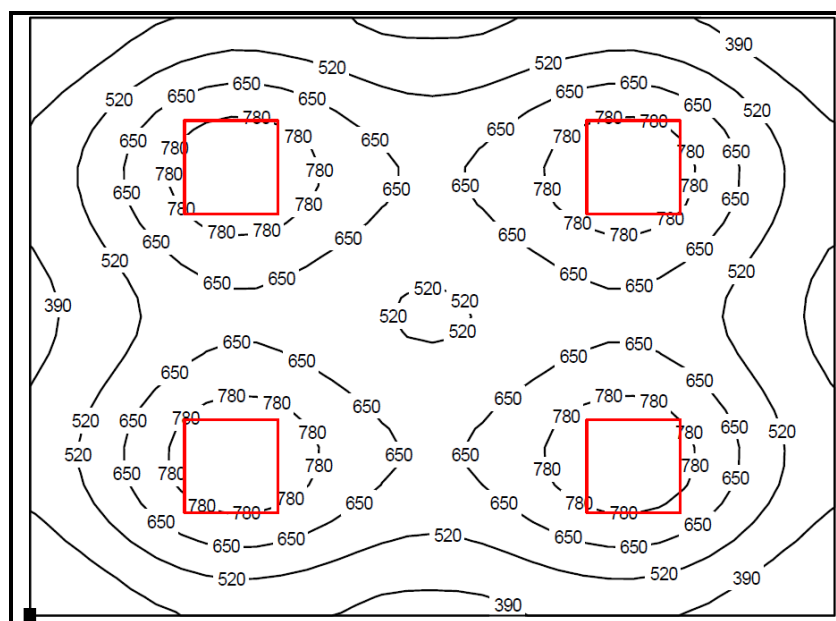


**Figura 33.** Imatge de les isolínies del pla útil de la sala d'oficines 1 i la distribució de les lluminàries.

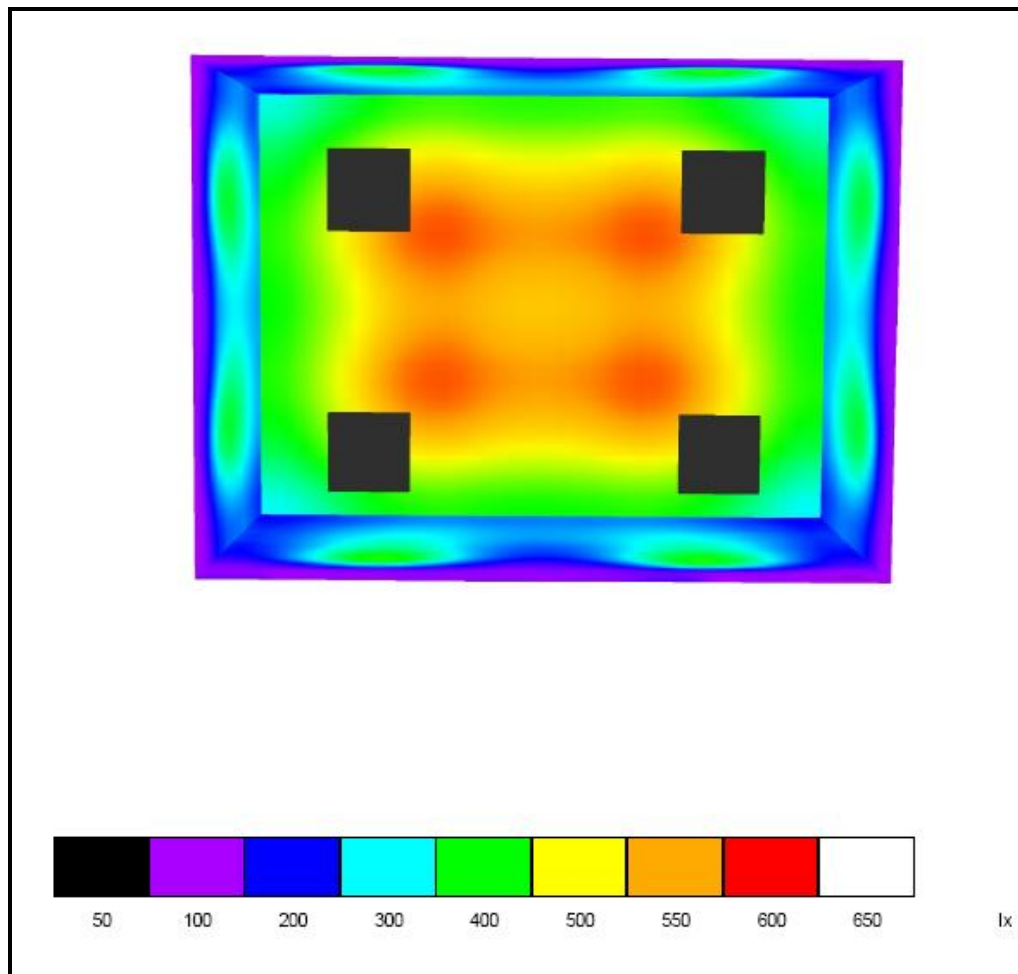




**Figura 34.** Imatge del rendering dels colors falsos de les il·luminàncies al pla útil.



**Figura 35.** Imatge de les isolínies del pla útil de la sala d'oficines 2 i la distribució de les lluminàries.



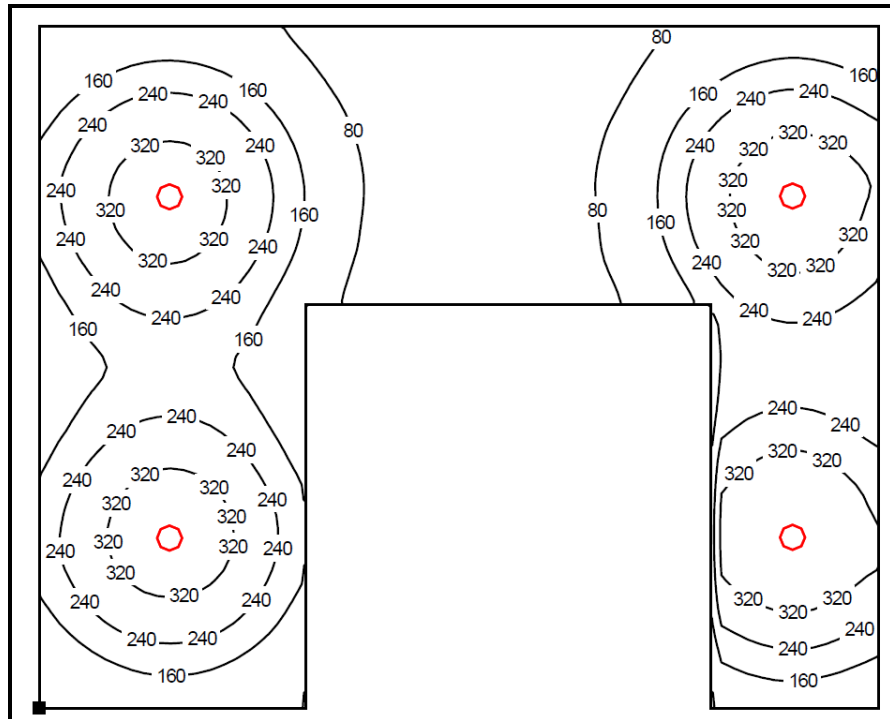
**Figura 36.** Imatge del rendering dels colors falsos de les il·luminàncies al pla útil.

### *A2.3.10. Distribuïdor*

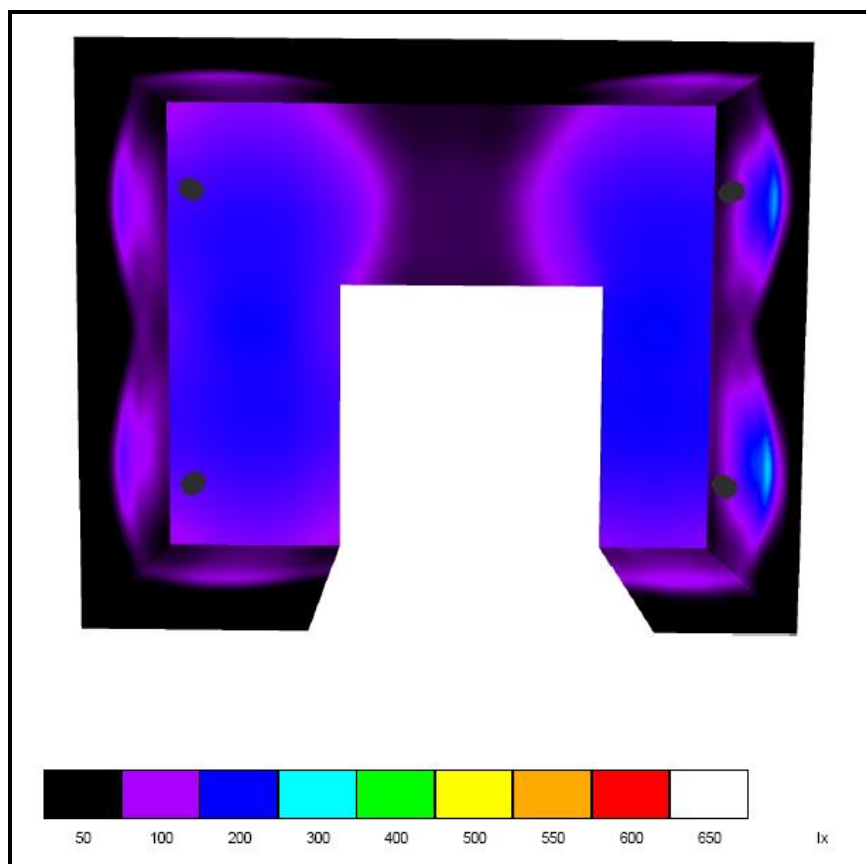
Per finalitzar, s'ha realitzat l'estudi luminotècnic del distribuïdor de la segona planta. Segons la normativa europea ha de complir que la il·luminància mantinguda sigui de 100 lux.

### Resultats

En aquesta zona utilitzarem 4 lluminàries tipus *downlights* de LEDs, de la mateixa família de lluminàries utilitzades en casos anteriors. Lògicament, és una bona opció per l'estalvi energètic que proporciona utilitzar lluminàries de LED



**Figura 37.** Imatge de les isolínies del pla útil del distribuïdor i la distribució de les lluminàries.



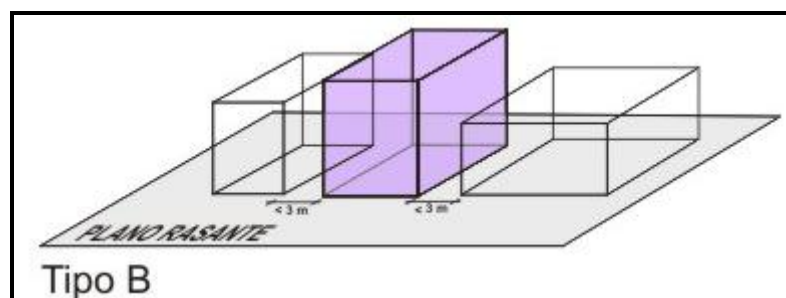
**Figura 38.** Imatge del rendering dels colors falsos de les il·luminàncies al pla útil.

# ANNEX 3: CÀLCULS INSTAL·LACIÓ CONTRA INCENDIS

En aquest annex 3 es descriuran els càlculs desenvolupats per fer la instal·lació contra incendis.

## A3.1. Caracterització de l'establiment industrial

La configuració de la nau industrial queda definida a l'annex I del RSCIEI on es fa una valoració sobre les característiques de l'establiment industrial segons la seva configuració i ubicació en relació a l'entorn. Així doncs, la nau industrial en qüestió queda definida com a tipus B. "L'establiment industrial ocupa totalment un edifici que està adossat a un altre o altres edificis, o a una distància igual o inferior a tres metres d'un altre o d'uns altres edificis, d'un altre establiment, ja sigui d'ús industrial o d'altres usos".



**Figura 39.** Classificació de la nau industrial segons RSCIEI (tipus B).

## A3.2. Càlcul del nivell de risc intrínsec

Tal i com s'explica al capítol 4 de la memòria tècnica del projecte, referent a la instal·lació contra incendis, s'ha declarat la nau industrial com un únic sector on s'hi desenvolupen tres activitats. Una activitat és la d'enquadrernació de llibres i revistes, que es desenvolupa a la zona de producció, l'altre és l'activitat administrativa d'oficina tècnica, desenvolupada a les oficines de la primera i segona planta, i l'última és la zona d'emmagatzematge, que es troba a la zona acomodada per aquest servei.

ACTIVITATS DEL SECTOR	SUPERFÍCIE (m2)
ZONA D'ENQUADERNACIÓ	1035
ZONA DE MAGATZEM	340
OFICINA TÈCNICA	375

**Taula 16.** *Classificació de les activitats de la nau industrial.*

Així doncs, al coexistir zones d'emmagatzematge amb zones de producció, per a calcular la densitat de càrrega de foc ( $Q_s$ ), ponderada i corregida, del sector d'incendi, es pot aplicar la fórmula A3.1 que es detalla a continuació:

On:

$$Q_s = \frac{\sum_i q_{si} \cdot S_i \cdot C_i + \sum_j q_{vj} \cdot C_j \cdot h_j \cdot S_j}{A} \cdot R_a \text{ (MJ/m}^2 \text{ o Mcal/m}^2\text{)} \quad (15)$$

- $Q_s$  = Densitat de càrrega de foc, ponderada i corregida, del sector o àrea d'incendi, en MJ/m<sup>2</sup> o Mcal/m<sup>2</sup>.
- $q_{si}$  = densitat de càrrega de foc de cada zona amb un procés diferent segons en els diferents processos que es realitzin al sector d'incendi (i), en MJ/m<sup>2</sup> o Mcal/m<sup>2</sup>.
- $S_i$  = Superfície de cada zona amb un procés diferent i densitat de càrrega de foc,  $q_{si}$  diferent, en m<sup>2</sup>.

- $q_{vj}$  = càrrega de foc, aportada per cada  $m^3$  de cada zona amb diferent tipus d'emmagatzematge (i) existent en el sector d'incendi, en MJ/ $m^3$  o Mcal/ $m^3$ .
- $h_j$  = altura d'emmagatzematge de cadascun dels combustibles (i), en m.
- $s_j$  = superfície ocupada en planta per cada zona amb diferent tipus d'emmagatzematge (i) existent en el sector d'incendi en  $m^2$ .
- $C_i$  i  $C_j$  = Coeficient adimensional que pondera el grau de perillositat (per la combustibilitat) de cadascun dels combustibles (i) que existeixen al sector d'incendi.
- $R_a$  = Coeficient adimensional que corregeix el grau de perillositat (per l'activació) inherent a l'activitat industrial que es desenvolupa al sector d'incendi, producció, muntatge, transformació, reparació, emmagatzematge, etc.
- $A$  = Superfície construïda del sector d'incendi o superfície ocupada de l'àrea d'incendi, en  $m^2$ .

A continuació, es detallen les característiques de les tres activitats a la següent taula:

Activitat de producció	Fabricació i venda		
Enquadernació	Qs		Ra
	MJ/m <sup>2</sup>	Mcal/m <sup>2</sup>	
	1000	240	2

**Taula 17.** Característiques de la zona de treball d'enquadernació.

Activitat de producció	Emmagatzematge		
Papereria	Qs		Ra
	MJ/m <sup>2</sup>	Mcal/m <sup>2</sup>	
	1100	264	2

**Taula 18.** Característiques del magatzem.

Activitat de producció	Fabricació i venda		
	Q <sub>s</sub>		Ra
Oficina Tècnica	MJ/m <sup>2</sup>	Mcal/m <sup>2</sup>	
	600	144	1

**Taula 19.** Característiques de les oficines

Tenint totes aquestes dades, només falta aplicar la fórmula A3.1:

$$Q_s = \frac{1000 \cdot 1035 \cdot 1 + 600 \cdot 375 \cdot 1 + 1100 \cdot 340 \cdot 1 \cdot 4}{1750} \cdot 2 = 3150 \text{ MJ} / \text{m}^2$$

Calculada la densitat de càrrega de foc de l'establiment industrial i observant la taula A3.4, que es pot trobar a l'annex I del Reglament de Seguretat Contra Incendis en Establiments Industrials (RSCIEI), es pot veure que per 3150 MJ/m<sup>2</sup> entren dins de la categoria de "nivell de risc intrínsec mig 5".

NIVELL DE RISC INTRÍNSEC	DENSITAT DE CÀRREGA DE FOC PONDERADA I CORREGIDA		
	Mcal/m <sup>2</sup>	MJ/m <sup>2</sup>	
BAIX	1	Q <sub>s</sub> ≤ 100	Q <sub>s</sub> ≤ 425
	2	100 < Q <sub>s</sub> ≤ 200	425 < Q <sub>s</sub> ≤ 850
MIG	3	200 < Q <sub>s</sub> ≤ 300	850 < Q <sub>s</sub> ≤ 1275
	4	300 < Q <sub>s</sub> ≤ 400	1275 < Q <sub>s</sub> ≤ 1700
	5	400 < Q <sub>s</sub> ≤ 800	1700 < Q <sub>s</sub> ≤ 3400
ALT	6	800 < Q <sub>s</sub> ≤ 1600	3400 < Q <sub>s</sub> ≤ 6800
	7	1600 < Q <sub>s</sub> ≤ 3200	6800 < Q <sub>s</sub> ≤ 13600
	8	3200 < Q <sub>s</sub>	13600 < Q <sub>s</sub>

**Taula 20.** Nivell intrínsec en funció de la densitat de càrrega de foc.

### A3.3. Càlcul de l'ocupació

Per a l'aplicació de les exigències relatives a l'evacuació en establiments industrials, es calcularà l'ocupació de la nau industrial a través de les fórmules presents a *l'annex II del RSCIEI*, que recull les següents expressions:

- $P = 1,1p$  quan  $p < 100$
- $P = 110 + 1,05 (p - 100)$  quan  $100 < p < 200$
- $P = 215 + 1,03 (p - 200)$  quan  $200 < p < 300$
- $P = 524 + 1,01 (p - 500)$  quan  $p > 500$

*(els valors obtinguts per a p anteriorment, s'arrodoneixen a l'enter immediatament superior)*

- On p representa el nombre de persones que ocupa el sector d'incendi, d'acord amb la documentació laboral que legalitza el funcionament de l'activitat.

Per tant, a l'establiment hi ha una ocupació màxima de 49 persones. Aplicant la primera de les quatre consideracions anteriorment esmentades, l'ocupació de la nau industrial serà de 54 persones.

- $P = 1,1 \cdot 49 = 54$  persones



# ANNEX 4: CÀLCULS INSTAL·LACIÓ DE VENTIL·LACIÓ

## A4.1. Càlculs

A continuació, es mostrarà els càlculs pertinents per obtenir el caudal d'aire que s'ha de renovar per cada zona de la nau industrial, i s'exposarà les solucions elegides.

### *A4.1.1. Zona de treball*

Recordem que la zona de treball, és la zona més extensa de l'establiment industrial, és el lloc on es realitza l'activitat d'enquadernació de llibres i revistes.

Partim de la base que col·locarem ventiladors de paret perquè el tipus d'indústria que es realitza no requereix un tipus de ventilació canalitzada. La seva col·locació serà al costat contrari de la porta d'entrada a la nau per la zona de treball, per a que existeixi corrent d'aire.

La zona de treball compta amb dues obertures de 2x2 m per sobre de la porta d'entrada tenint així una superfície oberta per la ventilació de 8 m<sup>2</sup>. La porta d'entrada també romandrà oberta en la duració del procés, constituint una altra superfície oberta de 16,75 m<sup>2</sup>.

Calcularem el volum total d'aquesta zona de la nau, multiplicant la superfície total de la zona per l'altura de la nau:

$$V = 1020,89 \times 9 = 9188,01 \text{ m}^3.$$

Per saber el caudal necessari que s'ha de renovar, el volum l'associarem amb el nombre de renovacions d'aire establert segons el tipus del local. Buscant a la taula següent, trobem que:

Naturaleza del local	Renovaciones de Aire a la Hora*
<b>Ambientes nocivos</b>	30-60
<b>Bancos</b>	2-4
<b>Bares de hoteles</b>	4-6
<b>Bibliotecas</b>	4-5
<b>Cafés y bares de cafés</b>	10-12
<b>Calas de barco en general</b>	6-10
<b>Calas de barco transportando clientes</b>	10-20
<b>Cantinas</b>	4-6
<b>Cavas para champiñones</b>	10-20
<b>***Cines</b>	10-15
<b>Cocinas comerciales o de escuelas</b>	15-20
<b>Cocinas domésticas</b>	10-15
<b>Cocinas grandes para hospitales, cuarteles, hoteles</b>	20-30
<b>***Despachos</b>	4-6
<b>Discotecas</b>	20-30
<b>Fábricas en general</b>	6-10
<b>Forja</b>	15-20
<b>Fundiciones</b>	20-30
<b>Garajes</b>	6-8
<b>Grandes almacenes</b>	4-6
<b>Habitaciones en los barcos</b>	10-20
<b>«Hall» para asambleas</b>	4-6
<b>Hospitales</b>	4-8
<b>Iglesias</b>	1/2-1
<b>Instalaciones de decapado</b>	5-15
<b>Laboratorios</b>	5-15
<b>Labavos</b>	10-15
<b>Lavandería</b>	20-30
<b>Locales para ventas (almacenes, etc.)</b>	4-8
<b>Metaderos</b>	6-10
<b>Naves deportivas</b>	4-8
<b>Panadería</b>	20-30
<b>Piscina cubierta</b>	6-7
<b>Plcos</b>	3-5
<b>Poliería</b>	6-10
<b>Quirófanos</b>	8-10
<b>Residencia</b>	1-2
<b>Restaurante</b>	6-12
<b>***Sala de baile</b>	6-8
<b>Sala de billares</b>	6-8
<b>Sala de calderas</b>	20-40
<b>Sala de máquinas</b>	20-30
<b>Sala de un club</b>	8-10
<b>Sala oscura de fotografías</b>	10-15
<b>Sala para banquetes</b>	6-10
<b>Sala para clases (Aulas)</b>	4-8
<b>Sala de baños</b>	5-10
<b>Talleres de fabricación</b>	6-10
<b>Talleres de pintura</b>	30-60
<b>Talleres con hornos</b>	30-60
<b>Talleres de soldadura</b>	15-25
<b>***Teatros</b>	10-15
<b>Tiendas</b>	6-8
<b>Tintorerías</b>	20-30
<b>Tocinería</b>	6-10
<b>Tren laminador</b>	15-20
<b>Vestuarios en piscinas</b>	8-10

**Taula 21.** Renovacions d'aire per hora

- per fàbriques en general → de 6 a 10 renovacions d'aire a l'hora.

Prendrem en consideració 8 renovacions a l'hora per ser el terme mig.

Mitjançant el volum i les renovacions d'aire calculem el caudal d'aire que s'ha de moure:

$$Q = V \times n^{\circ} \text{ renovacions } \quad (\text{m}^3/\text{h}) \quad (16)$$

On:

- Q és el caudal d'aire en ( $\text{m}^3/\text{h}$ )
- V és el volum de la zona a estudiar
- N<sup>o</sup> de renovacions ve donat per la taula 21

S'aplica la fórmula i s'obté:

$$Q = 9188,01 \times 8 = 73504,08 \text{ m}^3 / \text{h}$$

A partir de les dades de caudal i mesures trobem que no hi ha cap ventilador que satisfaci aquestes necessitats.

Per tant optem per la solució de col·locar 2 ventiladors en la paret final de la nau. Això comporta que el caudal necessari el repartim en parts igual, i quedarà que cada ventilador haurà de moure  $36752 \text{ m}^3/\text{h}$ .

### Comprovació

Un cop decidit la elecció del ventilador, es necessari comprovar que la velocitat de l'aire a l'interior de la planta s'ajusta a la normativa i no afecti al personal.

Les obertures de sortida de l'aire tenen la següent superfície:

- Dues obertures frontals a la paret =  $2 \times (2 \times 4) = 8 \text{ m}^2$
- Porta d'entrada de material =  $4,7 \times 3,5 = 16,75 \text{ m}^2$
- Total =  $24,75 \text{ m}^2$

Per tant, la velocitat de l'aire a la planta serà de:

$$v = \frac{Q}{A} \quad (\text{m} / \text{s}) \quad (17)$$

On:

- $v$  és la velocitat de l'aire en m/s
- $Q$  és el caudal en  $m^3 / h$
- $A$  és l'àrea de la zona en  $m^2$

S'aplica la fórmula i s'obté:

$$v = \frac{73504}{3600 \cdot 24,75} = 0,4m/s$$

De manera que compleix amb els requisits establerts per la norma corresponent i impedeix que la velocitat de l'aire afecti al personal que treballa a l'àrea del procés industrial.

#### *A4.1.2. Zona de magatzem*

En aquesta zona s'instal·larà un ventilador de paret, ja que les activitats que es realitzen no requereixen d'un sistema de canalitzacions.

La zona de magatzem compta, de la mateixa manera que la zona de treball amb dues obertures de 2 x 2 m per sobre de la porta d'entrada, havent així, una superfície oberta per la ventilació de 8 m<sup>2</sup>. La porta d'entrada també romandrà oberta durant el procés, constituint una altra superfície de 16,75 m<sup>2</sup>.

Es parteix del càlcul del volum total d'aquesta zona, multiplicant la superfície de la zona per l'altura de la nau:

$$V = 340,4 \times 9 = 3063,6 \text{ m}^3$$

Per saber el caudal necessari, multiplicarem el volum de la zona per les renovacions a l'hora que hem de realitzar, segons la *taula 21* de l'apartat anterior. Per aquesta zona aplicarem el criteri de:

- Per grans magatzems → de 4 a 6 renovacions a l'hora.

Es pren com a valor 5 renovacions a l'hora, per ser el terme mig.

Per tant el resultat és:

$$Q = V \times n^{\circ} \text{ de renovacions} = 3063,6 \times 5 = 15318 \text{ m}^3/\text{h}$$

### Comprovació

Un cop seleccionat l'extractor, es comprovarà la velocitat de l'aire a l'interior de la planta si s'ajusta a la normativa i no afecta al personal.

Les obertures de sortida de l'aire tenen la següent superfície:

- Dos obertures frontal de la paret =  $2 \times (2 \times 2) = 8 \text{ m}^2$
- Porta d'entrada de material =  $4,7 \times 3,5 = 16,75 \text{ m}^2$
- Total =  $24,75 \text{ m}^2$

Per tant, la velocitat de l'aire en la planta serà de:

$$v = \frac{15318}{3600 \cdot 24,75} = 0,17 \text{ m/s}$$

De manera que compleix amb els requisits establerts per la norma corresponent i impedeix que la velocitat de l'aire afecti al personal que treballa a l'àrea del procés industrial.

#### *A4.1.3. Zona de lavabos*

Es disposa de dos lavabos, un per a homes i un altre per a dones, els quals estan situats un al costat de l'altre. Degut a que nos es possible col·locar ventilador de paret és obligada la utilització de canalitzacions per ventilar els dos lavabos.

Per saber el caudal necessari que hem de renovar, el volum l'associarem amb el número de renovacions d'aire establert segons el tipus de local. Buscant a la *Taula 21*, trobem que:

- Per lavabos → 10 a 15 renovacions a la hora.

Es prendrà com a valor 12 renovacions a l'hora per ser un terme mig, donat que són serveis d'una fàbrica i no estan contínuament funcionant, sinó que les visites són de tan en tan., i es multiplicarà per la seva altura que serà de 2,5 m.

$$V_{\text{lavabo}} = 11,88 \times 2,5 = 29,7 \text{ m}^3$$

Per tant queda :

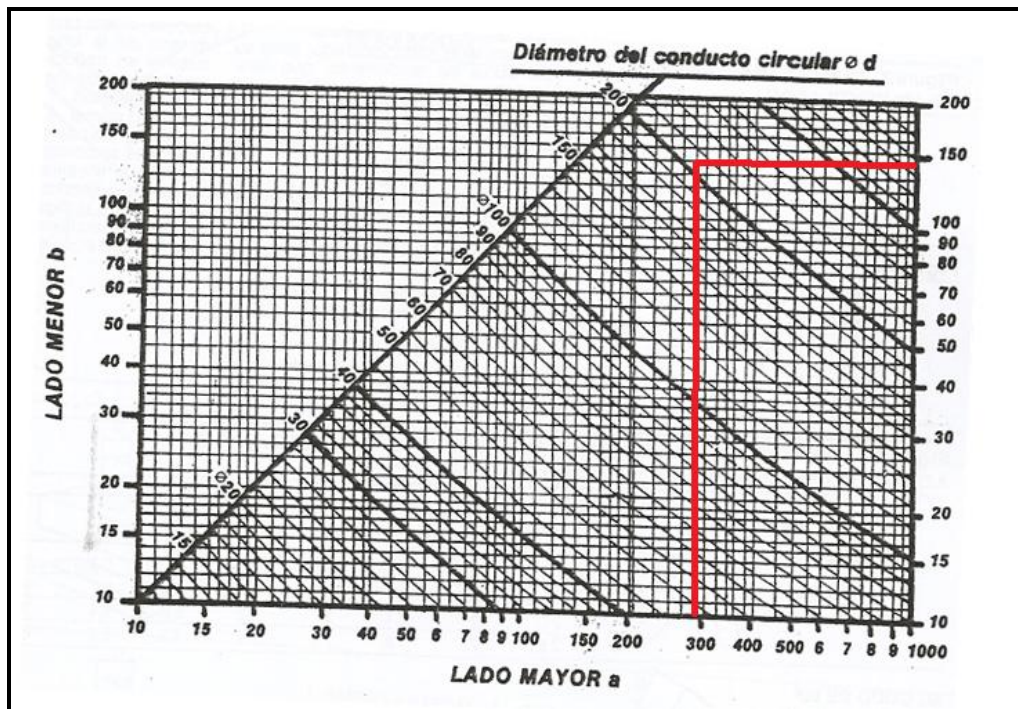
$$Q_{\text{lavabo}} = V \times n^{\circ} \text{ de renovacions} = 29,7 \times 12 = 356,4 \text{ m}^3/\text{h}$$

Recordem que tenim dos lavabos iguals, homes i dones, i per tant, s'ha de multiplicar el valor anterior per dos, per obtenir així, el caudal total que s'ha de ventilar.

$$Q_{\text{lavabo}} = Q_{\text{lavabos}} \times 2 = 356,4 \text{ m}^3/\text{h} \times 2 = 712,8 \text{ m}^3/\text{h}$$

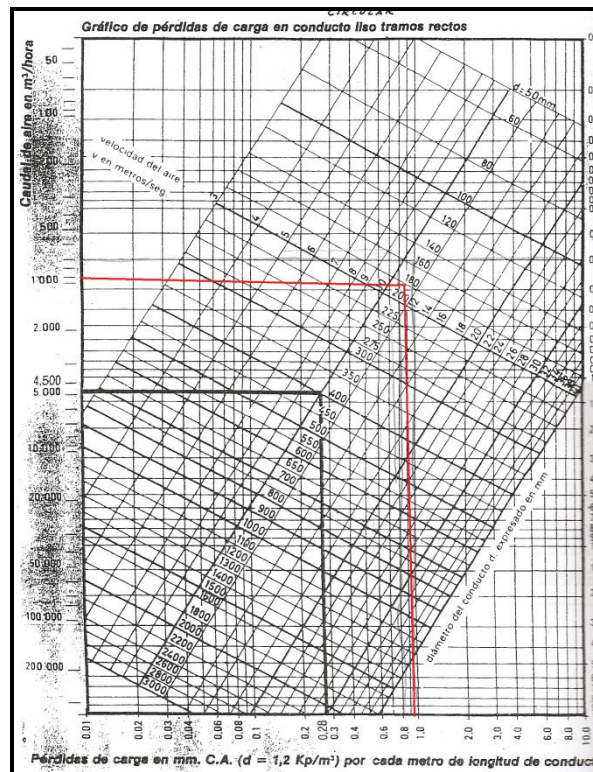
### Pèrdues de càrrega

A l'existir canalitzacions s'ha de tenir en compte que hi hauran pèrdues de càrrega que s'han de compensar. Per al càlcul d'aquestes pèrdues es parteix de la base que les canalitzacions són rectangulars, les quals les seves dimensions són, segons el catàleg de Soler & Palau, com a mínim de 280 x 140 mm per a la utilització d'aquest sistema. Per tant, hem de calcular el diàmetre equivalent a partir de la Taula següent, per aquestes mesures, que resulta ser de 200 mm aproximadament.



**Figura 40.** Àbac per al càlcul del diàmetre equivalent del conducte.

Amb el caudal total que serà de  $712,8 \text{ m}^3/\text{h}$  i el diàmetre de canonada equivalent que era de 200 mm, busquem a la Taula següent, i mitjançant la intersecció dels dos valors veiem que la pèrdua de càrrega es aproximadament de 1 mm.c.a per metre de canonada, per conductes rígids.



**Figura 41.** Gràfic per al càlcul de pèrdues de càrrega de conductes rígids.

Per saber la pèrdua de càrrega total hem de multiplicar aquest valor pels metres totals de canonada, que en el nostre cas són uns 5,8 m degut a que la canalització passa pels dos lavabos. Per tant queda:

$$P_{\text{càrrega total}} = 1 \text{ mm c.a} \times 5,8 \text{ m} = 5,8 \text{ mm.c.a.}$$

S'ha d'aconseguir que un extractor que ens mogui un total de 712,8 m<sup>3</sup>/h d'aire amb una pèrdua de càrrega total de 5,8 mm.c.a.

#### A4.1.4. Zona de vestuaris

Es disposa de dos vestuaris, encara que no tenen les mateixes dimensions. Igual que en el cas de la zona de lavabos s'ha d'utilitzar canalitzacions, ja que, en un dels vestuaris es no es possible col·locar un ventilador de paret, i aprofitem per compartir la instal·lació canalitzada pels dos vestuaris.

Multipliquem la superfície total del vestuari 1 per la seva altura y obtenim el volum d'ela zona:

$$V_{\text{vestuari 1}} = 18,97 \times 2,5 = 47,43 \text{ m}^3$$



Per saber el caudal necessari, multipliquem el volum de la zona per les renovacions a l'hora que s'han de realitzar, segons la *Taula 21 de l'Annex 5*. Per aquesta zona apliquem el criteri de:

- per vestuaris → de 8 a 10 renovacions a la hora.

Donat que en cap cas en els vestuaris existeix el mateix trànsit de gent que en una piscina per exemple, però si en hores puntes o concretes es concentra un gran nombre de persones, prenem com a valor 9 renovacions a l'hora:

$$Q_{\text{vestuari 1}} = V \times n^{\circ} \text{ de renovacions} = 47,43 \times 9 = 379,4 \text{ m}^3/\text{h}$$

Es procedeix de la mateixa manera per al vestuari 2:

$$V_{\text{vestuari 2}} = 13,12 \times 2,5 = 32,8 \text{ m}^3$$

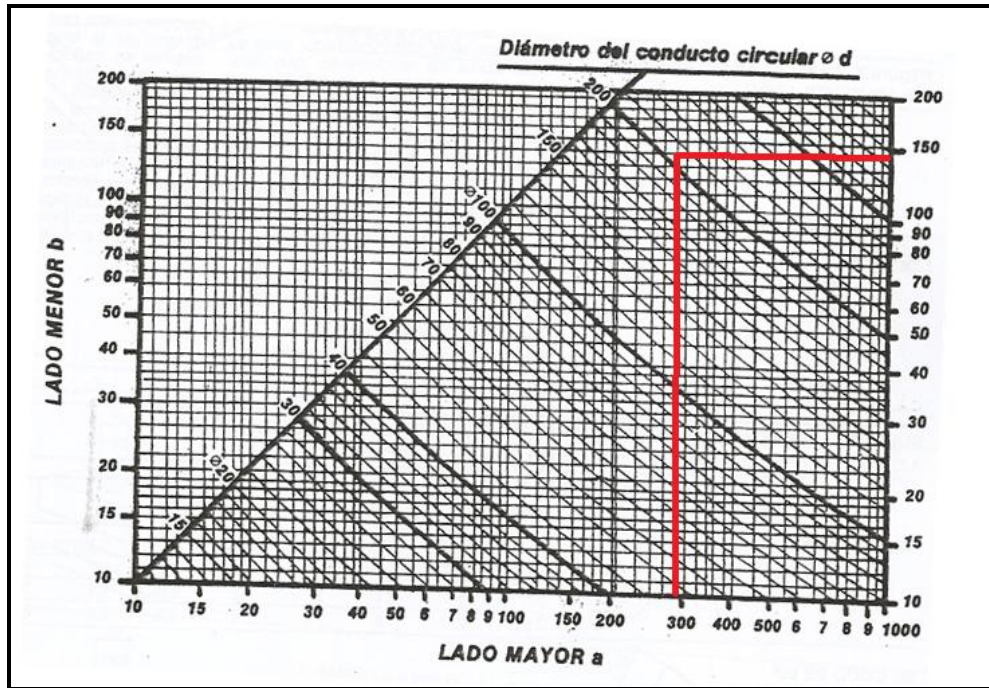
$$Q_{\text{vestuari 2}} = V \times n^{\circ} \text{ de renovacions} = 32,8 \times 9 = 262,4 \text{ m}^3/\text{h}$$

Per obtenir el caudal total sumem el resultat parcial dels dos vestuaris:

$$Q_{\text{vestuaris}} = Q_{\text{vestuari 1}} + Q_{\text{vestuari 2}} = 379,4 + 262,4 = 641,8 \text{ m}^3/\text{h}$$

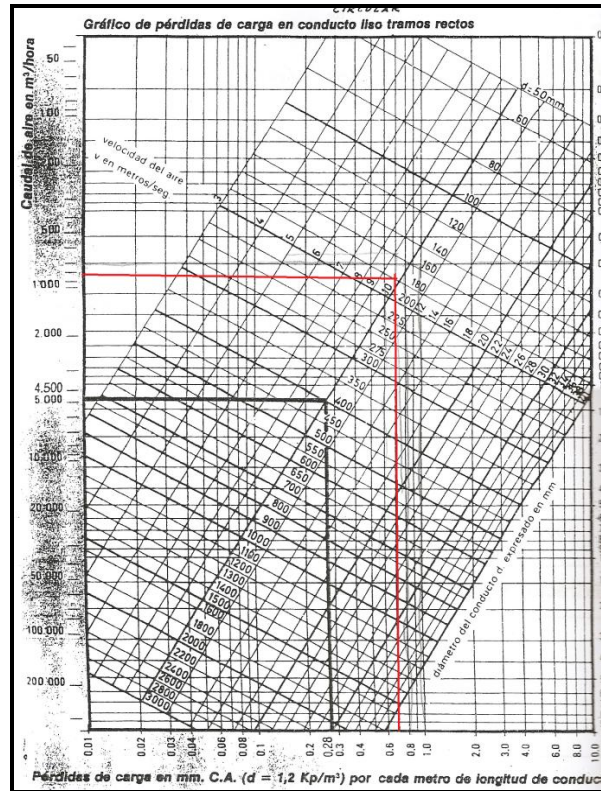
### *Pèrdues de càrrega*

Al tenir canalitzacions, s'ha de tenir en compte amb l'existència de pèrdues de càrrega que s'hauran de compensar. Per al càlcul d'aquest pèrdues es parteix de la base que la canalització és rectangular, les seves dimensions segons el catàleg de Soler & Palau han de ser com a mínim de 280 x 140 mm per la utilització d'aquest sistema. Per tant, es calcula el diàmetre equivalent a partir de la *Figura 42*, per aquestes mesures, que resulta ser de 200 mm aproximadament.



**Figura 42.** Àbac per al càlcul del diàmetre equivalent del conducte.

Amb el caudal total calculat de  $641,8 \text{ m}^3/\text{h}$  i el diàmetre de la canonada equivalent a 200 mm, es consulta la, i mitjançant la intersecció dels dos valors, la pèrdua de càrrega á aproximadament de 0,7 mm.c.a per metre de canonada, per conductes rígids.



**Figura 43.** Gràfic per al càlcul de pèrdues de càrrega de conductes rígids.

Per saber la pèrdua de càrrega total s'ha de multiplicar aquest valor pels metres totals de canonada, que en aquest cas és de 5,8 m degut a que la canalització passa pels dos vestuaris. Per tant queda:

$$P_{\text{càrrega total}} = 0,7 \text{ mm c.a} \times 5,8 \text{ m} = 4,06 \text{ mm.c.a.}$$

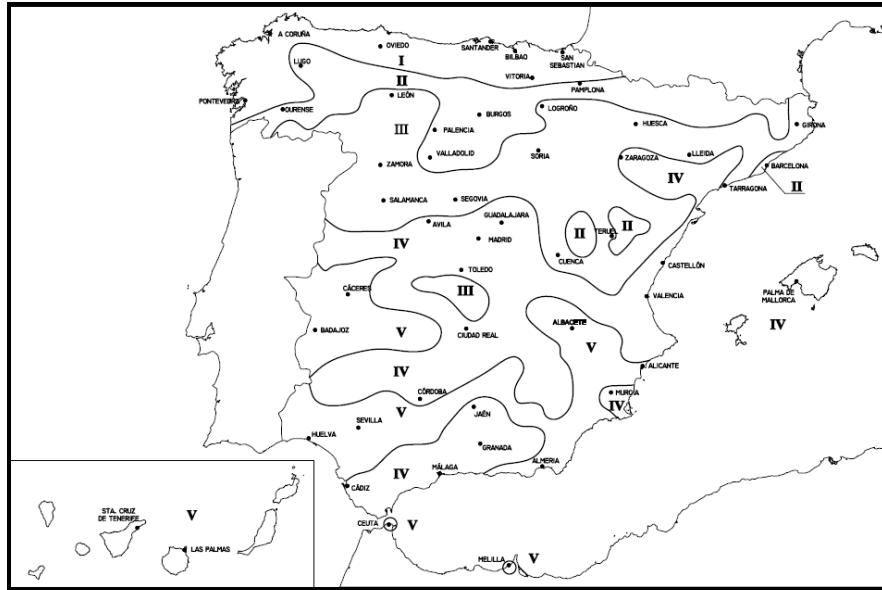
# **ANNEX 5: CÀLCULS INSTAL·LACIÓ SOLAR TÈRMICA**

En aquest apartat es desenvoluparan els càlculs pràctics per dur a terme la instal·lació solar tèrmica per la producció d'aigua calenta sanitària de la nau industrial.

## **A5.1. Zona climàtica**

Per poder realitzar els càlculs s'ha de definir a quina zona climàtica correspon la nostra instal·lació. La següent figura, extreta del CTE, ens mostra les zones climàtiques de tot l'estat, aquestes zones han estat definides tenint en compte la radiació global mitja diària anual sobre superfície horitzontal.

La zona climàtica de qualsevol localitat en la que s'ubiquin els edificis s'obté en funció de la diferència d'altura que existeix entre la localitat d'estudi i l'altura de referència de la capital de província.



**Figura 44.** Zones climàtiques.

En el nostre cas que l'edifici està ubicat a Mataró, prop de la ciutat de Barcelona i observant la figura anterior podem dir que la zona a triar a l'hora de fer els càlculs pertinents serà la zona climàtica II.

Com s'ha esmentat, les zones s'han definit tenint en compte la Radiació Solar Global mitjà diària anual sobre superfície horitzontal, prenent els intervals que es relacionen per cada una de les zones, com s'indica a la *taula 22*:

Zona climàtica	MJ/m <sup>2</sup>	kWh/m <sup>2</sup>
<b>I</b>	H < 13,7	H < 3,8
<b>II</b>	13,7 ≤ H < 15,1	3,8 ≤ H < 4,2
<b>III</b>	15,1 ≤ H < 16,6	4,2 ≤ H < 4,6
<b>IV</b>	16,6 ≤ H < 18	4,6 ≤ H < 5
<b>V</b>	H ≥ 18	H ≥ 18

**Taula 22.** Radiació solar global.

Per tant, la radiació solar global mitja diària anual sobre superfície horitzontal serà de  $13,7 \leq H < 15,1$  MJ/m<sup>2</sup> o bé  $3,8 \leq H < 4,2$  kWh/m<sup>2</sup>.

## A5.2. Contribució solar mínima

La contribució solar mínima anual és la fracció entre els valors anuals de l'energia solar aportada exigida i la demanda energètica anual, obtinguts a partir dels valors mensuals. A la *taula 23* s'indica, per cada zona climàtica i diferents nivells de demanda d'aigua calenta sanitària (ACS) a una temperatura de referència de 60 °C, la contribució solar mínima.

Demanda total d'ACS de l'edifici (l/d)	Zona climàtica				
	I	II	III	IV	V
50-1.000	50	60	70	70	70
1.000-2.000	50	63	70	70	70
2.000-3.000	50	66	70	70	70
3.000-4.000	51	69	70	70	70
4.000-5.000	58	70	70	70	70
5.000-6.000	62	70	70	70	70
> 6.000	70	70	70	70	70

**Taula 23.** Contribució solar mínima en %. Cas efecte Joule.

En aquest cas, prendrem com a valor de contribució solar mínima el 60%, ja que, al tractar-se d'una zona climàtica II pot prendre valors entre el 60-70%, i triem aquest perquè pertany al rang d'entre 50 i 1.000 litres d'aigua al dia.

## A5.3. Càlcul de la demanda d'aigua

Criteri de demanda	Litres ACS/dia a 60 °C	
	Valor	Unitat
Vivendes unifamiliars	30	per persona
Vivendes multifamiliars	22	per persona
Hospitals i clíniques	55	per llit
Hotel ****	70	per llit
Hotel ***	55	per llit
Hotel/Hostal **	40	per llit
Càmping	40	per emplaçament
Hostal/Pensió *	35	per llit
Residència (ancians, estudiants, etc.)	55	per llit
Vestuaris/Dutxes col·lectives	15	per servei
Escoles	3	per alumne
Cartells	20	per persona
Fàbriques i tallers	15	per persona
Administratius	3	per persona
Gimnasos	20 a 25	per usuari
Bugaderia	3 a 5	per kilogram de roba
Restaurants	5 a 10	per menjar
Cafeteries	1	per esmorzar

**Taula 24.** Demanda de referència a 60 °C.

Consultant la *taula 24*, per tallers i fàbriques s'estima un consum de 15 litres d'ACS al dia per persona a 60 °C i de 3 litres d'ACS/dia per persona a 60 °C per administratius. Per tant, si a la nau industrial hi ha un total de 60 treballadors a la zona de treball i magatzem, i 19 administratius, la demanda total serà de 957 litres ACS/dia.

## A5.4. Càlcul de la demanda d'energia

A l'hora de calcular la demanda d'energia, es pot fer a través d'aquestes dues fórmules:

$$DE_{ACS} = \frac{C_{e_{aigua}} \cdot n \cdot Q_{ACS} \cdot (T_{ref}^a - T_{AF}^a)}{1000} \text{ en MJ/mes} \quad (18)$$

$$DE_{ACS} = \frac{n \cdot Q_{ACS} \cdot (T_{ref}^a - T_{AF}^a)}{860} \text{ en kW} \cdot \text{h/mes} \quad (19)$$

On:

- DEACS és la demanda d'ACS al mes en MJ (6.1) i kW·h (6.2).
- n és el nombre de dies del mes en consideració.
- QACS és el consum d'ACS a la temperatura de referència en l/dia.
- Ceigua és el calor específic de l'aigua en J/Kg·K
- T<sup>a</sup><sub>ref</sub> és la temperatura de referència utilitzada pel consum d'ACS en °C o °K.
- T<sup>a</sup><sub>AF</sub> és la temperatura de l'aigua freda de la xarxa en °C o °K.

El balanç energètic de la instal·lació, però, s'ha calculat utilitzat el mètode *F-Chart* mitjançant una fulla de càlcul on es recullen les dades de cada província (T<sup>a</sup> ambient de cada mes, T<sup>a</sup> de la xarxa, radiació solar de cada mes, etc.) i s'ha anat provant iterant per cada número de col·lectors, la cobertura solar que aporten.

Per tant, pel càlcul de l'energia necessària i l'aportació solar s'han tingut en compte les següents dades que queden recollides a la següent:

<b>Mes</b>	<b>T<sup>a</sup> mínima (°C)</b>	<b>T<sup>a</sup> ambient (°C)</b>	<b>H dia (MJ/m<sup>2</sup>)</b>
<b>Gener</b>	8	11	6,5
<b>Febrer</b>	9	12	9,5
<b>Març</b>	11	14	12,9
<b>Abril</b>	13	17	16,8
<b>Maig</b>	14	20	18,6
<b>Juny</b>	15	24	20,3
<b>Juliol</b>	16	26	21,6
<b>Agost</b>	15	26	18,1
<b>Setembre</b>	14	24	14,6
<b>Octubre</b>	13	20	10,8
<b>Novembre</b>	11	16	7,2
<b>Desembre</b>	8	12	5,8
<b>Mitja anual</b>	<b>12,25</b>	<b>18,5</b>	<b>13,5</b>

**Taula 25.** Dades climàtiques de la província de Barcelona.

Les necessitats energètiques mensuals per la producció d'aigua calenta sanitària s'han calculat tenint en compte el consum mig diari de cada usuari de cada mes i el canvi de temperatura necessari per elevar la temperatura de l'aigua freda de cada mes fins una temperatura d'ús de 60 °C.

A la taula que es presenta a continuació queden reflectits els resultats d'aquesta demanda energètica:

<b>Demanada energètica (kW·h)</b>												
<b>Gen</b>	<b>Feb</b>	<b>Mar</b>	<b>Abr</b>	<b>Mai</b>	<b>Jun</b>	<b>Jul</b>	<b>Ago</b>	<b>Set</b>	<b>Oct</b>	<b>Nov</b>	<b>Dec</b>	<b>ANUAL</b>
2921	2630	2921	2818	2921	2818	2921	2921	2818	2921	2818	2921	<b>34349</b>

**Taula 26.** Demanda energètica mensual i anual.



## A5.5. Càlcul de la fracció solar

Instal·lant deu captadors, s'obté una contribució solar del 62,7%.

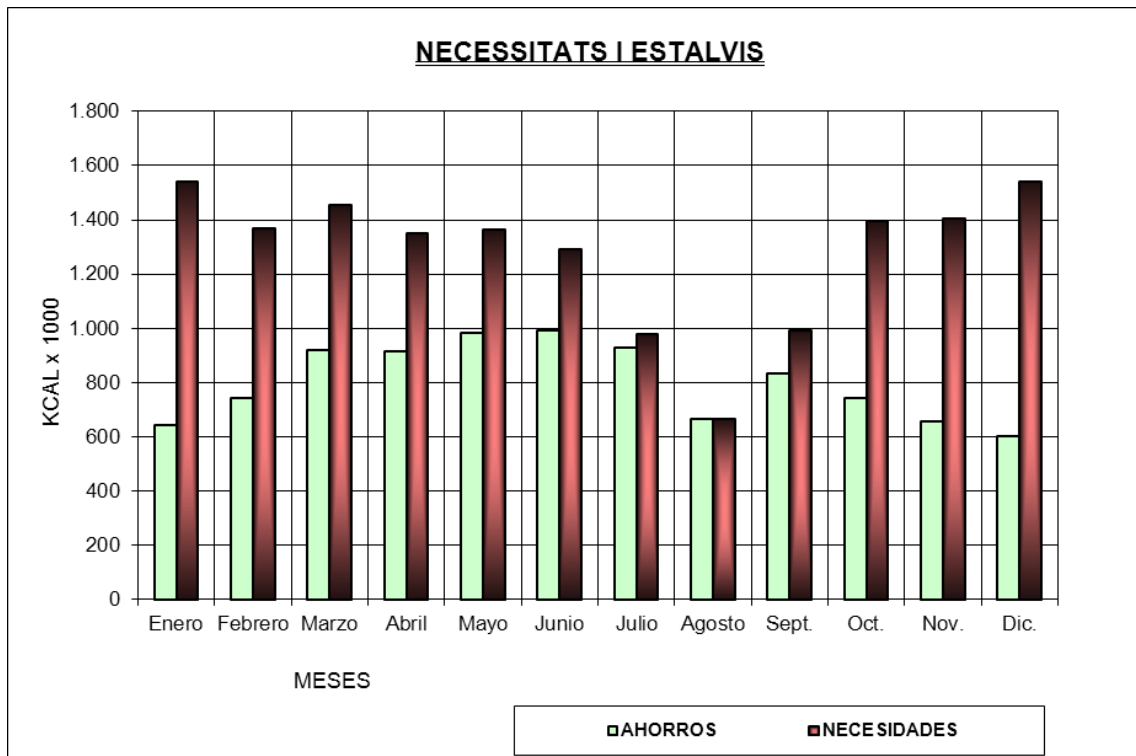
Observant la *taula 24* corresponent a la contribució solar mínima, la contribució solar instal·lant deu col·lector és suficient, ja que el Codi Tècnic de l'Edificació a la seva secció HE-4 "Contribució Solar mínima d'aigua calenta sanitària" deixa ben clar que per una zona climàtica II amb una font d'energia de recolzament que sigui l'electricitat, la contribució solar mínima ha de ser del 60%.

S'ha tingut en compte a l'hora de fer els càlculs els períodes de vacances, així doncs, al Juliol i Setembre i haurà un 75% d'empleats, i un 50% a l'Agost, reduint així el consum d'aigua, i disminuint, la demanda energètica per aquests mesos.

El balanç energètic que aportaran es detalla a continuació:

<b>Balanç energètic</b>			
<b>Mes</b>	<b>Energia Necessària (kw·h)</b>	<b>Aportació Solar (kW·h)</b>	<b>Fracció Solar (%)</b>
<b>Gener</b>	1543	645	41,8
<b>Febrer</b>	1367	745	54,5
<b>Març</b>	1454	918	63,1
<b>Abril</b>	1349	917	68,0
<b>Maig</b>	1365	983	72,0
<b>Juny</b>	1292	994	76,9
<b>Juliol</b>	979	929	94,9
<b>Agost</b>	668	668	100,0
<b>Setembre</b>	990	836	84,4
<b>Octubre</b>	1394	745	53,4
<b>Novembre</b>	1407	659	46,8
<b>Decembre</b>	1543	603	39,1
<b>Anual</b>	15351	9642	62,8

**Taula 27.** Fracció solar instal·lant deu col·lectors.



**Figura 45.** Representació de la fracció solar. Imatge full de càlcul F-Chart.

## A5.6. Orientació i inclinació dels col·lectors

Els col·lectors estaran orientats cap al sud, ja que al trobar-se respecte al planeta en el hemisferi Nord, rep la major radiació solar quan s'orienta direcció l'Ecuador, que n'és la part amb major radiació solar del planeta.

Per tant, per la distribució dels col·lectors, es considera la direcció SUD com a orientació òptima i la millor inclinació ( $\beta_{\text{òptima}}$ ) depenent del període d'utilització, un dels valors següents:

- Consum constant anual: la latitud geogràfica.
- Consum preferent a l'hivern: la latitud geogràfica + 10°.
- Consum preferent a l'estiu: la latitud geogràfica - 10°.

Tenint en compte aquests consells, sabent que els col·lectors estaran situats a la coberta de la nau i utilitzant l'eina virtual PVGIST a través de la web, s'arriba a que la inclinació respecte l'horitzontal és de 35°.



**Figura 46.** Resultat eina virtual PVGIS.

La distribució serà la següent:

- Inclinió: 35° respecte l'horitzontal.
- Desviació respecte el sud (azimut): 0°.
- Orientació: SUD.

Per demostrar si compleix amb la normativa, aquesta inclinió ha d'estar entre el màxim i el mínim rang d'inclinió segons la DB-HE5.

$$\text{Inclinió màxima} = \text{inclinió } (\phi = 41^\circ) - (41^\circ - \phi) \quad (20)$$

$$\text{Inclinió mínima} = \text{inclinió } (\phi = 41^\circ) - (41^\circ - \phi) \quad (21)$$

L'orientació i inclinió del sistema de captació i les possibles ombres sobre el mateix seran tals que les pèrdues respecte a l'òptim siguin inferiors a les marcades a la taula 28.

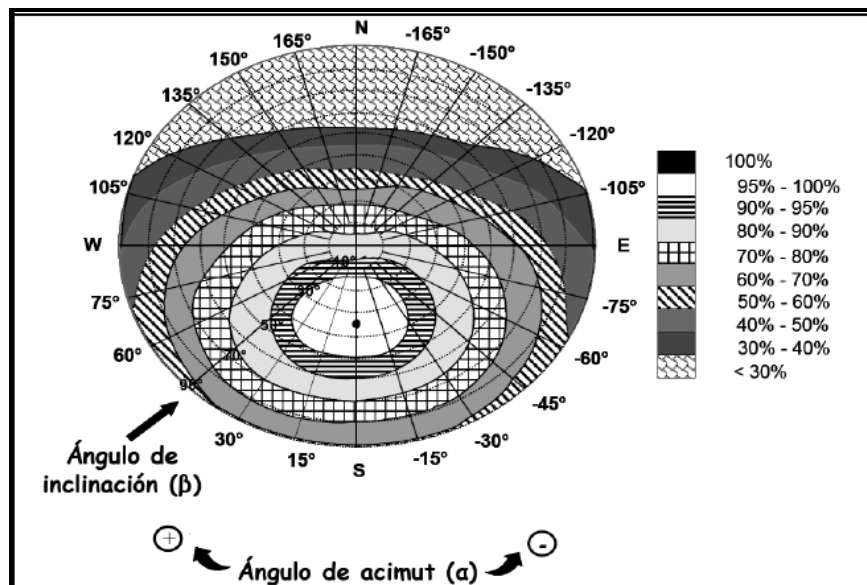
	Orientació i inclinió (OI)	Hombres (H)	Total (OI+H)
General	10%	10%	15%
Superposició	20%	15%	30%
Integració arquitectònica	40%	20%	50%

**28.** Pèrdues per orientació, inclinió i ombres màximes.

**Taula**

En aquest cas, es considera que les pèrdues màximes no han de superar el 10% al tractar-se del cas general.

Com hem dit segons la *taula 28* provenen del DB-HE4, les pèrdues màximes per inclinació no han de superar el 10% de la radiació solar. Per tant, el rang de la següent *figura 47* ha de ser del 90% de la radiació solar, i els angles d'inclinació límit per a que no superin el 10% de les pèrdues són 60° i 5°.



**Figura 47.** Percentatge d'energia respecte el màxim de les pèrdues per orientació i inclinació.

Al estar en la latitud 41,5333°, es corregeixen aquests angles límit aplicant les fórmules 6.3 i 6.4:

$$\text{Inclinació màxima} = 60^\circ - (41^\circ - 41,5333) = 60,5333^\circ$$

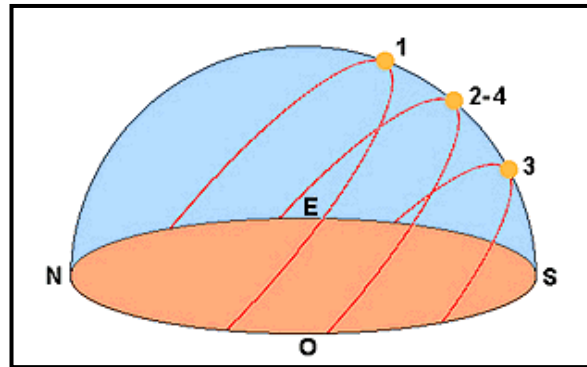
$$\text{Inclinació mínima} = 5^\circ - (41^\circ - 41,5333) = 5,5333^\circ$$

La inclinació de 35° està dins dels límits de pèrdues per inclinació.

## A5.7. Pèrdues per ombres

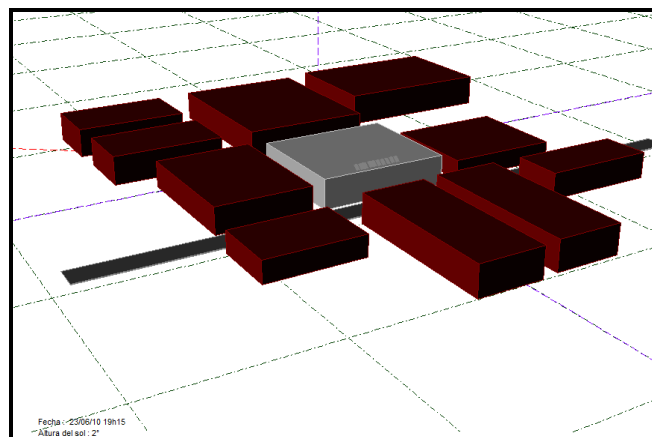
Per poder realitzar el càlcul de les pèrdues per ombres, s'ha utilitzat el programa *PVSYST*. Aquest programa et permet fer una representació de les diferents naus industrials que componen la zona, per poder així simular i fer el càlcul.

S'han realitzat dues simulacions, una per hivern i una altra per estiu, ja que el Sol, com es pot apreciar a la figura que s'adjunta a continuació, durant l'estiu pot arribar al punt 1, i al hivern al punt 3.

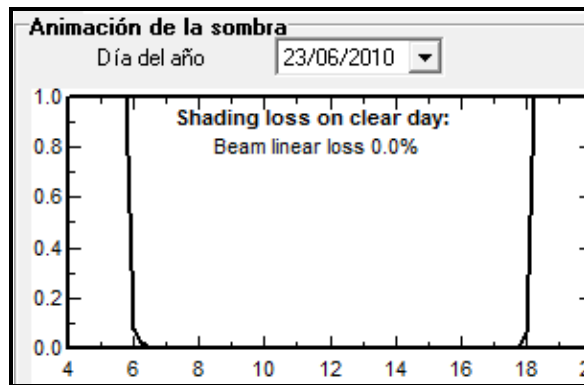


**Figura 48.** Òrbita del sol.

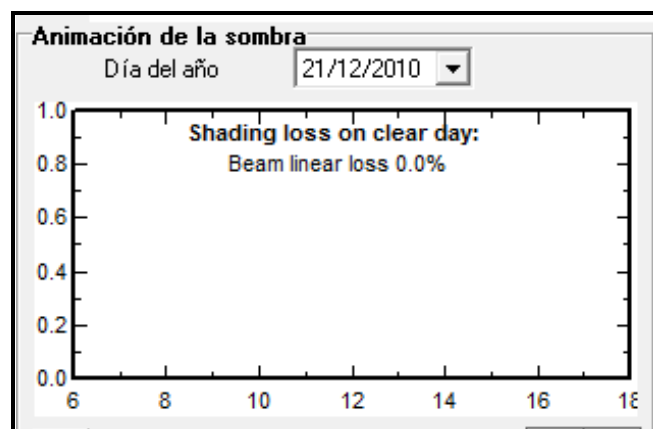
Els resultats obtinguts mitjançant la simulació amb el programa PVSYST queden representats amb les figures següents:



**Figura 49.** Visualització de la distribució de la zona de l'empresa.



**Figura 50.** Pèrdues per ombres estiu



**Figura 51.** Pèrdues per ombres hivern.

Es pot apreciar en la animació de les ombres, segons es mostra a les gràfiques obtingudes, que no hi ha pèrdues per ombres.

A l'estiu com el sol surt més al nord i el panell esta orientat cap el sud, es perd radiació a la sortida i posta del Sol. En canvi, a l'hivern això no passa perquè el Sol surt més al Sud, al tenir orientat el panell cap aquesta direcció i no tenir obstacles que li facin ombres, no hi ha pèrdues.

## A5.8. Volum de l'acumulador

El dimensionament del volum de l'acumulador ha d'acomplir amb la condició que queda recollida a l'expressió 22. Així doncs, s'escollirà un acumulador de 1449 litres i es comprovarà la condició que s'ha de complir, per l'aplicació d'ACS:

$$50 < \frac{V}{A} < 180 \quad (22)$$

On:

- V és el volum del dipòsit d'acumulació solar en litres.
- A és la suma de les àrees dels captadors en m<sup>2</sup>.

$$50 < \frac{1449}{18,6} < 180$$

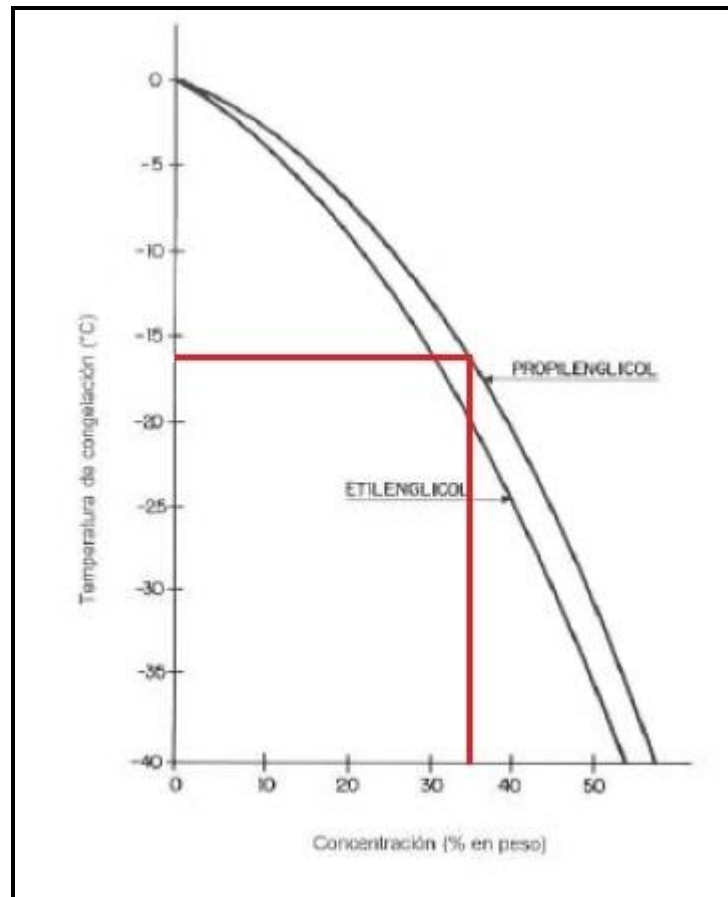
Els dos col·lectors tindran una secció útil de 18,60 m<sup>2</sup> (1,86 m<sup>2</sup> cada col·lector) i el volum del dipòsit d'acumulació solar serà de 1449 litres, complint-se així la condició de la *fórmula 22*.

## A5.9. Fluid caloportador

El fluid caloportador que circularà pel circuit primari serà una barreja d'aigua i anticongelant amb una proporció que permeti eliminar qualsevol risc de gelades. Si aquesta barreja no es realitza correctament correríem el risc de patir congelació de cononades que provocarien errades importants en el circuit primari.

Considerant una temperatura mínima històrica a la província de Barcelona de -11°C i augmentant aquesta en 5 °C negatiu per seguretat, obtenim que per a una temperatura de -16°C necessitem un 35 % de propilenglicol a l'aigua que circula pel circuit primari.

Al següent gràfic podem comprovar que la barreja de propilenglicol és correcta per a temperatura de -16°C.



**Figura 52.** Percentatge d'anticongelant en funció de la temperatura Cabal

El càlcul del cabal del circuit primari es pot calcular a partir del cabal unitari per  $m^2$  del col·lector, de la seva superfície i del nombre total de col·lectors, tal i com mostra la fórmula 23.

$$Q_{total} = Q_{captador} \cdot A : N \quad (23)$$

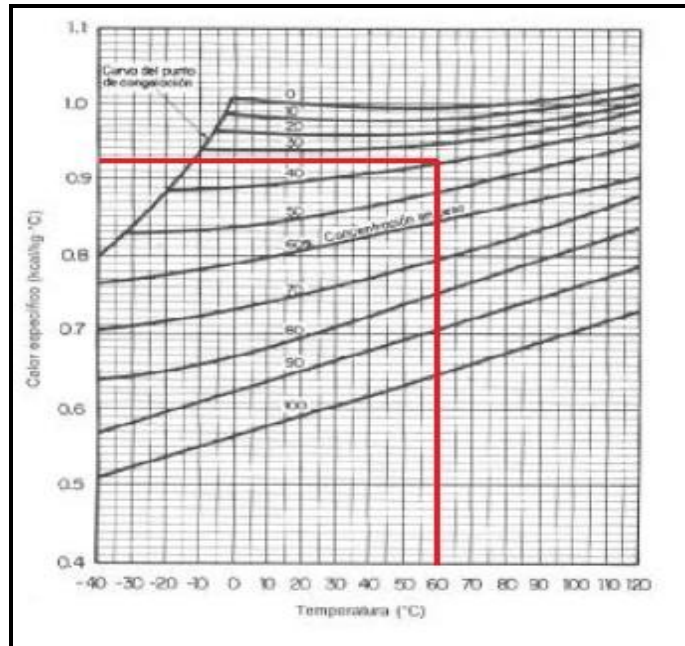
On:

- Q és el cabal total del circuit [l/h]
- $Q_{captador}$  és el cabal unitari del captador [l/( $hm^2$ )]
- A és la superfície d'un captador solar [ $m^2$ ]
- N és el nombre de captadors en paral·lel, suposant que el cabal d'una sèrie equival a un únic captador.



El cabal del fluid caloportador es pot determinar també seguint les especificacions del fabricant. Segons aquest, s'estima un cabal màxim recomanat de 100 l/h per col·lector o el que vindria a ser el mateix, de 0,1 m<sup>3</sup>/h.

S'ha de tenir en compte, però, que aquest cabal recomanat és en el cas que el fluid sigui l'aigua. En el present cas, aquest valor s'haurà de dividir per la calor específica de la mescla d'aigua i d'anticongelant propilenglicol i multiplicar-lo pel nombre de col·lectors solars. La calor específica per una mescla d'aigua del 65% i propilenglicol 35% és de 0,92 kcal/(Kg·°C) tal i com es pot comprovar al gràfic.



**Figura 53.** Calor específic de la mescla de propilenglicol i aigua.

Per tant, el cabal serà el següent:

$$C = \frac{0,110}{0,92} = 1,087m^3$$

## A5.10. Conductes

El traçat dels conductes serà amb retorn invertit per garantir que el cabal es distribueixi uniformement entre els captadors, amb sistemes antiretorn per evitar la circulació inversa del fluid. El material utilitzat pels conductes serà el coure.

Les pèrdues de càrrega en els conductes de la instal·lació seran tals que:

- La pèrdua de càrrega per metre lineal de conducte no superarà els 40 mil·límetres de columna d'aigua.
- La velocitat de circulació del líquid serà inferior a 2 m/s.

Per calcular el diàmetre dels conductes de coure, s'utilitzarà la següent fórmula:

$$D = j \cdot C^{0,35} \quad (24)$$

On:

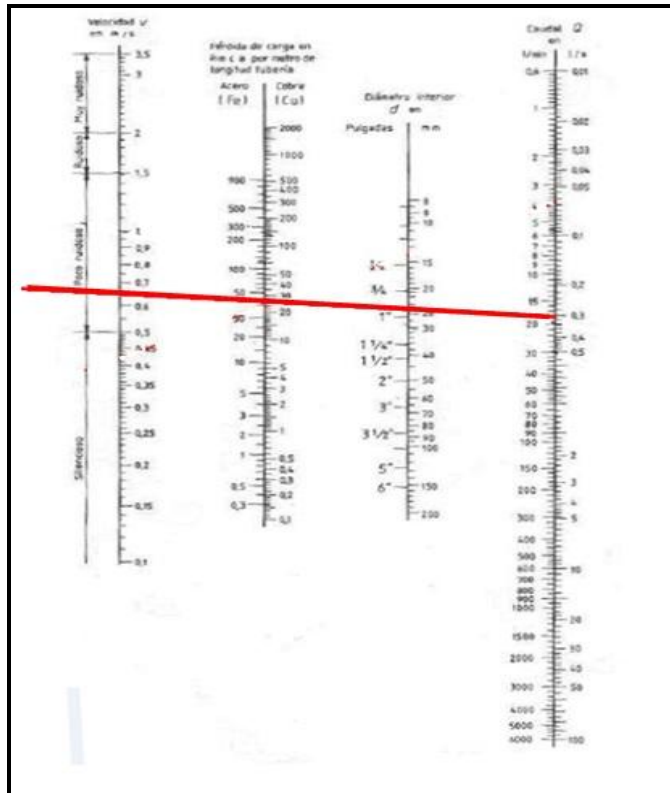
- D és el diàmetre en cm.
- j = 2,2 en conductes metàl·lics.
- C és el cabal expressat en m<sup>3</sup>/h.

Aplicant la fórmula trobarem el diàmetre:

$$D = 2,2 \cdot 1,087^{0,35}$$

S'escollirà la canonada de coure normalitzada de 24/26 mm amb un espessor d'1 mm i es comprovaran les 2 condicions anteriorment marcades per comprovar que la canonada està ben dimensionada.

Per calcular la pèrdua de càrrega per fregament i la velocitat del fluid caloportador es consultarà l'àbac de la *figura 54* que relaciona les pèrdues de càrrega en mmca i la velocitat en m/s del fluid en funció del diàmetre interior de la canonada i el seu cabal.



**Figura 54.** Àbac per determinar la pèrdua unitària per fregament en canonades d'acer.

Per tant, per un cabal de 1,087 m<sup>3</sup>/h (18,1 litres/minut) i un diàmetre interior de 24 mm, les pèrdues de càrrega són de 27 mmca i una velocitat de circulació de 0,65 m/s. Com que el fluid caloportador és una mescla d'aigua i anticongelant, s'aplicarà un factor corrector en funció de la viscositat de la dissolució i la de l'aigua.

- La viscositat de la mescla a 60°C és de 2 centipoisses.
- La viscositat de l'aigua a 60°C és de 0,4665 centipoisses.

$$Pèrduadecàrrega_{mescla} = pèrduadecàrrega \cdot \sqrt[4]{\frac{\mu_{mescla}}{\mu_{aigua}}} \quad (25)$$

Aplicant la fórmula:

$$Pèrduadecàrrega_{mescla} = pèrduadecàrrega \cdot \sqrt[4]{\frac{\mu_{mescla}}{\mu_{aigua}}} = 27 \cdot \sqrt[4]{\frac{2}{0,4665}} = 38,85 \text{ mmca}$$

Per tant, la pèrdua de càrrega per metre lineal de conducte resultant és de 38,85

mmca considerant-se acceptable ja que no supera els 40 mmca per metre lineal de conducte.

## A5.11. Estructura del col·lector solar

L'estructura s'ha de dimensionar per a que sigui resistent a esforços mecànics exercits per els fenòmens meteorològics adversos, com el vent i la neu. També han de suportar el pes del panell evidentment.

El vent exerceix una força perpendicular a la superfície de cada punt exposat, anomenat pressió estàtica ( $q_e$ ).

$$q_e = q_b \cdot c_e \cdot c_p \quad (26)$$

Aquesta pressió està composta per la pressió dinàmica del vent, corregida per dos coeficients; el coeficient d'exposició ( $c_e$ ) i el coeficient eòlic ( $c_p$ ).

La pressió dinàmica per qualsevol lloc d'Espanya pot adoptar-se el valor 0,5 kN/m<sup>2</sup>.

El coeficient d'exposició ve donat per la taula 3.4 del Codi Tècnic d'Edificació, l'apartat DB SE-AE, amb un grau IV (zona urbana en general, industrial o forestal) i una altura de 7 metres, el valor del coeficient és de 1,5

El coeficient eòlic s'ha obtingut del NBA-AE-88, de la taula 5.2. El valor és de 0,3, encara que, aquest reglament s'ha rebutjat, per tant prenem el valor superior del CTE de la taula 3.5 , que és 0,7.

Per tant, la força del vent perpendicular a la superfície és de 525 N/ m<sup>2</sup>. Però s'ha de corregir ja que el panell té una inclinació de 35°.

$$f_v = q_e \cdot S \cdot \sin \alpha \quad (27)$$

En conclusió, la força exercida pel vent és de 596,23 N/m<sup>2</sup> (60,78 kg/m<sup>2</sup>).

La neu és un fenomen meteorològic, que exerceix una determinada càrrega al panell. Aquest fenomen no és usual a Mataró ni a la comarca del Maresme, però s'ha de tenir en compte. El seu càlcul s'ha basat en la normativa per les estructures de les cobertes o terrats dels edificis.

Segons el CTE, DB-SE-AE l'apartat 3.5 on es fa referència a la càrrega per neu, al ser una estructura lleugera s'ha de calcular mitjançant la següent expressió:

$$q = \mu \cdot S_k \quad (28)$$

On:

- $\mu$  : Coeficient de forma
- $S_k$  : Valor característic de la càrrega de neu sobre terreny horitzontal ( $\text{N/m}^2$ )

El coeficient de forma és 1,17 , segons indica en l' apartat 3.5.3 del DB-SE-AE, ja que la inclinació de la estructura es de 35°C.

$$\mu = 1 + \frac{\alpha}{30^\circ} \quad (29)$$

I el valor de la càrrega de neu sobre terreny horitzontal segons la taula E.2 de l'Annex E del DB-SE-AE és de 0,4 kN/m<sup>2</sup>.

La càrrega de neu en projecció horitzontal és 466,7 N/m<sup>2</sup>,(47,57 kg/m<sup>2</sup>).

La estructura haurà de suportar els següents esforços:

Por vent (kg)	Por neu (kg)
120,34	94,19

**Taula 29.** Resum de forces que rep la estructura.